



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KARAKTERISTIK CAMPURAN KOMPOS DAN TANAH  
LEMPUNG LANAUAN SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF  
TANAH PENUTUP TPA CIPAYUNG**

**SKRIPSI**

**AFIMONIKA**

**0806338506**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

**DEPOK**

**JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KARAKTERISTIK CAMPURAN KOMPOS DAN TANAH  
LEMPUNG LANAUAN SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF  
TANAH PENUTUP TPA CIPAYUNG**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**AFIMONIKA**

**0806338506**

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



**UNIVERSITY OF INDONESIA**

**CHARACTERISTIC MIXTURE OF COMPOST AND CLAYEY  
SILT AS ALTERNATIVE MATERIAL LANDFILL COVER  
SOIL CIPAYUNG**

**FINAL REPORT**

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

**AFIMONIKA**

**0806338506**

**FACULTY OF ENGINEERING  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM**

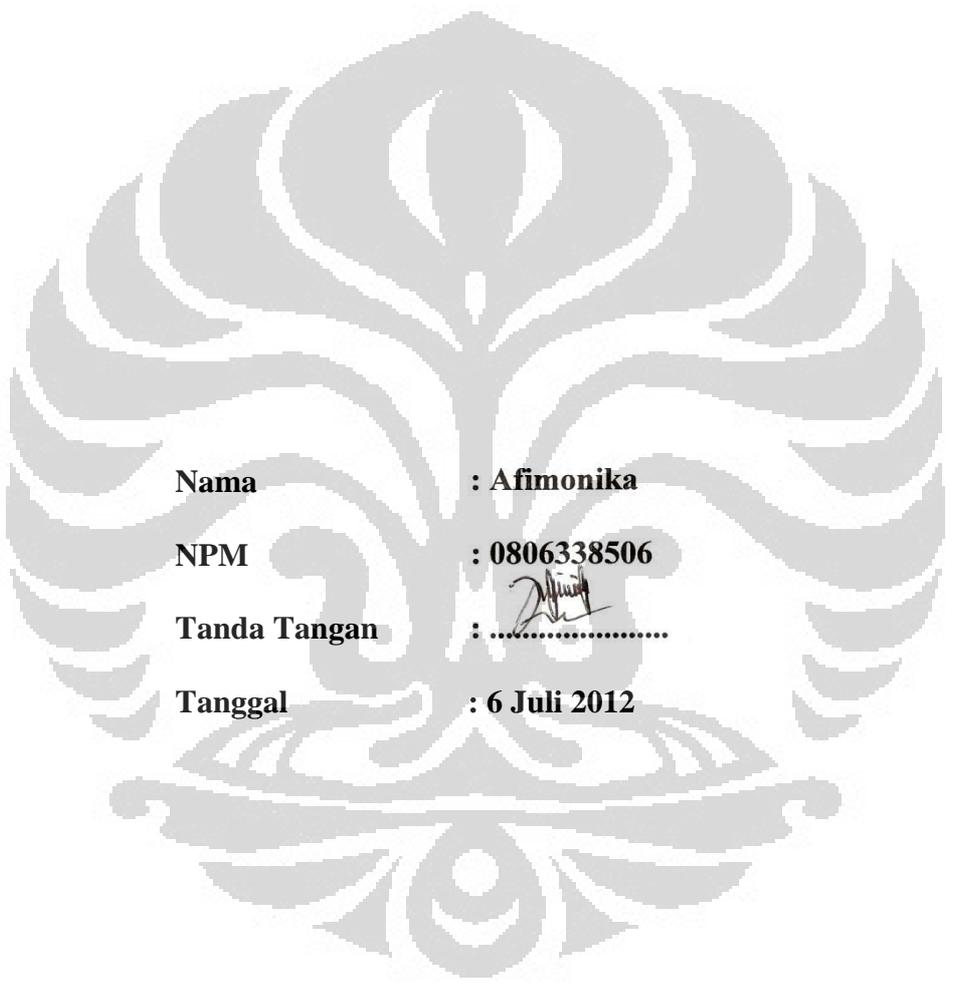
**DEPOK**

**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 : Afimonika**  
**NPM : 0806338506**  
**Tanda Tangan :  .....**  
**Tanggal : 6 Juli 2012**

## STATEMENT OF AUTHENTICITY

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

Name : Afimonika  
Student ID : 0806338506  
Signature :   
Date : July 6, 2012

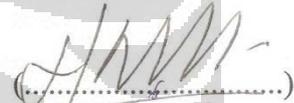
## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Afimonika  
NPM : 0806338506  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Kompos Dan Tanah Lempung Lanauan Sebagai Material Alternatif Tanah Penutup TPA Cipayung.

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono S.E., M.Eng

()

Pembimbing 2 : Ir. Irma Gusniani D. M.Sc

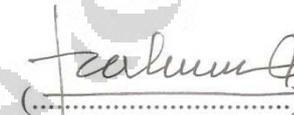
()

Penguji 1 : Dr. Ir. Setyo Sarwanto

()

Moersidik DEA.

Penguji 2 : Ir. Gabriel S. Boedi Andari Kristanto

()

M.Eng., PhD.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2012

## STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report submitted by:

Name : Afimonika  
Student ID : 0806338506  
Study Program : Environmental Engineering  
Thesis Title : Characteristic Mixture Of Compost And Clayey Silt As Alternative Material Landfill Cover Soil Cipayung

Has been succesfully 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 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono S.E., M.Eng (.....)

Advisor 2 : Ir. Irma Gusniani D. M.Sc (.....)

Examiner 1 : Dr. Ir. Setyo Sarwanto (.....)

Moersidik DEA.

Examiner 2 : Ir. Gabriel S. Boedi Andari Kristanto (.....)

M.Eng., PhD.

Defined in : Depok

Date : July 6, 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Penulis tidak lupa untuk mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada yang terhormat:

1. Bapak Djoko M Hartono selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai.
2. Ibu Irma Gusniani selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai.
3. Ibu Gabriel S. Boedi Andari yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai.
4. Bapak Narto, Bapak Wardoyo dan Mas Anto selaku laboran Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil yang bersedia meluangkan waktunya untuk memberi pengarahan, diskusi, dan masukan.
5. Mbak Licka Kamadewi dan Mbak Sri Diah H.S. selaku laboran Program Studi Teknik Lingkungan yang bersedia meluangkan waktunya untuk memberi pengarahan, diskusi, dan masukan.
6. Djoko Sedyono selaku ayahku, Hermin Yuliati selaku ibuku, Nanda Amada selaku adikku, dan Saudara-saudaraku yang lain yang tak henti-hentinya selalu memberikan doa serta dukungan baik berupa moral dan materi.
7. Suntoro yang selalu memberikan doa serta dukungan baik berupa moral dan materi.
8. Para dosen pengajar Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
9. Muhammad Satrio, teman se-bimbingan yang selalu memberi dukungan dan bantuan selama penelitian dan pengerjaan skripsi ini hingga skripsi ini selesai.

10. Anugrah Juwita Sari yang telah banyak membantu dari awal pengerjaan hingga skripsi ini selesai
11. Amirul Mukminin, Caysa Ardi, Yudhitia, Wisnu Rahadian dan Argo Baskoro yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indonesia.
12. Nurmanda dan Mas Eko yang telah banyak memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indonesia.
13. Niknik Bestar, Nurul Madina, Fiona Anindita dan Zahra Aulia Syahidah selalu memberikan dukungan hingga skripsi ini selesai
14. Teman-teman Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia angkatan 2008 yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
15. Pegawai Sekretariat Teknik Sipil Universitas Indonesia.
16. Semua pihak yang telah banyak membantu menyelesaikan skripsi.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat yang telah ikhlas membantu penyusunan skripsi ini.

Depok, 6 Juli 2012

Penulis

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

---

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

Nama : Afimonika  
NPM : 0806338506  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
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 Lempung Lanauan Sebagai Material Alternatif Tanah Penutup 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 tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dari sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada Tanggal : 6 Juli 2012  
Yang menyatakan



(Afimonika)

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

---

As a civitas academic of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : Afimonika  
Student ID : 080633806  
Study Program: Environmental Engineering  
Departement : Civil Engineering  
Fakulty : Engineering  
Type of Work : Final Report

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

**Characteristic Mixture Of Compost And Clayey Silt For Alternative Material Landfill Cover Soil Cipayung**

together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty-Free Right, Universitas Indonesia has right to store, convert manage in the form of database, keep and publish 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 : July 6, 2012  
The Declarer



(Afimonika)

## ABSTRAK

Nama : Afimonika  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Karakteristik Campuran Kompos Dan Tanah Lempung  
Lanauan Sebagai Material Alternatif Tanah Penutup TPA  
Cipayung

Kompos UPS Kota Depok memiliki kualitas yang kurang baik sebagai organik *fertilizer*, hal ini yang menjadi penyebab kompos di Kota Depok tidak dapat dipasarkan dengan baik. Disisi lain terjadi keterbatasan lahan di Tempat Pengolahan Akhir Sampah Cipayung sehingga tidak dapat menampung semua timbulan sampah yang dihasilkan di Kota Depok. Pemanfaatan kompos sebagai material *cover soil* di TPA Cipayung menjadi alternatif solusi untuk memanfaatkan kompos UPS dan mengatasi keterbatasan lahan TPA. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah kompos UPS berpotensi sebagai material *cover soil landfill*. Penggunaan kompos sebagai material *cover soil* perlu dilakukan pencampuran dengan material tanah. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah produksi kompos UPS Kota Depok, karakteristik kimia dan fisik kompos UPS, karakteristik fisik campuran kompos UPS dengan tanah, dan komposisi campuran yang paling optimal sebagai *cover soil landfill*.

Karakteristik kimia kompos yang diteliti adalah karbon, nitrogen, fosfor, pH, dan bahan organik. Pemeriksaan karakteristik kimia kompos UPS mengacu pada standar kualitas kompos di SNI 19-7030-2004. Karakteristik fisik kompos UPS yang diteliti adalah kadar air, WHC (*water holding capacity*), analisis butiran, *bulk density*, *compaction*, permeabilitas, porositas dan *atteberg limit*. Karakteristik campuran yang diteliti adalah *bulk density*, *compaction*, permeabilitas, *porosity* dan *atteberg limit*. Pemeriksaan karakteristik fisik kompos UPS dan campuran mengacu pada kriteria desain sistem *cover soil landfill* yaitu (1) meminimalkan kontaminan terlepas ke lingkungan, (2) meminimalkan infiltrasi curah hujan ke dalam sampah, (3) meningkatkan drainase permukaan yang baik, (4) melawan erosi, dan (5) memaksimalkan pertukaran oksigen antara atmosfer dengan lapisan sampah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran dengan komposisi 1:1 merupakan campuran yang paling optimal sebagai material *cover soil landfill* dengan karakteristik fisik yaitu *dry bulk density* sebesar  $1,13 \text{ gr/cm}^3$ , koefisien permeabilitas sebesar  $2,45 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ , dan porositas sebesar 11,72 %.

Kata Kunci:

Kompos, tanah lempung lanauan, *cover soil*, TPA Cipayung, karbon, nitrogen, fosfor, pH, bahan organik, kadar air, WHC (*water holding capacity*), analisis butiran, *bulk density*, *compaction*, permeabilitas, porositas dan *atteberg limit*.

## ABSTRACT

Name : Afimonika  
Study Program : Environmental Engineering  
Title : Characteristic Mixture Of Compost And Clayey Silt As  
Alternative Material Landfill Cover Soil Cipayung

Depok UPS Compost has a less good quality as organic fertilizer, this is the cause of compost in Depok can not be marketed properly. On the other hand occur in places of limited land at Cipayung Landfill and so can not accommodate all waste generated in Depok. Use of compost as a cover soil material at Cipayung Landfill be an alternative solution to utilize the compost UPS and overcome the limitations of the landfill. Necessary to study further whether the UPS compost soil potential as landfill cover material. The use of compost as a cover soil material needs to be done by mixing the soil material. Therefore, this study aims to determine the amount of Depok UPS compost production, chemical and physical characteristics of UPS compost, physical characteristics of UPS compost mixed with soil, and the optimal composition of the mixture as a landfill cover soil.

Studied the chemical characteristics of compost are carbon, nitrogen, phosphorus, pH, and organic materials. Examination of the chemical characteristic of compost UPS refers to the standard of quality compost on SNI 19-7030-2004. Physical characteristics of the studied compost UPS is the moisture content, WHC (water holding capacity), the analysis of grain, bulk density, compaction, permeability, porosity and atterberg limit. Characteristics of the studied mixture is bulk density, compaction, permeability, porosity and atterberg limit. Examination of the physical characteristics of mix refers to the design criteria for cover soil landfill: (1) minimize contaminants released into the environment, (2) minimize infiltration of precipitation into the waste, (3) improve surface drainage is good, (4) against erosion, and (5) maximize the exchange of oxygen between the atmosphere with a layer of trash. The results showed that the composition of the mixture with a 1:1 is the most optimal as landfill cover material with the physical characteristics of the dry bulk density of 1.13 gr/cm<sup>3</sup>, the permeability coefficient of 2.45 x 10<sup>-6</sup> cm / s, and porosity of 11.72%.

Keyword:

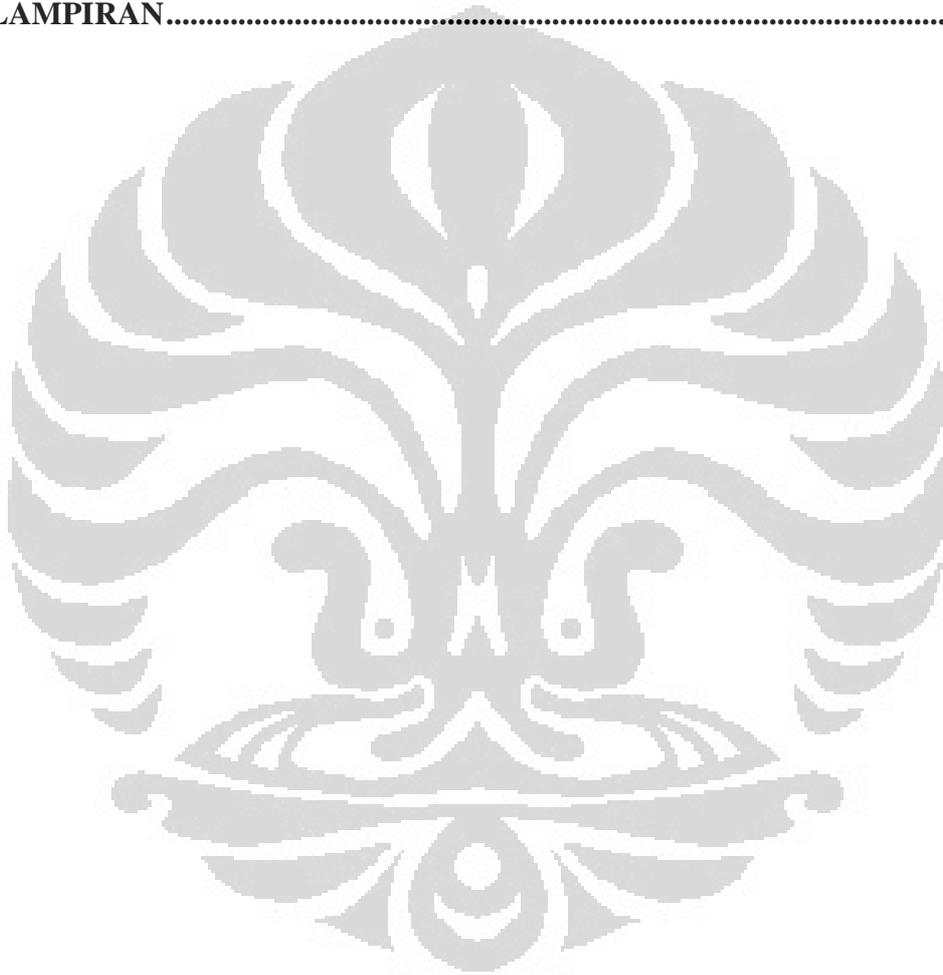
Compost, clayey silt, cover soil, Landfill Cipayung, carbon, nitrogen, phosphorus, pH, organic matter, moisture content, WHC (water holding capacity), the analysis of grain, bulk density, compaction, permeability, porosity and atterberg limit.

## DAFTAR ISI

|  |              |
|--|--------------|
| <b>HALAMAN SAMPUL</b> .....  | <b>i</b>     |
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....   | <b>ii</b>    |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....   | <b>iv</b>    |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....  | <b>vi</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....  | <b>viii</b>  |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS<br/>AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> ..... | <b>x</b>     |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | <b>xii</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>xiii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | <b>xiv</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....   | <b>xvii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | <b>xviii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....   | <b>xix</b>   |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....   | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang .....   | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah .....  | 4            |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....  | 5            |
| 1.4 Ruang Lingkup .....  | 5            |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....   | 6            |
| 1.6 Metode Penelitian .....  | 6            |
| 1.7 Sistematika Penulisan .....  | 7            |
| <b>BAB 2 STUDI KEPUSTAKAAN</b> .....   | <b>8</b>     |
| 2.1 Definisi Sampah.....   | 8            |
| 2.2 Karakteristik Sampah.....  | 8            |
| 2.3 Pengelolaan Sampah Terpadu ( <i>Integrated Solid Waste Management</i> )<br>.....             | 9            |
| 2.3.1 Reduksi Sumber .....   | 10           |
| 2.3.2 Daur Ulang dan Pengomposan.....  | 10           |
| 2.3.3 Pembakaran .....   | 11           |
| 2.3.4 Landfill.....  | 11           |
| 2.4 Pengomposan .....  | 11           |
| 2.4.1 Proses Pengomposan.....  | 12           |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.4.2   | Faktor yang Mempengaruhi Pengomposan.....             | 13        |
| 2.5   | Sifat dan Karakteristik Kompos.....                   | 16        |
| 2.5.1   | Sifat Fisik Tanah .....                               | 17        |
| 2.5.2   | Sifat Kimia Tanah .....                               | 17        |
| 2.6   | Karakteristik Tanah.....                              | 17        |
| 2.6.1   | Tekstur .....   | 18        |
| 2.6.2   | Bulk Density .....                                    | 18        |
| 2.6.3   | Porositas .....                                       | 19        |
| 2.6.4   | Permeabilitas.....                                    | 20        |
| 2.7   | Jenis Tanah .....                                     | 20        |
| 2.8   | <i>Landfill</i> .....                                 | 22        |
| 2.9   | <i>Cover Soil</i> .....                               | 24        |
| 2.10  | Persyaratan <i>Cover Soil</i> .....                   | 26        |
| 2.10.1  | Dry bulk density.....                                 | 26        |
| 2.10.2  | Ukuran partikel .....                                 | 26        |
| 2.10.3  | Permeabilitas .....                                   | 27        |
| 2.10.4  | Porositas .....                                       | 27        |
| <b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>             |   | <b>28</b> |
| 3.1   | Pendekatan penelitian .....                           | 28        |
| 3.2   | Waktu dan Tempat Penelitian.....                      | 29        |
| 3.3   | Variabel Penelitian.....                              | 30        |
| 3.4   | Lingkup Penelitian.....                               | 30        |
| 3.4.1   | Persiapan Penelitian .....                            | 31        |
| 3.4.2   | Pelaksanaan Penelitian.....                           | 31        |
| 3.5   | Data Penelitian.....                                  | 32        |
| 3.6   | Pengolahan Data .....                                 | 34        |
| <b>BAB 4 GAMBARAN UMUM UPS CILANGKAP .....</b>  |   | <b>39</b> |
| 4.1   | Data Fisik Lokasi UPS.....                            | 39        |
| 4.2   | Kegiatan dan Kelengkapan UPS.....                     | 41        |
| <b>BAB 5 PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA .....</b> |   | <b>46</b> |
| 5.1   | Pendahuluan.....                                      | 46        |
| 5.2   | Produksi Kompos UPS Kota Depok.....                   | 47        |
| 5.3   | Pemeriksaan Karakteristik Kimia dan Fisik Kompos..... | 48        |
| 5.3.1   | Pemeriksaan Karakteristik Fisik Kompos.....           | 48        |
| 5.3.2   | Pemeriksaan Karakteristik Kimia Kompos.....           | 61        |
| 5.4   | Pemeriksaan Karakteristik Fisik Tanah .....           | 65        |
| 5.5   | Pemeriksaan Karakteristik Fisik Campuran .....        | 67        |
| 5.5.1   | Specific Gravity .....                                | 68        |
| 5.5.2   | Compaction .....                                      | 69        |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.5.3 Permeabilitas.....                   | 69        |
| 5.5.4 Atteberg Limit.....                  | 69        |
| 5.5.5 Porositas.....                       | 70        |
| 5.6 Hasil Analisis Komposisi Campuran..... | 70        |
| <b>BAB 6 PENUTUP.....</b>                  | <b>74</b> |
| 6.1 Kesimpulan.....                        | 74        |
| 6.2 Saran.....                             | 75        |
| <b>DAFTAR KEPUSTAKAAN.....</b>             | <b>76</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                       | <b>79</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1. Grafik Hubungan antara Suhu dengan Tahap dalam Pengomposan             | 12 |
| Gambar 2.2. Potongan Melintang <i>Landfill</i> .....                               | 24 |
| Gambar 3.1. Kerangka Penelitian .....  | 29 |
| Gambar 4.1. Peta Lokasi UPS Cilangkap .....  | 39 |
| Gambar 4.2. Tampak Luar UPS Cilangkap .....  | 40 |
| Gambar 4.3. Layout UPS Cilangkap, Skala 1:100.....                                 | 43 |
| Gambar 4.4. Timbunan Sampah UPS Cilangkap.....                                     | 44 |
| Gambar 4.5. Bagian Dalam UPS Cilangkap .....                                       | 45 |
| Gambar 5.1. Grafik <i>Water Content Vs Dry Density</i> Uji <i>Compaction</i> ..... | 55 |
| Gambar 5.2. Grafik Jumlah Ketukan Vs Kadar Air Uji <i>Liquid Limit</i> .....       | 58 |
| Gambar 5.3. Grafik Distribusi Butiran.....   | 66 |

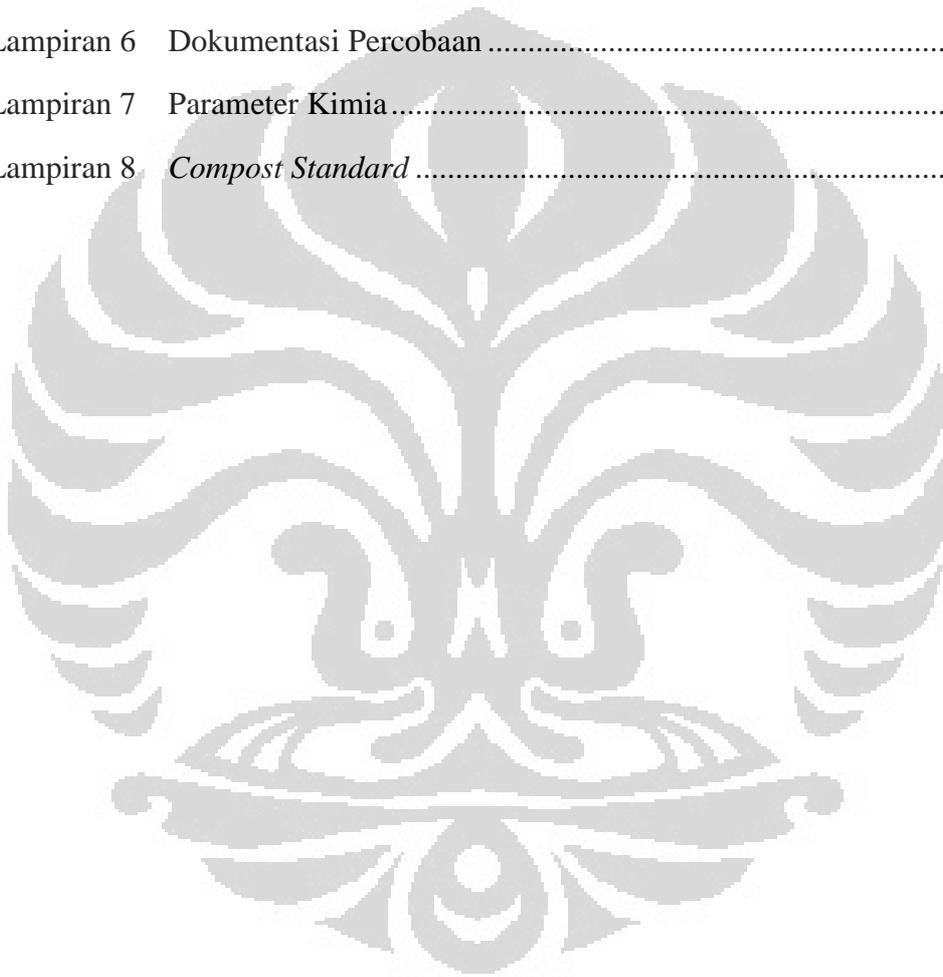


## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1. Batasan Ukuran Butiran Untuk setiap Jenis Tanah.....             | 21 |
| Tabel 2.2. Batasan Ukuran Golongan Tanah .....                              | 21 |
| Tabel 3.1 Metode Pengujian Parameter Kimia Kompos.....                      | 32 |
| Tabel 3.2 Metode Pengujian Parameter Fisik Kompos.....                      | 33 |
| Tabel 3.3 Metode Pengujian Parameter Fisik Campuran .....                   | 33 |
| Tabel 3.4. Jadwal Penelitian.....   | 38 |
| Tabel 4.1 Peruntukan Lahan UPS Cilangkap.....                               | 44 |
| Tabel 5.1 Pengujian Karakteristik.....                                      | 46 |
| Tabel 5.2. Komposisi Sampah UPS Kota Depok.....                             | 47 |
| Tabel 5.3. Perbandingan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik.....          | 50 |
| Tabel 5.4. Data Pemeriksaan Ukuran Partikel Kompos UPS Cilangkap.....       | 51 |
| Tabel 5.5. Penentuan Kadar Air Uji <i>Compaction</i> .....                  | 54 |
| Tabel 5.6 Penentuan Density Uji <i>Compaction</i> .....                     | 54 |
| Tabel 5.7. Penentuan Nilai Liquid Limit .....                               | 58 |
| Tabel 5.8. Penentuan Plastic Limit .....                                    | 59 |
| Tabel 5.9. Penentuan Shrinkage Limit.....                                   | 59 |
| Tabel 5.10. Data Pemeriksaan Karakteristik Fisik Kompos UPS Cilangkap ..... | 61 |
| Tabel 5.11. Perbandingan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Kimia Kompos UPS   | 62 |
| Tabel 5.12. Data Pemeriksaan Ukuran Partikel Tanah .....                    | 65 |
| Tabel 5.13. Data Pemeriksaan Karakteristik Fisik Campuran .....             | 68 |
| Tabel 5.14. Perbandingan Karakteristik Fisik Komposisi Campuran.....        | 71 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|            |                               |     |
|------------|-------------------------------|-----|
| Lampiran 1 | <i>Atterberg Limit</i> .....  | 79  |
| Lampiran 2 | <i>Compaction</i> .....       | 92  |
| Lampiran 3 | <i>Hydrometer</i> .....       | 99  |
| Lampiran 4 | <i>Permeability</i> .....     | 108 |
| Lampiran 5 | <i>Sieve Analysis</i> .....   | 116 |
| Lampiran 6 | Dokumentasi Percobaan .....   | 120 |
| Lampiran 7 | Parameter Kimia.....          | 122 |
| Lampiran 8 | <i>Compost Standard</i> ..... | 130 |



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Limbah padat atau lebih dikenal dengan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (UU NO. 18 Th. 2008). Sumber sampah bisa bermacam-macam, diantaranya adalah : dari rumah tangga, pasar, warung, kantor, bangunan umum, industri, dan jalan. Perkembangan dan pertumbuhan penduduk yang pesat di daerah perkotaan mengakibatkan daerah pemukiman semakin luas dan padat. Peningkatan aktivitas manusia, lebih lanjut menyebabkan bertambahnya sampah.

Depok sebagai salah satu kota yang berkembang mempunyai jumlah penduduk mencapai 1.736.545 (BPS, 2010) dengan laju pertumbuhan per tahun selama sepuluh tahun terakhir yakni dari tahun 2000-2010 sebesar 4,27% (BPS, 2010). Timbulan sampah Kota Depok rata-rata setiap harinya sebesar 3764 m<sup>3</sup> (DKP, 2007). Berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, Pemerintah Daerah Depok berkewajiban mengelola timbulan sampah. Sistem pengelolaan sampah di Kota Depok menggunakan sistem pengumpulan dari sumber penghasil sampah, pengumpulan dan pengelolaan pada Unit Pengolahan Sampah (UPS), dan pembuangan akhir pada Tempat Pengolahan Akhir (TPA). Salah satu proses pengolahan sampah yang terjadi di UPS Kota Depok adalah proses pengomposan. Pengomposan dapat mengurangi jumlah residu dari pengolahan sampah di UPS yang akan dibawa ke TPA melalui pengolahan sampah organik. Jumlah timbulan sampah organik memiliki hubungan berbanding lurus dengan jumlah kompos yang dihasilkan di Kota Depok. Peningkatan timbulan sampah khususnya sampah organik yang tidak dapat dikendalikan akan menyebabkan peningkatan jumlah produksi kompos. Sedangkan peningkatan jumlah produksi kompos tanpa pemasaran yang baik akan menyebabkan kompos yang dihasilkan tidak lagi memiliki nilai ekonomi. Kompos yang tidak dapat dipasarkan akan menjadi tumpukan di sudut-sudut UPS dan mengurangi ruang gerak UPS sehingga akan mengganggu proses berlangsungnya pengolahan sampah di UPS. Kompos yang dihasilkan UPS Kota Depok memiliki kualitas yang kurang

baik sebagai organik *fertilizer*, hal ini juga yang menjadi penyebab kompos di Kota Depok tidak dapat dipasarkan dengan baik.

Pertambahan penduduk yang disertai dengan tingginya arus urbanisasi ke perkotaan telah menyebabkan semakin tingginya volume sampah yang harus dikelola setiap hari. Hal tersebut bertambah sulit, karena lahan yang tersedia untuk Tempat Pengolahan Akhir (TPA) semakin terbatas. Sampah yang dihasilkan tersebut, ternyata tidak semuanya mampu diatasi/ diangkut/ dibersihkan manusia dari lingkungan hidupnya. Hal tersebut akan menimbulkan banyak masalah, diantaranya dapat menjadi sumber pembiakan penyakit maupun sumber inang perantara penyakit yang menimbulkan masalah bagi kesehatan manusia maupun lingkungannya. Disamping itu, sampah yang membusuk akan mengeluarkan bau yang sangat mengganggu. Ditinjau dari segi keindahan, adanya sampah yang berserakan atau bahkan menggunung, menjadikan lingkungan tersebut tidak sedap dipandang mata, bahkan secara umum akan mengurangi keindahan kota. Sampah yang berceceran, bisa saja akan masuk ke dalam badan-badan air sehingga akan menambah luas daerah pencemaran.

Pengelolaan sampah pada masyarakat perkotaan semakin lama menjadi semakin kompleks sejalan dengan bertambah kompleksnya masyarakat itu sendiri. Dibutuhkan keterlibatan beragam teknologi dan beragam disiplin ilmu, termasuk di dalamnya teknologi-teknologi yang terkait dengan bagaimana mengontrol timbulan (*generation*), pengumpulan (*collection*), pemindahan (*transfer*), pengangkutan (*transportation*), pemrosesan (*processing*), pembuangan akhir (*final disposal*) sampah yang dihasilkan pada masyarakat tersebut. Seluruh proses tersebut perlu diselesaikan dalam rangka melindungi kesehatan masyarakat dan pelestarian lingkungan hidup, yang secara estetika dan juga secara ekonomi dapat diterima.

Berdasarkan permasalahan di atas maka diperlukan penanganan untuk mengurangi dampak negatif dari peningkatan timbulan sampah yang terjadi di Kota Depok. *Cover soil landfill* merupakan teknologi yang dirancang untuk mengurangi dampak negatif dari peningkatan timbulan sampah terutama di TPA. Penggunaan *cover soil* dibedakan sebagai *daily cover*, *intermediate cover* dan *final cover*. *Daily cover* merupakan lapisan tanah atau material lain yang memiliki

tebal 6 inci yang diaplikasikan pada setiap periode operasi. *Daily cover* memiliki fungsi untuk mencegah tikus, lalat, dan vektor penyakit lain masuk atau keluar TPA, saat ini, *daily cover* difokuskan untuk mengontrol timbulan sampah, mengurangi bau, dan mengontrol masuknya air ke TPA selama operasi (Tchobanoglous et al., 2002). Sedangkan *final cover* merupakan lapisan tanah atau material lain yang berfungsi sebagai lapisan penutup akhir ketika *landfill* telah mencapai ketinggian maksimal yang telah direncanakan. *Final cover* digunakan untuk mencegah migrasi gas TPA dan untuk membatasi masuknya air permukaan ke TPA. 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.

*Cover soil landfill* dirancang dengan biofilter yang dapat menyaring gas-gas rumah kaca seperti  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{N}_2\text{O}$ . Di Indonesia belum ada peraturan yang mengatur tentang *cover soil landfill* karena teknologi *cover soil landfill* dianggap mahal dan dampaknya bagi kesehatan manusia dan lingkungan belum diketahui. Peningkatan timbulan sampah di Kota Depok yang terus meningkat namun tidak disertai dengan perluasan lahan di TPA Cipayung mendorong Pemerintah Kota Depok menerapkan teknologi *cover soil landfill* di TPA Cipayung. Namun pengembangan teknologi *cover soil landfill* di TPA Cipayung tidak dapat maksimal dikarenakan keterbatasan dana. Salah satu penyebabnya adalah mahalnya harga tanah yang harus dibeli untuk dijadikan *cover soil landfill*. 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 *cover soil* 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 *cover soil* adalah kompos. Dasar pertimbangan kompos sebagai material alternatif *cover soil* dikarenakan beberapa alasan, yakni (1) Kompos dapat dengan mudah

didapatkan dari hasil *composting* di UPS, (2) Jumlah produksi kompos UPS cukup melimpah namun kualitasnya kurang baik sebagai *fertilizer*, dan (3) Kompos dapat dibawa menuju TPA bersamaan dengan residu UPS yang dibawa oleh truk sampah yang tidak diperlukan biaya yang besar dalam pengangkutan.

Hal ini yang memacu penulis untuk melakukan penelitian *cover soil landfill* sebagai alternatif penanganan timbulan sampah di Kota Depok dan untuk pengembangan *cover soil landfill* yang telah diterapkan di TPA Cipayung. Penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan karena banyaknya produksi kompos yang tidak dapat ditangani akibat peningkatan timbulan sampah dan keterbatasan dalam pengembangan teknologi *cover soil landfill* di TPA Cipayung seiring peningkatan timbulan sampah di Kota Depok.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dengan timbulan sampah 3764 m<sup>3</sup> setiap harinya, sampah Kota Depok menjadi masalah jika tidak dikelola dengan baik. Pengomposan menjadi pilihan penanganan timbulan sampah organik yang terjadi di Kota Depok. Peningkatan timbulan sampah organik yang terjadi dari waktu ke waktu menyebabkan meningkatnya produksi kompos di UPS Kota Depok. Produksi kompos yang tinggi tidak disertai dengan pemasaran yang baik akan menimbulkan masalah baru. Kompos yang tidak dapat dipasarkan menjadi tumpukan di UPS dan mengurangi ruang gerak UPS. Jika hal ini tidak dapat ditangani dengan baik maka kompos akan beralih fungsi menjadi residu yang harus dibuang ke TPA. Hal ini akan menambah beban TPA dengan keterbatasan lahan yang dimiliki. Disisi lain peningkatan timbulan sampah di Kota Depok menyebabkan semakin sempitnya lahan di TPA Cipayung. Peningkatan timbulan sampah di TPA Cipayung yang tidak dapat ditangani dengan baik maka akan menimbulkan kerusakan lingkungan yang lebih parah dan mengganggu kesehatan warga sekitar. Hal ini yang mendorong diterapkannya *teknologi cover soil* di TPA Cipayung, Kota Depok. Namun banyak terdapat keterbatasan dalam pengembangan teknologi *cover soil landfill* di TPA Cipayung. Salah satu keterbatasan yang dialami pemerintah dalam pengembangan *cover soil landfill* adalah keterbatasan dana dan salah satunya penyebabnya adalah mahalnya harga tanah yang harus dibeli untuk dijadikan sebagai *cover soil landfill*. Penggunaan kompos dari pengolahan sampah organik

di UPS sebagai *cover soil* landfill dapat dijadikan sebagai alternatif untuk permasalahan diatas. Untuk mendukung penggunaan kompos sebagai *cover soil landfill* maka perlu dilakukan pencampuran dengan material lain. Tanah merah bisa menjadi pilihan sebagai material yang akan dicampur dengan kompos untuk menguatkan karakteristik fisik sebagai *cover soil*. Selain itu tanah merah sudah menjadi material yang dipilih sebagai *cover soil landfill* di TPA Cipayung. Permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini antarlain :

1. Berapa jumlah produksi kompos di UPS Cilangkap?
2. Bagaimana karakteristik kompos yang dihasilkan UPS Cilangkap, Kota Depok?
3. Bagaimana karakteristik campuran kompos UPS Cilangkap, Kota Depok dengan tanah lempung lanauan yang akan diolah menjadi *cover soil landfill*?
4. Bagaimana komposisi campuran kompos UPS Kota Depok dengan tanah lempung lanauan yang optimal untuk dijadikan sebagai *cover soil landfill* di TPA Cipayung?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui hal berikut :

1. Jumlah produksi kompos yang dihasilkan UPS di Kota Depok
2. Karakteristik kompos yang dihasilkan UPS Cilangkap, Kota Depok
3. Karakteristik campuran kompos UPS Cilangkap, Kota Depok dengan tanah lempung lanauan yang akan diolah menjadi *cover soil landfill*
4. Komposisi campuran kompos UPS Cilangkap, Kota Depok dengan tanah lempung lanauan yang optimal untuk dapat dijadikan sebagai *cover soil landfill* di TPA Cipayung.

### **1.4 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 diambil dari daerah disekitar Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat karena alasan efektivitas.
3. Penelitian hanya dilakukan untuk mengetahui komposisi campuran antara kompos dengan tanah merah yang paling optimal untuk *cover soil*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Memberikan solusi pilihan untuk penanganan kompos yang tidak dapat dipasarkan bersamaan dengan keterbatasan lahan TPA Cipayung dalam menghadapi peningkatan timbulan sampah di Kota Depok.
2. Memberikan solusi pilihan untuk mengurangi pemakaian tanah merah yang telah digunakan sebagai *cover soil landfill* di TPA Cipayung karena keterbatasan dana dalam penyediaan.
3. Memberikan gambaran potensi kompos di Kota Depok yang dapat dijadikan sebagai *cover soil landfill*.

### 1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah:

1. Studi literatur dari berbagai sumber seperti jurnal, buku dan internet mengenai *cover soil landfill* sebagai bahan dalam pembuatan landasan teori.
2. Melakukan pemeriksaan di laboratorium untuk meneliti karakteristik kimia kompos bahan baku *cover soil landfill* dengan masing-masing perlakuan.
3. Melakukan pemeriksaan di laboratorium untuk meneliti karakteristik fisik tanah merah dan campuran kompos dengan tanah merah sebagai bahan baku *cover soil landfill* dengan masing-masing perlakuan.
4. Melakukan analisis terhadap data yang diperoleh dengan pemeriksaan laboratorium kemudian dibandingkan dengan literatur yang bersangkutan.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

### BAB 1 : PENDAHULUAN

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

### BAB 2 : STUDI LITERATUR

Pada bab ini dijelaskan teori-teori yang menjadi dasar analisis dan pembahasan. Teori-teori yang menjadi dasar anatara lain definisi dan sumber sampah, pengelolaan sampah terpadu, karakteristik kompos, karakteristik tanah, karakteristik *landfill*, dan teori lain yang berhubungan dengan *cover soil landfill*

### BAB 3 : GAMBARAN UMUM UPS CILANGKAP

Pada bab ini berisi gambaran umum kondisi UPS Cilangkap sebagai penghasil kompos, mewakili UPS yang berada di Kota Depok untuk digunakan sebagai *cover soil landfill*. Gambaran umum UPS yang dijelaskan berupa data fisik dan lokasi, manajemen pengoperasian, serta kegiatan dan kelengkapan UPS.

### BAB 4 : METODOLOGI PENELITIAN

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

### BAB 5 : PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini dilakukan pengolahan data dan analisis data dengan membandingkan data setiap perlakuan pengomposan yang diperiksa di laboratorium serta membahas dengan membandingkan dengan literatur yang didapat.

### BAB 6 : PENUTUP

Pada bab ini terdapat kesimpulan yang diambil berdasarkan tujuan penelitian, studi literatur, dan analisa. Pada bab ini juga terdapat saran yang diberikan oleh penulis yang berkaitan dengan penelitian.

## **BAB 2**

### **STUDI KEPUSTAKAAN**

#### **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 et al., 2002).

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 suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. (Istilah Lingkungan untuk Manajemen, Ecolink, 1996).

Sampah dalam ilmu kesehatan lingkungan sebenarnya hanya sebagian dari benda atau hal-hal yang dipandang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi, atau harus dibuang, sedemikian rupa sehingga tidak sampai mengganggu kelangsungan hidup. Dari segi ini dapat disimpulkan bahwa yang dimaksud dengan sampah ialah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, disenangi atau sesuatu yang harus dibuang, yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (termasuk kegiatan industri), tetapi yang bukan biologis (karena *human waste* tidak termasuk didalamnya) dan umumnya bersifat padat (karena air bekas tidak termasuk didalamnya).

#### **2.2 Karakteristik Sampah**

Secara umum sampah kota memiliki karakteristik sebagai berikut:

a. Berdasarkan Sifat Kimia

Berdasarkan sifat kimia unsur pembentuknya terdapat 2 kategori limbah padat (sampah), yaitu :

- Sampah Organik, yaitu sampah yang mengandung senyawa organik atau tersusun atas unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen. Sampah organik memiliki sifat mudah membusuk contohnya : daun-daunan, sayuran, dan buah-buahan serta sampah sisa makanan.
- Sampah Anorganik, yaitu sampah yang mengandung senyawa bukan organik sehingga tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Sampah anorganik sulit membusuk yang termasuk sampah anorganik adalah : plastik, kaca, besi, sebagian jenis kertas dan lain-lain.

b. Berdasarkan Sifat Fisik

Dilihat dari keadaan fisiknya sampah dapat diklarifikasikan dalam beberapa jenis, yaitu :

- Sampah Basah (Garbage), yaitu sampah yang terdiri dari bahan organik dan mempunyai sifat mudah membusuk. Sifat umumnya adalah banyak mengandung air dan cepat sekali membusuk (terurai) dan menimbulkan bau. Pada umumnya terdiri sisa-sisa makanan, buah dan sayuran.
- Sampah Kering (Rubbish), yaitu sampah yang tersusun dari bahan organik dan anorganik sifatnya lambat atau tidak membusuk. Biasanya selain sampah makanan. Sampah jenis ini ada yang mudah dibakar (Combustible) misalnya : kertas, karton, plastik, kain/tekstil, kayu dll. Ada yang sulit dibakar misalnya gelas/kaca, kaleng, logam.

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

Pengelolaan sampah terpadu (IWM) dapat didefinisikan sebagai pemilihan dan penerapan teknik-teknik yang cocok, teknologi, dan program manajemen untuk mencapai tujuan pengelolaan sampah yang spesifik (Tchobanoglous et al., 2002). US Environmental Protection Agency (EPA) telah mengidentifikasi empat pilihan manajemen dasar (strategi) untuk IWM, yaitu : reduksi sumber, daur ulang dan pengomposan, pembakaran (limbah-untuk-energi fasilitas), dan *landfill*.

### 2.3.1 Reduksi Sumber

Pengurangan sumber berfokus pada pengurangan volume dan / atau toksisitas limbah yang dihasilkan. Pengurangan sumber termasuk beralih ke produk yang dapat digunakan kembali. Waktu untuk mempertimbangkan pengurangan sumber adalah pada saat pembuatan produk atau tahap proses desain. Pengurangan sumber dapat dilakukan oleh semua orang misalnya berpartisipasi dengan mengurangi pembelian atau menggunakan produk yang lebih efisien. Sektor publik (pemerintah di semua tingkat : pusat dan daerah) dan sektor swasta juga dapat menjadi konsumen yang lebih efisien. Mereka dapat mengevaluasi kembali prosedur penggunaan kertas (beberapa salinan dokumen), dan mengurangi pembelian produk sekali pakai.

Sektor swasta dapat mendesain ulang proses manufaktur untuk mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan di bidang manufaktur. Selain itu sektor swasta dapat mendesain ulang pembuatan produk dengan meningkatkan daya tahan produk yang dihasilkan, mengganti penggunaan bahan yang beracun, atau meningkatkan efektivitas produk.

### 2.3.2 Daur Ulang dan Pengomposan

Daur ulang merupakan proses pengembalian bahan baku ke pasar melalui pemisahan produk yang dapat digunakan kembali dari sisa aliran limbah kota. Manfaat dari daur ulang diantaranya : menghemat sumber daya yang terbatas, menurunkan dampak lingkungan dan mengurangi jumlah konsumsi energi. Selain itu, daur ulang dapat membantu peregangan kapasitas TPA. Pengomposan adalah dekomposisi biologis sampah organik yang bersifat biodegradable dalam kondisi yang terkendali dan keadaan yang cukup stabil untuk penyimpanan yang bebas gangguan dan penanganan serta aman untuk digunakan dalam aplikasi tanah (Tchobanoglous et al., 2002). Pengomposan dapat menyebabkan masalah jika tidak dilakukan kontrol lokasi yang memadai. Sebagai contoh, air tanah dapat terkontaminasi jika potongan rumput, daun, atau sampah kebun lain mengandung residu pestisida atau pupuk kompos pada tanah berpasir atau tanah permeabel. Pencemaran udara oleh zat-zat volatil juga dapat dihasilkan dari proses pengomposan.

### 2.3.3 Pembakaran

Proses Pembakaran dapat mengurangi volume sampah secara dramatis, hingga sembilan kali lipat. (Tchobanoglous et al., 2002). Proses pembakaran sampah juga dapat menghasilkan energi yang berguna, baik dalam bentuk uap atau dalam bentuk listrik. Selain itu, abu dari proses pembakaran dapat digunakan kembali sebagai bahan bangunan. Mereka yang membuat produk dari semen atau beton dapat memanfaatkan abu insinerator (pembakaran). Kendala-kendala besar pada insinerator adalah biaya yang relatif tinggi untuk kecanggihan yang dibutuhkan agar dapat beroperasi dengan aman dan ekonomis.

### 2.3.4 *Landfill*

*Landfill* merupakan salah satu dari pengelolaan sampah yang tidak diinginkan, tapi kebutuhan setiap orang. Beberapa limbah ada yang tidak dapat didaur ulang, karena mereka telah mencapai titik dimana tidak lagi memiliki nilai sehingga mereka tidak lagi dapat dipulihkan, selain itu proses daur ulang pun menghasilkan residu yang akan dibuang ke *landfill*. Teknologi dan pengoperasian tempat pembuangan akhir yang baik dapat menjamin perlindungan kesehatan manusia dan lingkungan. Tantangannya adalah untuk memastikan bahwa semua *landfill* yang beroperasi dirancang dengan baik dan dimonitor setelah mereka tidak beroperasi. *Landfill* juga dapat berubah menjadi sumber daya. Pemanfaatan gas metana sudah banyak terjadi di tempat pembuangan akhir dan pemanfaatan gas karbon dioksida sedang dipertimbangkan. Setelah penutupan, tempat pembuangan akhir dapat digunakan untuk tempat rekreasi seperti taman, lapangan golf, atau daerah ski.

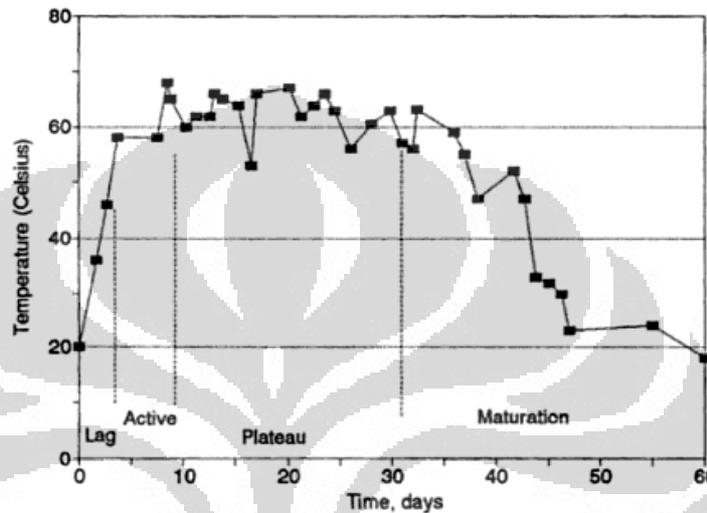
## 2.4 Pengomposan

Menurut Crawford (2003) kompos didefinisikan sebagai hasil dekomposisi parsial/tidak lengkap, dipercepat secara artifisial dari campuran bahan-bahan organik oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik. Pengomposan adalah dekomposisi biologis sampah organik yang bersifat biodegradable dalam kondisi yang terkendali dan keadaan yang cukup stabil untuk penyimpanan yang bebas

gangguan dan penanganan serta aman untuk digunakan dalam aplikasi tanah (Tchobanoglous et al., 2002).

#### 2.4.1 Proses Pengomposan

Menurut Tchobanoglous et al., (2002), proses pengomposan dibagi dalam tiga tahap, yaitu *lag phase*, *active phase*, dan *curing phase* atau *maturation phase*. Tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



**Gambar 2.1. Grafik Hubungan antara Suhu dengan Tahap dalam Pengomposan**

Sumber : Tchobanoglous et al.(2002)

Tahap pertama adalah lag phase, tahap ini dimulai segera setelah kompos dibuat. Tahap tersebut merupakan tahap dimana mikroba yang terdapat dalam limbah padat/bahan baku kompos beradaptasi. Mikroba mulai berkembang biak, dengan menggunakan glukosa, pati, selulosa sederhana, dan asam amino yang terdapat dalam limbah padat.

Tahap Kedua adalah active phase, fase ini ditandai dengan peningkatan eksponensial dalam jumlah mikroba dan intensifikasi sesuai aktivitas mikroba. Tahap ini ditandai dengan kenaikan terjal suhu tumpukan kompos. Suhu akan terus meningkat sampai konsentrasi limbah padat yang mudah diuraikan sudah habis karena proses dekomposisi mikroba. Pada negara tertentu, suhu mencapai 70°C atau lebih tinggi.

Tahap ketiga adalah curing phase atau maturation phase, pada fase ini pasokan bahan yang mudah terurai sudah habis habis, dan tahap pematangan

dimulai. Pada tahap pematangan, bahan organik dan mikroba mengalami penurunan jumlah dan suhu akan turun sampai mendekati suhu ruangan.

Proses pengomposan akan segera berlansung setelah bahan-bahan mentah dicampur. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Demikian pula akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Suhu akan meningkat hingga di atas 50° - 70°C. Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu. Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada saat ini terjadi dekomposisi/penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba-mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO<sub>2</sub>, uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30 – 40% dari volume/bobot awal bahan.

Proses pengomposan dapat terjadi secara aerobik (menggunakan oksigen) atau anaerobik (tidak ada oksigen). Proses yang dijelaskan sebelumnya adalah proses aerobik, dimana mikroba menggunakan oksigen dalam proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi dapat juga terjadi tanpa menggunakan oksigen yang disebut proses anaerobik. Namun, proses ini tidak diinginkan selama proses pengomposan karena akan dihasilkan bau yang tidak sedap. Proses anaerobik akan menghasilkan senyawa-senyawa yang berbau tidak sedap, seperti: asam-asam organik (asam asetat, asam butirat, asam valerat, putrecine), amonia, dan H<sub>2</sub>S.

#### 2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Pengomposan

Berdasarkan British Columbia, Ministry of Agriculture and Food (1996), beberapa faktor penting yang dapat mempengaruhi proses pengomposan adalah:

- Perbandingan karbon (C) dengan nitrogen (N).
- Luas permukaan dan ukuran partikel.
- Aerasi
- Porositas

- Kelembaban
- Suhu
- pH
- Nutrisi
- Senyawa beracun

Penjelasan lebih detil dicantumkan pada subbab berikut.

#### 2.4.2.1 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 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat.

#### 2.4.2.2 Ukuran Partikel

Aktivitas mikroba berada diantara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan 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.

#### 2.4.2.3 Aerasi

Pengomposan yang cepat dapat 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.

#### 2.4.2.4 Porositas

Porositas adalah ruang diantara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total.

Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplay Oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

#### 2.4.2.5 Kelembaban (*Moisture content*)

Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplay oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan 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 dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

#### 2.4.2.6 Temperatur

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba. Ada 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.

#### 2.4.2.7 pH

Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH yang lebar. pH yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6.5 sampai 7.5. pH kotoran ternak umumnya berkisar antara 6.8 hingga 7.4. 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.

#### 2.4.2.8 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. Menurut Tchobanoglous et al.,(2002), nitrogen merupakan unsur penting dari protoplasma, protein, dan asam amino. Sebuah organisme tidak dapat tumbuh atau berkembang biak tanpa adanya nitrogen dalam bentuk yang mudah diakses. Meskipun mikroba terus aktif tanpa harus memiliki sumber nitrogen, akan tetapi menurunkan umur sel dan menyebabkan kematian sel. Sedangkan fosfor dibutuhkan untuk terlibat dalam proses penyimpanan energi dan perluasan sintesis protoplasma. Selanjutnya adalah karbon yang berfungsi sebagai sumber energi dan membantu metabolisme untuk mensintesis komponen sel.

#### 2.4.2.9 Kandungan bahan berbahaya

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

### 2.5 Sifat dan Karakteristik Kompos

Penggunaan kompos sebagai bahan pembenah tanah (soil conditioner) dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah sehingga mempertahankan dan menambah kesuburan tanah. Karakteristik umum dimiliki kompos antaranal :

1. Mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah bervariasi tergantung bahan asal.
2. Menyediakan unsur hara secara lambat (*slow release*) dan dalam jumlah terbatas.
3. Mempunyai fungsi utama memperbaiki kesuburan dan kesehatan tanah.

Berikut adalah sifat kompos yang berkaitan dengan tanah :

### 2.5.1 Sifat Fisik Tanah

Kompos memperbaiki struktur tanah yang semula padat menjadi gembur sehingga mempermudah pengolahan tanah. Tanah berpasir lebih kompak dan tanah lempung menjadi lebih gembur. Penyebab kompak dan gemburnya tanah ini adalah senyawa-senyawa polisakarida yang dihasilkan oleh mikroorganisme pengurai serta miselium atau hifa yang berfungsi sebagai perekat partikel tanah. Perbaikan agregat tanah menjadi lebih remah akan mempermudah penyerapan air ke dalam tanah sehingga proses erosi dapat dicegah. Kadar bahan organik yang tinggi di dalam tanah memberikan warna tanah yang lebih gelap sehingga penyerapan sinar matahari lebih banyak dan fluktuasi suhu di dalam tanah dapat dihindarkan.

### 2.5.2 Sifat Kimia Tanah

Kompos mengandung nutrisi yang dibutuhkan untuk peningkatan hara makro dan mikro tanah. Misel kompos mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) yang lebih besar daripada misel lempung (3-10) sehingga penyediaan hara makro dan mikromineral lebih lama. Kapasitas tukar kation (KTK) asam-asam organik dari kompos lebih tinggi dibandingkan mineral liat, namun lebih peka terhadap perubahan pH. Penambahan kompos ke dalam tanah dapat meningkatkan nilai KTK tanah (Tan,1991). Bahan organik dalam kompos dapat bereaksi dengan ion logam dalam tanah untuk membentuk senyawa kompleks. Dengan demikian ion logam yang bersifat meracuni tanaman serta merugikan penyediaan hara pada tanah seperti Al, Fe, dan Mn dapat diperkecil dengan adanya bahan organik pada kompos.

## 2.6 Karakteristik Tanah

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga membentuk regolit (lapisan partikel halus). Berikut akan dijelaskan karakteristik fisik tanah :

### 2.6.1 Tekstur

Tekstur tanah adalah perbandingan kandungan partikel-partikel tanah primer berupa fraksi liat, debu dan pasir dalam suatu tanah. Partikel-partikel tanah itu mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda-beda dan dapat digolongkan ke dalam tiga fraksi seperti tersebut di atas. Ada yang berdiameter besar sehingga dengan mudah dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi ada juga yang sedemikian halusnyanya, seperti koloidal, sehingga tidak dapat dilihat dengan mata telanjang.

Fraksi pasir umumnya didominasi oleh mineral kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ) yang sangat tahan terhadap, sedangkan fraksi debu biasanya berasal dari mineral feldspar dan mika yang cepat lapuk, pada saat pelapukannya, akan membebaskan sejumlah hara, sehingga tanah bertekstur debu umumnya lebih subur ketimbang tanah bertekstur pasir.

Uraian ini menunjukkan bahwa fraksi pasir dan debu lebih berperan secara fisik, sedangkan karena fraksi liat yang berukuran  $<1\mu\text{m}$  merupakan koloid atau partikel bermuatan listrik yang aktif sebagai situs pertukaran anion atau kation, maka fraksi liat lebih berperan secara kimiawi ketimbang secara fisik.

### 2.6.2 Bulk Density

Bulk Density menunjukkan perbandingan antara berat tanah kering dengan volume tanah termasuk volume pori-pori tanah biasanya dinyatakan dalam  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

Dari sifat fisiknya dapat dilihat, BD tanah Kerapatan partikel tanah mineral yang berkisar antara  $2,60 - 2,75 \text{ g.cm}^{-3}$ . Rerataan partikel tanah adalah  $2,65$  ( BJ Kuarsa ), sedangkan bahan organik  $1,4 \text{ g.cm}^{-3}$ . Kerapatan partikel tanah bervariasi tergantung pada kandungan bahan organik. Tanah lapisan olah yang mengandung humus mempunyai BJ antara  $2,40 - 2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ .

Salah satu kegunaan menentukan BD adalah evaluasi terhadap kemungkinan akar menembus tanah. Pada tanah - dengan bulk density yang tinggi, akar tanaman tidak dapat menembus lapisan tanah tersebut. Bulk density yang turun biasanya pori - pori tanah makin banyak terbentuk.

Bulk Density dapat digunakan untuk menghitung ruang pori total tanah dengan anggapan bahwa kerapatan zarah atau partikel density sama dengan  $2,65 \text{ gr}/\text{cm}^3$ . Makin padat suatu tanah makin tinggi bulk density yang berarti semakin

sulit meneruskan air atau di tembus akar tanaman. Pada umumnya bulk density tanah mineral berkisar antara 1,1-1,6 gr/cm<sup>3</sup>.

Bulk Density pada pertumbuhan sedang dan pertumbuhan kecil (1,05-1,32) relatif tinggi di bandingkan pertumbuhan baik (1,04-1,18) hal ini menunjukkan semakin tinggi bulk density menyebabkan kepadatan tanah meningkat, aerasi dan drainase terganggu sehingga perkembangan akar menjadi tidak normal.

### 2.6.3 Porositas

Porositas adalah proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara, sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah. Tanah yang porous berarti tanah yang cukup mempunyai ruang pori untuk pergerakan air dan udara sehingga mudah keluar masuk tanah secara leluasa.

Ruang pori tanah ialah bagian yang diduduki oleh udara dan air. Jumlah ruang pori ini sebagian besar ditentukan oleh susunan butir – butir padat. Kalau letak mereka satu sama lain cenderung erat, seperti dalam pasir atau sub soil yang padat, porositas totalnya rendah. Sudah dapat diduga bahwa perbedaan besar jumlah ruang pori berbagai tanah tergantung pada keadaan. Tanah permukaan pasir menunjukkan kisaran mulai 35 – 50%, sedangkan tanah berat bervariasi dari 40 – 60% atau barangkali malah lebih, jika kandungan bahan organik tinggi dan berbutir – butir. Porositas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur tanah, dan tekstur tanah. Porositas tanah tinggi kalau bahan organik tinggi. Tanah dengan struktur granuler/remah, mempunyai porositas yang tinggi daripada tanah-tanah dengan struktur massive/pejal. Tanah dengan tekstur pasir banyak mempunyai pori-pori makro sehingga sulit menahan air. Porositas adalah suatu indeks volume relatif nilainya berkisar 30-60%. Tanah bertekstur kasar mempunyai persentase ruang pori total lebih rendah dari pada tanah bertekstur halus, meskipun rataan ukuran pori bertekstur kasar lebih besar dari pada ukuran pori tanah bertekstur halus.

#### 2.6.4 Permeabilitas

Sifat fisik tanah yang paling penting adalah kapasitas menahan air yang tersedia, yang berkaitan dengan kedalaman daerah perakaran, tekstur tanah dan kandungan bahan organik. Indikator tentang kondisi drainase juga penting, misalnya kedalaman terhadap becak-becak (mottling), kedalaman muka air tanah, permeabilitas lapisan bawah, yang berhubungan dengan kedalaman perakaran dan permeabilitas .

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/jam (Foth,1994).

Hillel (1986) menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi permeabilitas tanah anatara lain porositas, distribusi ruang pori, tekstur, stabilitas agregat. Struktur tanah dan kadar bahan organik tanah ditegaskan lagi bahwa hubungan utama terhadap permeabilitas adalah distribusi ruang pori sedangkan faktor lainnya merupakan faktor yang menentukan porositas dan distribusi ukuran pori. Pengaruh pemadatan terhadap permeabilitas tanah adalah memperlambat permeabilitas tanah karena pori kecil yang menghambat gerakan air tanah makin meninggi.

Permeabilitas akan meningkat bila agregasi butir-butir tanah menjadi remah, adanya bahan organik, ada saluran bekas lubang yang terdekomposisi dan porositas tanah yang tinggi. Pengaruh pemadatan terhadap permeabilitas tanah karena pori kecil yang menghambat gerakan air meningkat.

Daya hantar hidraulika ditentukan oleh sejumlah faktor termasuk ukuran pori dari tegangan yang mengikat air. Untuk aliran air jenuh, tegangan kelembabannya yang rendah dan akibat daya hantar sangat erat hubungannya dengan ukuran pori tanah, tanah lempung daya hantarnya sangat rendah dibandingkan tanah pasir. Jika kadar air menurun sampai kapasitas lapangan atau dibawahnya, daya hantar hidraulika yang disebut daya kapiler yang menurun dengan cepat.

### 2.7 Jenis Tanah

Ukuran dari partikel tanah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (gravel ), pasir (sand ), lanau

(silt) dan lempung (clay), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah. Pada tabel 2.2 ditunjukkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah dikembangkan oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT), U.S. Department of Agriculture (USDA), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) dan oleh U.S Army Corps of Engineers dan U.S Bureau of Reclamation yang kemudian menghasilkan apa yang disebut sebagai *Unified Soil Classification System*

**Tabel 2.1. Batasan Ukuran Butiran Untuk setiap Jenis Tanah**

| Jenis Tanah | Ukuran Batas Atas<br>(mm) | Ukuran Batas Bawah<br>(mm) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|
| Gravel      | 80 – 200                  | 4,76 atau 2,00             |
| Pasir       | 4,76 atau 2,00            | 0,074 atau 0,05            |
| Jenis Tanah | Ukuran Batas Atas<br>(mm) | Ukuran Batas Bawah<br>(mm) |
| Lempung     | 0,074 atau 0.05           | Tidak ada                  |

Sumber : Hasil Olahan (2011)

**Tabel 2.2. Batasan Ukuran Golongan Tanah**

| Nama Golongan                               | UKURAN BUTIRAN (MM) |            |                   |                   |
|---|---------------------|------------|-------------------|-------------------|
|   | KERIKIL             | PASIR      | LANAU             | LEMPUNG           |
| MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT) | >2                  | 2-0,06     | 0,06-0,002        | < 0,002           |
| U.S DEPARTEMENT OF AGRICULTURE (USDA)       | >2                  | 2-0,05     | 0,05-0,002        | < 0,002           |
| AASHTO                                      | 76,2 – 2            | 2-0,075    | 0,075-0,002       | < 0,002           |
| UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM          | 76,2 – 4,75         | 4,75-0,075 | HALUS<br>< 0,0075 | HALUS<br>< 0,0075 |

Sumber : Hasil Olahan (2011)

## 2.8 Landfill

*Landfill* adalah suatu fasilitas fisik yang digunakan sebagai pembuangan akhir dari sampah dan residu sampah pada permukaan tanah (O'Leary,1993). Landfill adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan proses dimana residu limbah padat dan limbah padat ditempatkan dalam tempat pembuangan sampah (Tchobanoglous et al., 2002). 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 berupa sisa-sisa sampah yang beterbangan karena angin, dan mengurangi bau sampah. Tempat pembuangan sampah untuk sampah konstituen individual seperti pembakaran abu, asbestos, dan limbah serupa lainnya dikenal sebagai *monofills*. Tempat pembuangan sampah untuk pembuangan limbah berbahaya disebut *secure landfills*. Tempat-tempat di mana sampah dibuang pada atau ke dalam tanah tidak dalam cara yang terorganisir disebut tempat pembuangan tanah atau tempat pembuangan sampah yang tidak terkontrol.

Beberapa bagian *landfill* antara lain :

### a. Cell

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

### b. 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.

### c. Lift

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

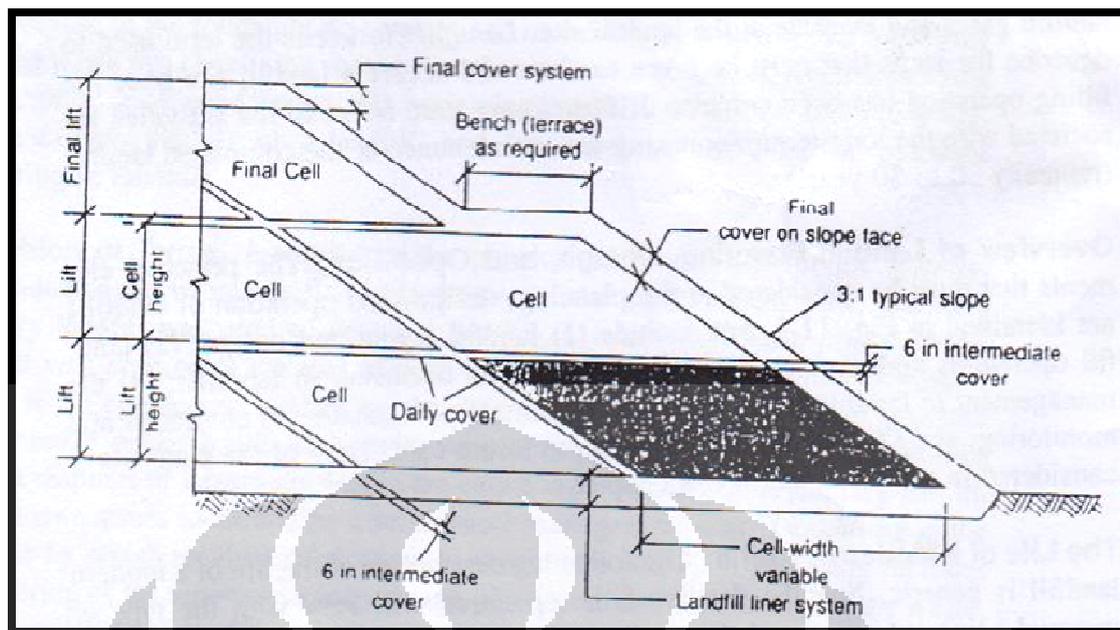
d. *Bench (terrace)*

*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.

e. *Final lift*

*Final lift* juga meliputi lapisan penutup akhir.

Konsentrasi gas rumah kaca utama pada atmosfer, yaitu karbon dioksida, metana dan dinitrogen oksida berpotensi dapat menyebabkan perubahan iklim regional dan global dengan menimbulkan berbagai masalah lingkungan. Metana khususnya merupakan kontributor yang berpotensi besar terhadap perubahan iklim yang menyebabkan pemanasan global 25 kali dari karbon dioksida (IPCC, 2007). Peningkatan 28% emisi metana antropogenik sebgaiian besar berasal dari pembuangan limbah padat di darat. Dalam hal total emisi gas rumah kaca antropogenik, pelepasan karbon dioksida dari sektor limbah secara global merupakan sumber terbesar keempat (UNFCCC, 2009). Gas rumah kaca *landfill* diproduksi dalam keadaan di bawah oksigen terbatas (anaerob) dan kemudian dilepaskan ke atmosfer melalui tanah penutup *landfill*. Oleh karena itu, penutup tempat pengolahan akhir harus dirancang untuk memaksimalkan pertukaran oksigen antara atmosfer dan lapisan sampah untuk mempertahankan kondisi aerobik dan oksidasi metana yang tinggi di lapisan tanah penutup akhir. Pembangunan *landfill* pada masa sekarang difokuskan untuk meminimalkan pelepasan kontaminan ke lingkungan terutama yang membahayakan kesehatan dan keselamatan manusia serta merusak ekologi.



**Gambar 2.2. Potongan Melintang *Landfill***

Sumber : Tchobanoglous et.al (1993)

## 2.9 *Cover Soil*

Berdasarkan kegunaannya, *cover soil* pada landfill, dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

### a. *Daily Cover*

*Daily cover* adalah lapisan penutup pada permukaan timbunan sampah (umumnya 150 mm) yang ditutup pada setiap akhir dari hari kerja/ operasi. 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*.

### b. 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 timbunan sampah pada suatu area.

*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*, dan dapat menjalankan fungsinya dalam waktu yang lama.

### c. Final Cover

Tujuan dari *final cover* adalah (1) meminimalisir infiltrasi air hujan setelah *landfill* terselesaikan, (2) membatasi pelepasan gas-gas *landfill* seperti CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>O (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. 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.

## 2.10 Persyaratan *Cover Soil*

*Cover soil* berfungsi untuk melindungi manusia dari material sampah dan dari reseptor serta vektor ekologi. Selain itu, *Cover soil landfill* berfungsi untuk mengurangi jumlah infiltrasi dan meminimalkan peningkatan lindi. Meminimalkan peningkatan lindi dapat mengurangi kebutuhan untuk mengelola cairan dan mengurangi potensi kontaminan dari TPA terhadap lingkungan seperti tanah, air tanah, atau air permukaan.

Kriteria desain yang direkomendasikan untuk sistem *cover soil landfill* harus mencakup beberapa hal sebagai berikut (1) meminimalkan laju infiltrasi ke dalam sampah, (2) menciptakan drainase permukaan yang baik, dan (3) menahan erosi (US EPA, 1993). Oleh karena itu untuk mencapai kriteria desain sistem *cover soil landfill* yang direkomendasikan ada beberapa karakteristik fisik tanah yang mempengaruhinya yaitu kadar air, *water holding capacity*, *dry bulk density*, ukuran partikel, porositas, *compaction* dan *permeabilitas*.

### 2.10.1 Dry bulk density

Nilai kerapatan yang tinggi akan menghambat transportasi gas dan pertumbuhan akar pada vegetasi di *landfill*. Keberadaan akar tumbuhan berfungsi untuk meminimalkan infiltrasi hujan pada lapisan sampah dan mencegah terjadinya erosi. Kerapatan harus cukup rendah untuk mendukung perkembangan akar di sepanjang profil penutup namun juga harus cukup tinggi untuk mencegah terjadinya genangan di permukaan. Menurut AFCEE (*Air Force Center for Environmental Excellence*) kerapatan yang ideal untuk pertumbuhan akar adalah sebesar 1,1-1,4 mg/m<sup>3</sup>. Kerapatan tanah di atas 1,55 mg/m<sup>3</sup> dapat mengurangi pertumbuhan akar. Sedangkan kerapatan di atas 1,7 mg/m<sup>3</sup> akan menghentikan pertumbuhan akar.

### 2.10.2 Ukuran partikel

Ukuran partikel material *cover soil* akan mempengaruhi laju infiltrasi dan transportasi gas di *landfill*. Dengan ukuran partikel material yang halus maka dapat meminimalkan laju infiltrasi hujan dan memaksimalkan pertukaran oksigen antara atmosfer dan lapisan sampah di *landfill*. Penggunaan material *cover soil*

dengan jumlah ukuran partikel yang lolos saringan nomer 200 ASTM lebih besar dari 35% dapat lebih efektif meminimalkan laju infiltrasi dan mencegah terjadinya erosi di *landfill* (ITRC, 2003).

#### 2.10.3 Permeabilitas

Penutup konvensional dirancang dengan menggunakan material yang memiliki permeabilitas rendah, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi atau menghilangkan infiltrasi curah hujan ke dalam lapisan sampah, sehingga mengurangi potensi kontaminan pada lingkungan sekitarnya. Berdasarkan Peraturan yang dikeluarkan oleh RCRA (*The Resource Conservation and Recovery Act*), nilai permeabilitas yang memadai untuk sistem *cover soil* adalah tidak lebih besar dari  $1 \times 10^{-5}$  cm/s.

#### 2.10.4 Porositas

Ruang pori total atau porositas dalam tanah penting karena akar membutuhkan oksigen dan melalui ruang pori total inilah akar mendapatkan oksigen. Ruang pori total juga bermanfaat selama hujan atau irigasi karena ruang pori total menjadi saluran untuk air dan udara bergerak cepat melalui tanah. *Dry bulk density* sangat mempengaruhi ruang pori total, semakin besar *dry bulk density*, maka ruang pori total semakin besar pula. Ruang pori total juga berkaitan erat dengan permeabilitas, semakin besar ruang pori total maka semakin kecil nilai koefisien permeabilitas.

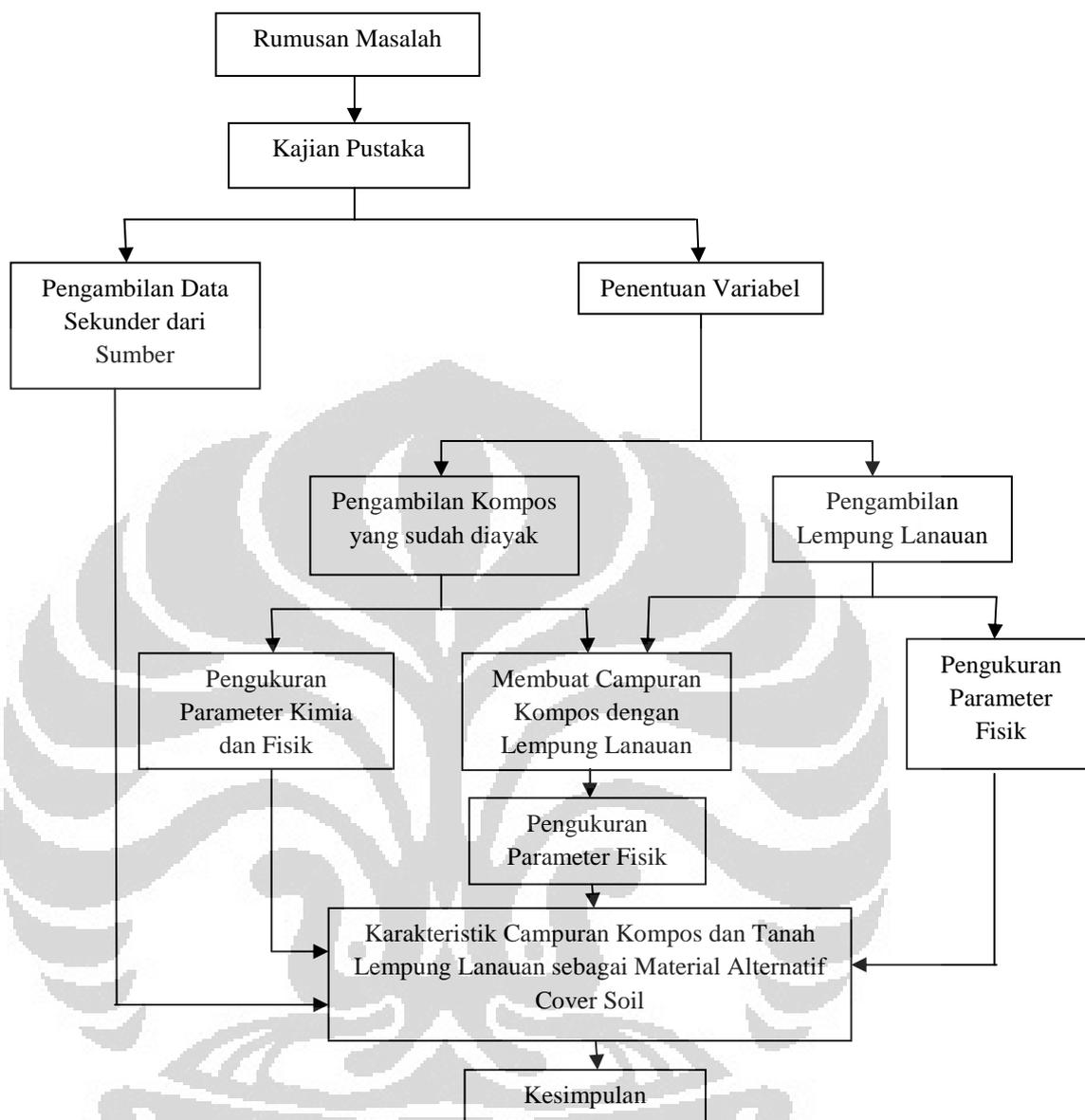
## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Pendekatan penelitian

Ada dua macam pendekatan dalam penelitian yaitu pendekatan kuantitatif dimana peneliti akan bekerja dengan angka-angka sebagai perwujudan gejala yang diamati dan pendekatan kualitatif dimana peneliti akan bekerja dengan informasi-informasi data dan di dalam menganalisanya tidak menggunakan analisa data statistik.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer berasal dari pengujian parameter kimia kompos UPS yakni karbon, nitrogen, fosfor, pH, dan bahan organik, parameter fisik kompos UPS yaitu kadar air, WHC (water holding capacity), analisis butiran, *bulk density*, *compaction*, permeabilitas, *porosity* dan *atteberg limit*, parameter fisik campuran kompos dengan tanah lempung lanauan yakni *bulk density*, *compaction*, permeabilitas, *porosity* dan *atteberg limit* dan parameter fisik tanah lempung lanauan yaitu analisis butiran. Sedangkan data sekunder berupa karakteristik fisik tanah merah dan data fisik sampah Kota Depok seperti timbulan sampah, laju timbulan sampah, dan berat jenis sampah yang digunakan untuk menghitung jumlah produksi kompos UPS Kota Depok. Data sekunder didapatkan dari hasil survey, jurnal, literatur, dan buku. Adapun kerangka pemikiran kerangka penelitian pada penelitian ini digambarkan dalam *flow chart* sebagai berikut :



**Gambar 3.1. Kerangka Penelitian**

Sumber : Hasil Olahan (2011)

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pengujian parameter kimia kompos UPS yang digunakan sebagai campuran, parameter fisik kompos UPS, parameter fisik campuran kompos UPS dengan tanah lempung lanauan yang digunakan untuk *cover soil landfill* dan parameter fisik tanah lempung lanauan. Parameter kimia yang diperiksa dalam penelitian ini yaitu karbon, nitrogen, fosfor, pH, dan bahan organik. Pemeriksaan parameter kimia tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik

Penyehatan Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat. Sedangkan parameter fisik kompos yang diperiksa dalam penelitian ini yaitu kadar air, WHC (*water holding capacity*), analisis butiran, *bulk density*, *compaction*, permeabilitas, *porosity* dan *atteberg limit*. Parameter fisik campuran kompos dan tanah lempung lanauan yang diperiksa yaitu *bulk density*, *compaction*, permeabilitas, *porosity* dan *atteberg limit*. Parameter fisik tanah lempung lanauan yang diperiksa yaitu analisis butiran. Pemeriksaan parameter fisik dilakukan di Laboratorium Teknik Pentehatan Program Studi Teknik Lingkungan dan Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat. Pembuatan campuran kompos dengan tanah lempung lanauan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat. Waktu penelitian berlangsung pada tanggal 30 Januari 2012 hingga 16 Juni 2012.

### **3.3 Variabel Penelitian**

Pada penelitian ini terdapat dua jenis variabel penelitian. Pertama adalah variabel independen sebagai obyek yang difokuskan. Dalam penelitian ini variabel independen adalah karakteristik fisik campuran kompos dengan tanah lempung lanauan. Kedua adalah variabel dependen berupa perbedaan perlakuan. Dalam penelitian ini variabel dependen adalah komposisi campuran kompos dengan tanah merah

### **3.4 Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian ini adalah pada pemeriksaan karakteristik kimia kompos UPS yang akan dijadikan sebagai campuran berupa kadar karbon, nitrogen, fosfor, pH, dan bahan organik, pemeriksaan karakteristik fisik kompos UPS berupa kadar air, *water holding capacity* (WHC), analisis butiran, *compaction*, *bulk density* permeabilitas, *porosity* dan *atteberg limit*, pemeriksaan karakteristik fisik campuran kompos dengan tanah lempung lanauan berupa *compaction*, *bulk density* permeabilitas, *porosity* dan *atteberg limit* dan pemeriksaan karakteristik fisik tanah yaitu analisis butiran.

### 3.4.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian ini mencakup pengambilan bahan yang akan dijadikan campuran untuk *cover soil landfill*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini untuk dijadikan sebagai *cover soil landfill* adalah kompos dan tanah lempung lanauan. Kompos yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang sudah mengalami proses pengayakan. Pengambilan kompos dilakukan di UPS Cilangkap yang mewakili kompos dari produksi 19 UPS di Kota Depok, Jawa Barat. Sedangkan pengambilan tanah lempung lanauan dilakukan di sekitar wilayah Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini diasumsikan mewakili pemakaian tanah yang telah digunakan untuk *cover soil landfill* di TPA Cipayung.

### 3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan pemeriksaan parameter kimia kompos yang digunakan sebagai campuran. 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, pH, bahan organik, dan fosfor. Pemeriksaan parameter kimia kompos ini dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat. Setelah dilakukan pemeriksaan parameter kimia kompos maka dilakukan pemeriksaan parameter fisik kompos berupa kadar air, *water holding capacity* (WHC), analisis butiran, *compaction*, *bulk density* permeabilitas, *porosity* dan *atteberg limit* kemudian dilakukan pula pemeriksaan parameter fisik campuran kompos dengan tanah lempung lanauan berupa *compaction*, *bulk density* permeabilitas, *porosity* dan *atteberg limit* dan pemeriksaan parameter fisik tanah berupa analisis butiran. Tanah yang digunakan sebagai campuran, diasumsikan memiliki karakteristik yang sama seperti tanah yang telah digunakan untuk *cover soil landfill* di TPA Cipayung. Pemeriksaan karakteristik fisik tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan Program Studi Teknik Lingkungan dan Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat. Pembuatan campuran dilakukan

dengan perbedaan komposisi. Perbedaan komposisi campuran dimaksudkan untuk melihat perbedaan karakteristik dari masing-masing campuran sehingga didapatkan komposisi yang paling ideal untuk *cover soil landfill*.

### 3.5 Data Penelitian

Data yang akan diteliti dan dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari 2 (dua) data, yaitu data primer dan data sekunder.

#### 1. Data Primer

Data primer didapat dengan melakukan dua hal yakni :

- Observasi lapangan  
Pendekatan untuk pengumpulan data primer dilakukan dengan cara survey. Observasi lapangan merupakan cara pengumpulan data dengan melakukan survey ke TPA Cipayung, Kota Depok. Observasi lapangan di TPA Cipayung bertujuan untuk mengetahui jenis tanah yang digunakan sebagai *cover soil landfill* di TPA Cipayung.
- Pengukuran dan Pengujian Kualitas 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, pH, bahan organik, dan fosfor.

**Tabel 3.1 Metode Pengujian Parameter Kimia Kompos**

| Parameter | Metode           |
|-----------|------------------|
| C organik | <i>Kurmies</i>   |
| Nitrogen  | <i>Kjedahl</i>   |
| Fosfor    | Spektrofotometri |
| Ph        | Potensiometri    |

Sumber : Hasil Olahan (2011)

- Pemeriksaan Karakteristik Fisik Kompos  
Pemeriksaan karakteristik fisik kompos UPS meliputi kadar air, *water holding capacity* (WHC), ukuran butiran, *compaction*, *bulk density*, porositas, dan permeabilitas dan *atteberg limit*.

Pemeriksaan karakteristik fisik kompos dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan kompos sebagai material *cover soil landfill*. Pemeriksaan karakteristik fisik kompos UPS mengacu pada *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product* dan kriteria sistem *cover soil landfill*.

**Tabel 3.2 Metode Pengujian Parameter Fisik Kompos**

| Parameter                     | Metode                |
|-------------------------------|-----------------------|
| Kadar Air                     | ASTM D 2216-92        |
| <i>Water Holding Capacity</i> | ASTM D-7367-07        |
| Analisis butiran              | ASTM D 422-63 (1990)  |
| <i>Compaction</i>             | ASTM D 698-91         |
| Permeabilitas                 | ASTM D 2434-68 (1994) |
| <i>Atteberg Limit</i>         | ASTM D 4318-10        |
| <i>Shrinkage Limit</i>        | ASTM D 4943-08        |

Sumber : Hasil Olahan (2011)

- **Pemeriksaan Karakteristik Fisik Campuran**

Pemeriksaan karakteristik fisik campuran kompos dengan tanah meliputi *compaction*, *bulk density*, porositas, dan permeabilitas dan *atteberg limit*. Pemeriksaan sifat fisik ini dilakukan pada masing-masing komposisi sehingga dapat dibandingkan untuk mendapatkan komposisi yang ideal sebagai material *cover soil landfill*. Pemeriksaan karakteristik fisik campuran mengacu pada kriteria sistem *cover soil landfill*.

**Tabel 3.3 Metode Pengujian Parameter Fisik Campuran**

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

Sumber : Hasil Olahan (2011)

- **Pemeriksaan Karakteristik Fisik Tanah**

Pemeriksaan karakteristik fisik tanah berupa analisis butiran. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui secara lebih detail jenis tanah yang digunakan dan komposisinya. Hal ini bermanfaat dalam mencari literatur mengenai karakteristik fisik tanah merah yang serupa dengan penelitian ini untuk dibandingkan dengan hasil pemeriksaan karakteristik fisik kompos dan campuran.

## 2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data atau informasi yang diperoleh dari studi literatur, seperti buku-buku, jurnal, makalah, penelitian-penelitian berkaitan sebelumnya, dan dapat juga disebut data yang sudah diolah, meliputi:

- Data yang digunakan sebagai landasan teori dari penelitian, yang diperoleh dari buku-buku, jurnal, makalah, dan lain-lain.
- Data untuk variabel-variabel penelitian diambil dari penelitian yang berkaitan sebelumnya.
- Data karakteristik fisik tanah lempung lanauan yang serupa dengan penelitian ini.
- Data fisik sampah Kota Depok seperti timbulan sampah, laju timbulan sampah, dan berat jenis sampah.

### 3.6 Pengolahan Data

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

- **Perhitungan Kadar Air**

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

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

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

- Perhitungan Koefisien Permeabilitas

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

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

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 :

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

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

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
- $\gamma_d$  = kepadatan kering dari sampel terkompaksi ( $\text{kg/m}^3$ )
- $\gamma_m$  = kepadatan basah dari sampel terkompaksi ( $\text{kg/m}^3$ )

- Perhitungan Porositas

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

(3.5)

Dimana :

- n = porositas
- $\gamma_d$  = unit berat kering
- $\gamma_w$  = 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*

$$\rho = \frac{A}{V}$$

(3.6)

$$\rho_s = \frac{A}{V_p}$$

(3.7)

Dimana :

- $\rho$  = *bulk density*,  $\text{kg/m}^3$

|                |   |
|----------------|---|
| $\rho_s$       | = <i>particle density</i> , kg/m <sup>3</sup> |
| A              | = total massa dari sampel basah               |
| V              | = total volum sampel                          |
| V <sub>p</sub> | = total volum partikel padatan                |

### 3.7 Metode Analisis

Metode analisis kualitas kompos didapat dari data primer pengukuran dan pengujian kualitas kompos terhadap parameter karbon, nitrogen, fosfor, pH, dan bahan organik dengan membandingkan terhadap standar kualitas kompos sesuai SNI 19-7030-2004 berdasarkan fungsi kompos sebagai organik *fertilizer*. Sedangkan berdasarkan fungsi kompos sebagai material *cover soil landfill* parameter kimia kompos tersebut dibandingkan terhadap standar yang ditetapkan oleh *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product*. Analisis karakteristik fisik kompos mengacu pada kriteria sistem *cover soil landfill*. Analisis ini dimaksudkan untuk menguji kelayakan kompos UPS sebagai material *cover soil*. Analisis karakteristik fisik campuran kompos dengan tanah lempung lanauan dilakukan dengan membandingkan masing-masing komposisi untuk setiap parameter fisik yang diperiksa, dan dibandingkan pula dengan karakteristik fisik kompos dan tanah lempung lanauan yang tidak dicampur. Karakteristik tanah yang dibandingkan mewakili penggunaan tanah sebagai *cover soil landfill* di Kota Depok.

**Tabel 3.4. 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    | 2 | 3 | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 |
| 1   | Penentuan judul                         |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| 2   | Studi literatur                         |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| 3   | Konsultasi dengan pembimbing            |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| 4   | Survey lokasi penelitian                |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| 5   | Perizinan pemakaian laboratorium        |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| 6   | Pelaksanaan penelitian                  |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| 7   | Pengolahan dan analisa hasil penelitian |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| 8   | Penyusunan tugas akhir                  |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| 9   | Presentasi tugas akhir                  |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| 10  | Revisi tugas akhir                      |          |   |   |   |         |   |   |   |          |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |

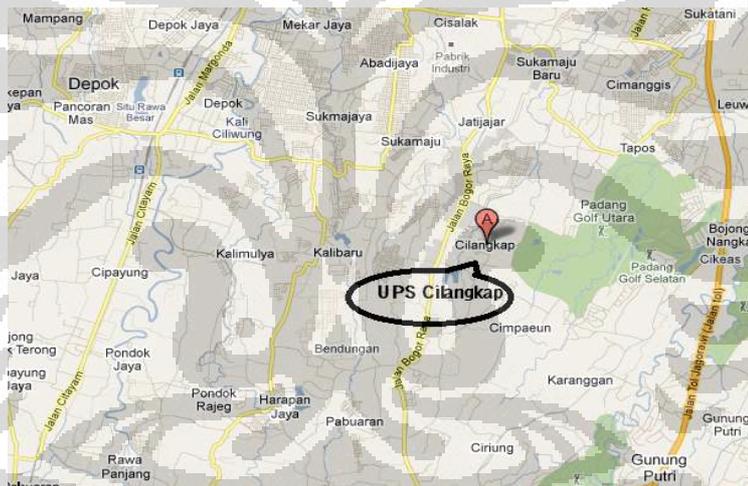
## BAB 4

### GAMBARAN UMUM UPS CILANGKAP

#### 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  $\pm 800$  m. Luas tanah yang digunakan untuk UPS ini adalah  $\pm 2000$  m<sup>2</sup>. 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 : Telah Diolah Kembali dari maps.google.co.id (2011)

UPS Cilangkap berada di dalam pemukiman warga, namun kondisi pemukiman di daerah ini masih sangat jarang. Kondisi umum daerah di sekitar UPS ini masih merupakan tanah – tanah kosong, ada beberapa yang digunakan untuk berkebun, beternak dan sangat sedikit yang dijadikan pemukiman warga. Sekitar  $\pm 300$  m dari UPS ini terdapat pemakaman umum yang cukup luas. UPS Cilangkap ini berada di tengah – tengah kebun luas, sehingga tidak berbatasan langsung dengan pemukiman warga. Jarak terdekat dengan pemukiman warga

adalah  $\pm 100$  m. Jarak UPS Cilangkap dengan TPA Cipayung adalah  $\pm 9$  km. Jalan akses menuju UPS Cilangkap masih berupa tanah dan belum mengalami pengaspalan. Topografi daerah sekitar UPS bergelombang dengan ketinggian yang bervariasi.



**Gambar 4.2. Tampak Luar UPS Cilangkap**

Sumber : Dokumentasi Penelitian (2011)

Kondisi jalan akses yang menuju UPS Cilangkap masih merupakan tanah mengingat daerah sekitar UPS masih sangat jarang pemukiman warga dan banyak yang masih berupa tanah kosong sehingga keadaan jalan di sekitar UPS ini belum mendapatkan perhatian. Topografi daerah sekitar UPS bergelombang dengan ketinggian yang bervariasi. Saat berada di dalam UPS terdapat ruangan kecil yang berukuran  $\pm 12$  m<sup>2</sup> 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  $\pm 6$  m<sup>2</sup> dan sudah terdapat air bersih. Keberadaan air bersih di UPS digunakan untuk kebutuhan mandi dan bersih - bersih sedangkan untuk kebutuhan minum para pekerja disediakan dari air mineral yang dibeli. Listrik di UPS ini juga sudah dapat digunakan hal ini terlihat dengan keberadaan lampu di dalam UPS.

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.

#### **4.2 Kegiatan dan Kelengkapan 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 600m<sup>2</sup> 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.

Kegiatan utama dari UPS yang berlangsung setiap hari adalah sebagai berikut.

a. Pengumpulan

Setiap pagi gerobak-gerobak pengangkut sampah yang membawa sampah dari rumah warga mengumpulkan timbulan sampah-sampah tersebut ke UPS. Volume gerobak sampah yang mengangkut sampah ke UPS cilangkap memiliki volume  $\pm 1$  m<sup>3</sup>. Setiap harinya ada  $\pm 10$  gerobak yang membawa sampah dari berbagai RT ke UPS ini.

b. Pemilahan awal

Proses pemilahan di UPS dilakukan sebanyak 2 kali. Pemilahan awal merupakan pemilahan yang dilakukan sebelum sampah digiling. Sampah yang baru dikumpulkan dari gerobak-gerobak masih tercampur aduk sehingga perlu dipilah terlebih dahulu sebelum masuk ke mesin penggilingan. Hal ini dikarenakan jenis sampah yang dimasukkan ke dalam mesin penggilingan adalah sampah-sampah organik yang merupakan sisa makanan dan sampah rumah tangga lainnya. Sedangkan sampah yang ada terdiri atas berbagai macam jenis sampah yang masih tercampur aduk, sehingga perlu dilakukan pemilihan sebelum digiling.

c. Penggilingan (grinding)

Penggilingan dilakukan dengan tujuan mengurangi volume timbulan sampah dengan cara memperkecil ukuran-ukuran sampah sehingga volume sampah yang dihasilkan lebih sedikit. Walaupun pada hasilnya hanya sedikit sampah yang dapat digiling, karena pada kenyataannya jenis sampah yang dominan adalah sampah plastik dan kertas.

d. Pemilahan sebelum daur ulang

Residu sampah yang tidak dimasukkan maupun yang masuk ke dalam mesin penggiling kemudian dipilah kembali karena masih banyak yang tercampur. Pemilahan ini dilakukan berdasarkan jenis sampah. Pemilahan sampah dibagi ke dalam jenis sampah plastik, sampah kertas, dan kaca. Untuk sampah plastik dan kertas, sebelum diangkut untuk didaur ulang, terlebih dahulu dilakukan proses pemadatan agar volume sampah yang akan diangkut lebih sedikit. Sedangkan, untuk jenis sampah kaca dan botol-botol plastik, setelah dilakukan pemilahan, sampah-sampah tersebut hanya dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam karung dan kemudian dibawa oleh para pengumpul bahan-bahan baku daur ulang.

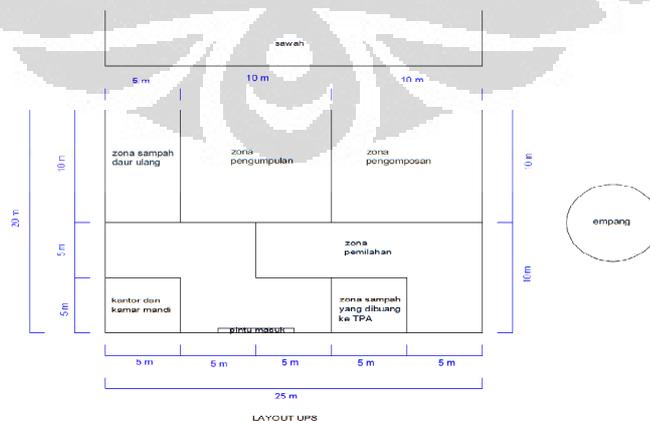
e. Pemadatan

Pemadatan dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi volume sampah sehingga memudahkan proses pengangkutan sampah. Proses pemadatan di UPS ini dilakukan secara manual dengan menggunakan alat pemadat (compactor) sederhana yang terbuat dari kayu berbentuk kotak

dengan ukuran 1m x 0,5m x 0,7m. Pemadatan untuk plastik dan kertas dilakukan dengan langkah yang berbeda, mengingat ukuran dan bentuknya yang berbeda pula. Untuk sampah plastik, sampah dimasukkan dan dipadatkan terlebih dahulu menggunakan plastik yang ukurannya lebih besar. Kemudian, plastik tersebut dimasukkan ke dalam compactor dan dipadatkan hingga terisi penuh, kemudian diikat agar plastik menyatu. Proses pemadatannya terlihat seperti gambar di bawah ini. Sedangkan, untuk pemadatan sampah kertas seperti kardus dan lainnya, kertas langsung dimasukkan ke dalam compactor dengan cara melipat kertas agar muat untuk dimasukkan ke dalam compactor. Bila compactor sudah penuh, maka kertas diikat agar tidak berserakan. Untuk proses pemadatan kertas/kardus terlihat seperti gambar berikut.

#### f. Pengangkutan

Proses terakhir yang terjadi dalam kegiatan operasional UPS adalah proses pengangkutan residu sampah yang tidak terolah. Pengangkutan ini dilakukan sebanyak 1 kali dalam seminggu. Residu sampah yang tidak terolah ini dibawa ke TPA Cipayung. Pengangkutan dilakukan menggunakan truk besar dengan kapasitas pengangkutan setiap minggunya sebanyak 10 m<sup>3</sup>. Selain residu, pengangkutan lainnya yang berlangsung di UPS, yaitu pengangkutan bahan daur ulang seperti, sampah plastik, kertas, dan botol kaca, pengangkutan ini dilakukan oleh pihak pemulung sebanyak seminggu sekali atau dua minggu sekali.



**Gambar 4.3. Layout UPS Cilangkap, Skala 1:100**

Sumber : Hasil Olahan (2011)

**Tabel 4.1 Peruntukan Lahan UPS Cilangkap**

| <b>Areal</b>           | <b>% luas Areal</b> | <b>Luas Areal (m<sup>2</sup>)</b> |
|------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 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 : Hasil Olahan (2011)

**Gambar 4.4. Timbunan Sampah UPS Cilangkap**

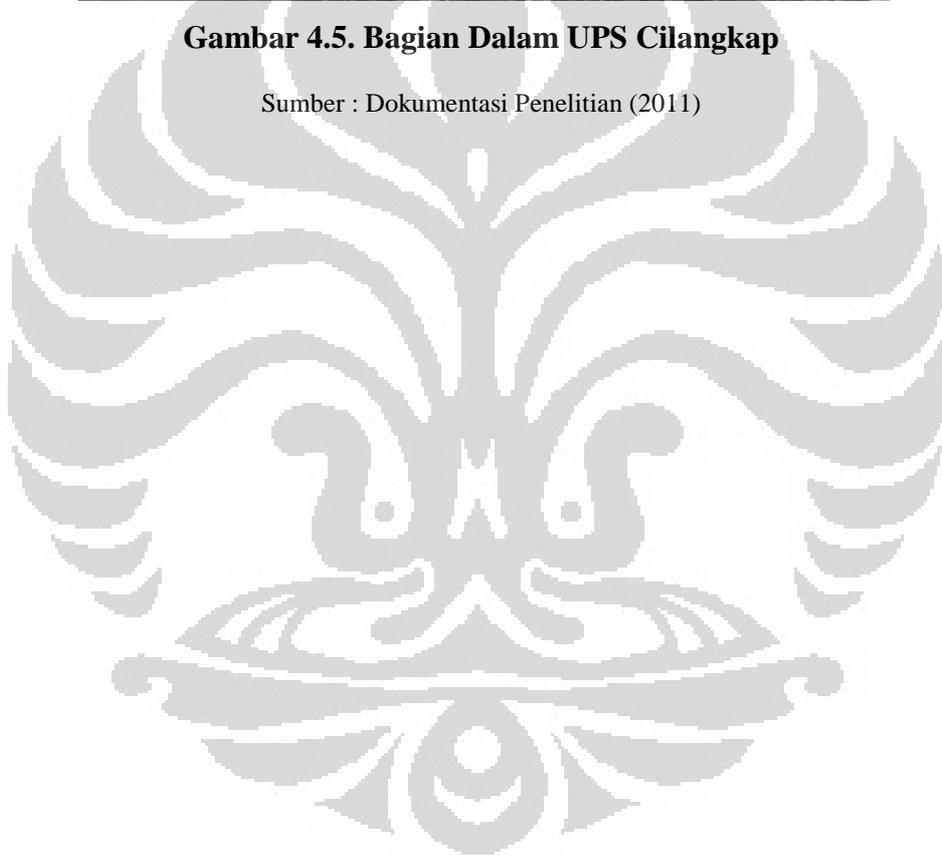
Sumber : Dokumentasi Penelitian (2011)

UPS Cilangkap memiliki 1 buah mesin pencacah dan 1 buah mesin pengayak kompos 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 mengganggu 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 jarring, banyak ditemukan lubang-lubang akibat jarring yang telah rusak.



**Gambar 4.5. Bagian Dalam UPS Cilangkap**

Sumber : Dokumentasi Penelitian (2011)



## BAB 5

### PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

#### 5.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan pelaksanaan penelitian yang terdiri dari studi lapangan, pemeriksaan laboratorium, pengolahan data penelitian, dan analisis data. Tahapan-tahapan tersebut dimulai dari penjelasan tentang bagaimana cara mendapatkan data dan darimana data tersebut didapat serta penjabaran mengenai analisis data penelitian.

**Tabel 5.1 Pengujian Karakteristik**

| Material    | Tipe Pengujian | Parameter Uji           | Metode                |
|-------------|----------------|-------------------------|-----------------------|
| Kompos      | Kimia          | pH                      | Potensiometri         |
|             |                | Fosfor                  | Spektrofotometri      |
|             |                | C organic               | <i>Kurmies</i>        |
|             |                | Nitrogen                | <i>Kjedahl</i>        |
|             |                | Bahan organic           |                       |
|             |                | C : N                   |                       |
|             | Fisik          | Kadar air               | ASTM D 2216-92        |
|             |                | WHC                     | ASTM D-7367-07        |
|             |                | <i>Sieve Analysis</i>   | ASTM D 422-63 (1990)  |
|             |                | <i>Spesific Gravity</i> | ASTM D 854-10         |
|             |                | <i>Atteberg Limit</i>   | ASTM D 4318-10        |
|             |                | <i>Shrinkage Limit</i>  | ASTM D 4943-08        |
|             |                | <i>Compaction</i>       | ASTM D 698-91         |
|             |                | <i>Permeability</i>     | ASTM D 2434-68 (1994) |
| Tanah Merah | Fisik          | <i>Hydrometer</i>       | ASTM E 100-10         |
|             |                | <i>Sieve Analysis</i>   | ASTM D 422-63 (1990)  |
| Campuran    | Fisik          | <i>Spesific Gravity</i> | ASTM D 854-10         |
|             |                | <i>Atteberg Limit</i>   | ASTM D 4318-10        |
|             |                | <i>Shrinkage Limit</i>  | ASTM D 4943-08        |
|             |                | <i>Compaction</i>       | ASTM D 698-91         |
|             |                | <i>Permeability</i>     | ASTM D 2434-68 (1994) |

\*WHC : Water Holding Capacity

Sumber : Hasil Olahan (2012)

## 5.2 Produksi Kompos UPS Kota Depok

Pada penelitian ini data timbulan dan komposisi sampah Kota Depok merupakan data sekunder yang didapatkan dari literatur. Berdasarkan literatur maka diketahui jumlah timbulan sampah kota Depok sebesar 3.764 m<sup>3</sup> (DKP, 2007) dengan jumlah penduduk sebesar 1.420.480 jiwa (DKP, 2007) maka dapat dihitung laju timbulan sampah Kota Depok adalah 2,65 L/org/hari. Berdasarkan data EHRA Kota Depok pada tahun 2011 diketahui sebesar 16,96 % penduduk Kota Depok terlayani untuk pengangkutan sampah. Sementara pada tahun 2011, berat jenis sampah rumah tangga Kota Depok sebesar 151,8 kg/m<sup>3</sup> (Novita, 2011). Dengan laju pertumbuhan penduduk 4,27% (BPS, 2010), jumlah penduduk Kota Depok pada tahun 2011 sebesar 1.810.717 jiwa. Dengan asumsi produksi kompos sebesar 65% dari timbulan sampah organik maka dapat dihitung jumlah kompos yang dihasilkan UPS Kota Depok berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

*produksi kompos*

= Laju timbulan x jumlah penduduk x %pelayanan x %produksi kompos x berat jenis

$$\text{produksi kompos} = \frac{0,00265 \text{ m}^3}{\text{org. hari}} \times 1810717 \text{ org} \times 0,1696 \times 0,65 \times 0,687 \times 151,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{produksi kompos} = 55.165,07 \text{ kg/hari}$$

Keterangan :

Laju timbulan sampah = 2,65 L/org/hari = 0,00265 m<sup>3</sup>/org/hari (Perhitungan Penulis, 2012)

Jumlah penduduk (2011) = 1.810.717 org (Perhitungan Penulis, 2012)

%Pelayanan = 16,96% (ERHA Depok, 2011)

%Sampah Organik = 68,7% dari timbulan sampah total (Perhitungan penulis, 2012)

**Tabel 5.2. Komposisi Sampah UPS Kota Depok**

| UPS                  | % Sampah Organik | % Sampah Anorganik | % Lain-lain |
|----------------------|------------------|--------------------|-------------|
| Bojong Pondok Terong | 67,2             | 24,4               | 8,4         |
| Grogol               | 60,1             | 15,3               | 24,6        |
| Kampung Sasak        | 64,2             | 14,02              | 21,78       |
| Permata Regency      | 60,6             | 20,3               | 19,1        |
| Cilangkap            | 71,04            | 18,3               | 10,66       |
| Jalan Jawa           | 82,6             | 15,2               | 2,2         |
| Pangkalan Jati       | 75,1             | 9,4                | 15,5        |
| <b>Rata-Rata</b>     | <b>68,7</b>      | <b>16,7</b>        | <b>14,6</b> |

Sumber : Hasil Olahan (2012)

### 5.3 Pemeriksaan Karakteristik Kimia dan Fisik Kompos

Pemeriksaan karakteristik kimia dan fisik kompos dilaksanakan di Laboratorium Teknik Penyehatan Program Studi Teknik Lingkungan dan Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat.

#### 5.3.1 Pemeriksaan Karakteristik Fisik Kompos

Gas Rumah Kaca yang dihasilkan *landfill* (karbon dioksida, metana, nitrogen oksida) diproduksi terutama dalam kondisi di bawah oksigen terbatas (anaerob) dan kemudian dilepaskan ke atmosfer melalui tanah penutup *landfill*. Oleh karena itu, material penutup *landfill* harus dirancang untuk memaksimalkan pertukaran oksigen antara atmosfer dan lapisan sampah untuk mempertahankan kondisi aerobik dan oksidasi metana yang tinggi di lapisan penutup *landfill*. Kriteria desain yang direkomendasikan untuk sistem penutup *landfill* juga harus mempertimbangkan hal-hal berikut yaitu (1) meminimalkan infiltrasi curah hujan ke dalam sampah, (2) meningkatkan drainase permukaan yang baik, dan (3) melawan erosi. Selain itu sistem penutup *landfill* juga harus dirancang untuk meminimalkan kontaminan yang terjadi di *landfill* agar dapat melindungi manusia dan lingkungan sekitar.

Karakteristik fisik tanah seperti Kadar air, *water holding capacity*, *dry bulk density*, ukuran partikel, porositas dan *compaction* merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi transportasi gas di *landfill*. Sedangkan permeabilitas mempengaruhi aliran air pada *landfill*. Oleh karena itu perlu dilakukan pemeriksaan karakteristik-karakteristik diatas pada material yang akan dijadikan sebagai *cover soil landfill*.

##### 5.3.1.1 Kadar Air

Berdasarkan pemeriksaan karakteristik fisik kompos diketahui nilai kadar air Kompos UPS Cilangkap sebesar 26,20 %, nilai ini masih memenuhi standar kualitas kompos yang ditetapkan SNI 19-7030-2004 yaitu batas maksimum sebesar 50%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air yang terkandung dalam kompos masih dapat menunjang kehidupan vegetasi. Fungsi air pada kompos adalah untuk melarutkan hara-hara pada kompos sehingga dapat digunakan oleh

tanaman untuk tumbuh. Akan tetapi kadar air yang tinggi pada kompos dapat mengakibatkan hara-hara tersebut tercuci sehingga tidak dapat diserap oleh tumbuhan. Namun berdasarkan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product* untuk kategori *topsoil class A* dan *topsoil class B* yang diperuntukkan bagi *final cover*, standar nilai kadar air yang ditetapkan untuk kompos adalah sebesar 40 % – 60 %, sehingga perlu dilakukan penambahan kadar air pada Kompos UPS Cilangkap agar dapat dijadikan sebagai campuran untuk *topsoil class A* atau *topsoil class B*. Penambahan kompos dalam tanah akan mengurangi kepadatan tanah, nilai kepadatan tanah akan berubah secara proposional seiring penambahan kompos. Sehingga sebagai campuran untuk dijadikan *cover soil* perlu dilakukan penambahan kadar air pada kompos sesuai standar yang telah ditetapkan dengan tujuan meningkatkan kepadatan campuran. Kadar air pada *landfill* merupakan parameter yang penting karena mempengaruhi dekomposisi dan produksi gas *landfill*. Kadar air material *cover soil* berperan dalam produksi gas dan transportasi nutrisi serta bakteri sepanjang *landfill*. Produksi gas meningkat ketika kadar air meningkat, hal ini dikarenakan nutrisi, alkalinitas, pH dan bakteri tidak mudah ditransfer dalam *landfill*, yaitu hanya dapat ditransfer ketika kadar airnya mencukupi.

#### 5.3.1.2 WHC (Water Holding Capacity)

Nilai WHC hasil pemeriksaan karakteristik fisik kompos UPS Cilangkap jika dibandingkan dengan standar SNI 19-7030-2004 maka belum memenuhi standar tersebut. Berdasarkan standar kualitas kompos yang ditetapkan SNI 19-7030-2004 maka nilai WHC yang ideal pada kompos organik adalah minimum sebesar 58 %, sedangkan hasil pemeriksaan kompos UPS Cilangkap hanya memiliki nilai WHC sebesar 29 %, hal ini menunjukkan bahwa nilai WHC kompos UPS Cilangkap dibawah nilai standar yang ditetapkan. Nilai WHC pada kompos menunjukkan kemampuan kompos untuk mengikat air, jika nilai WHC kompos UPS Cilangkap lebih rendah dari standar yang ditetapkan menunjukkan bahwa kompos tersebut memiliki kemampuan yang rendah dalam mengikat air sehingga jika kompos tersebut dialiri air maka sebagian besar air tersebut akan mengalir ke bawah tidak terserap oleh kompos. Namun penambahan kompos

dalam tanah dapat meningkatkan nilai WHC/daya serap tanah terhadap air. Fungsi WHC pada material *cover soil* adalah untuk mengikat atau menyimpan air agar tidak menembus lapisan sampah pada *landfill*. Jika kemampuan material tersebut baik dalam mengikat air maka pada waktu tertentu air tersebut akan hilang melalui proses penguapan. *Water holding capacity* juga bermanfaat untuk meminimalkan laju infiltrasi pada *landfill* sehingga menghambat perkembangan lindi. Berdasarkan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product* untuk kategori *topsoil class A* dan *topsoil class B* yang diperuntukkan bagi *final cover*, tidak ada nilai pasti untuk parameter WHC, hanya dijelaskan bahwa dibutuhkan WHC/daya serap air yang cukup besar untuk campuran *cover soil* ini.

**Tabel 5.3. Perbandingan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik**

| Parameter | Kompos Cilangkap | SNI: 19-7030-2004 |          | Department of Agriculture, Food & Rural Resources | Satuan |
|-----------|------------------|-------------------|----------|---|--------|
|           |                  | Minimum           | Maksimum | Standar   |        |
| Kadar air | 26,2             | -                 | 50       | 40-60   | %      |
| WHC       | 29               | 58                | -        | -   | %      |

Sumber : Hasil Olahan (2012)

#### 5.3.1.3 Ukuran Partikel

Ukuran partikel material penutup *landfill* yang lebih kecil dari cacahan sampah memiliki efek yang menguntungkan pada produksi gas *landfill*. Pengurangan ukuran partikel akan mengakibatkan penambahan luas permukaan *landfill*, sehingga akan lebih membantu pertukaran oksigen antara atmosfer dan lapisan sampah serta meningkatkan produksi gas di *landfill*. Ukuran partikel material yang kecil (halus) memiliki laju infiltrasi yang rendah sehingga lebih tahan terhadap erosi. Dengan ukuran partikel material yang halus maka dapat meminimalkan laju infiltrasi hujan yang terjadi di *landfill*, hal ini akan menguntungkan karena dapat meminimalkan terbentuknya lindi pada *landfill*.

Pemeriksaan ukuran butiran pada kompos UPS sebagai material *cover soil* di *landfill* akan dibandingkan dengan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product* sehingga dapat

memenuhi kriteria desain sebagai *cover soil landfill*. Pemeriksaan ukuran partikel kompos UPS tetap mengacu pada standar kualitas kompos yang ditetapkan SNI 19-7030-2004, hal ini dikarenakan kompos tetap memegang peran sebagai organik fertiliser walaupun digunakan sebagai material *cover soil*. Penggunaan kompos sebagai material *cover soil* seharusnya juga dapat menunjang kehidupan vegetasi di *landfill*

**Tabel 5.4. 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       | 99,13   |
| 8         | 2,36          | 35,67                 | 7,13       | 92,87   |
| 10        | 2             | 26,48                 | 5,30       | 94,70   |
| 18        | 0,84          | 97,37                 | 19,47      | 80,53   |
| 40        | 0,42          | 159,49                | 31,90      | 68,10   |
| PAN       | < 0,42        | 175,75                | 35,15      | 64,85   |
| Total     |               | 500                   | 100        |         |

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa kompos UPS Cilangkap memiliki ukuran partikel bervariasi pada range < 0,42 mm hingga 9.53 mm, dengan sebagian besar partikelnya berukuran di bawah 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 memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dari batas minimum yang diijinkan. Ukuran partikel yang terlalu halus memungkinkan kompos terbawa angin ketika terhampar di atas tanah. Hal ini dapat menyebabkan hilangnya fungsi kompos sebagai *fertilizer*.

Berdasarkan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product*, kompos yang memiliki kualifikasi sebagai material *cover soil* termasuk di dalam kategori *topsoil class A* dan *topsoil class B*, yang peruntukannya sebagai *final cover*. 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"

#### 5.3.1.4 Dry Bulk Density

*Dry Bulk Density* atau kerapatan isi merupakan petunjuk kepadatan tanah. Makin padat suatu tanah maka makin tinggi *dry bulk density*, hal ini mengakibatkan tanah tersebut makin sulit untuk meneruskan air dan makin sulit ditembus akar tanaman. Kerapatan isi lapisan yang bertekstur halus biasanya antara 1,0-1,3 gr/cm<sup>3</sup>. Jika struktur tanah kasar maka kerapatan massa berkisar antara 1,3-1,8 g/cm<sup>3</sup>. *Dry bulk density* merupakan salah satu parameter fisik tanah yang mempengaruhi transportasi gas di landfill. Makin tinggi nilai bulk density tanah maka makin kecil jarak antara pori-pori tanah, hal ini akan menghambat proses transportasi gas yang terjadi di landfill. Nilai *dry bulk density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya bahan organik, tekstur, dan jarak antar pori. Pemberian bahan organik pada tanah dapat menurunkan *dry bulk density* tanah, hal ini disebabkan oleh bahan organik yang ditambahkan mempunyai kerapatan jenis yang lebih rendah

Nilai *dry bulk density* pada pemeriksaan karakteristik fisik kompos sebagai *material cover soil* untuk *landfill* didapatkan dari uji *compaction*. Nilai *dry bulk density* dari hasil uji *compaction* diinterpretasikan dalam kurva *moisture content* terhadap *dry bulk density*.

#### 5.3.1.5 Compaction

Kepadatan tanah erat hubungannya dengan penetrasi akar dan produksi tanaman. Jika terjadi pemadatan tanah maka air dan udara sulit disimpan dan ketersediaannya terbatas dalam tanah menyebabkan terhambatnya pernapasan akar dan penyerapan air dan memiliki unsur hara yang rendah sehingga memiliki

aktivitas mikroorganisme yang rendah. Aktivitas mikroorganisme yang rendah akan menghambat produksi gas di *landfill*. Selain itu pemadatan tanah akan mengakibatkan semakin kecilnya ruang antar pori, hal ini akan menyebabkan transportasi gas di *landfill* terhambat. Sebagai tanah penutup *landfill*, maka material yang akan digunakan harus dirancang untuk memaksimalkan pertukaran oksigen dan oksidasi metana di *landfill*. Pemadatan tanah juga memiliki fungsi untuk mengisolasi lapisan sampah pada *landfill*, hal ini bermanfaat untuk meminimalkan kontaminan yang terjadi di *landfill* sehingga menghambat pertumbuhan vektor dan reseptor penyebab penyakit. Uji *compaction* dilakukan untuk mengetahui tingkat kepadatan yang optimum dari material *cover soil*, agar dapat mendukung proses yang berlangsung di *landfill* dengan tetap mempertahankan kekuatan material tersebut sehingga tidak mudah terjadi longsor.

Kepadatan tanah bergantung pada kadar airnya. Untuk membuat suatu hubungan tersebut, dibuatlah beberapa contoh tanah dengan kadar air yang berbeda-beda, Dalam uji kali ini digunakan 5 sampel, masing-masing dengan kadar air **30%, 35%, 40%, 45%, dan 50%**. Dari uji tersebut kemudian dibuat grafik yang menggambarkan hubungan antara kepadatan dan kadar air, sehingga dari grafik tersebut diperoleh  $\gamma_{dry}$  (*dry bulk density*) maksimum pada kadar air optimumnya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa suatu tanah yang dipadatkan dengan kadar air tanah lebih dari kadar air optimum akan diperoleh nilai kepadatan yang lebih kecil dari  $\gamma_{dry}$  maksimum.

Tabel 5.5. Penentuan Kadar Air Uji *Compaction*

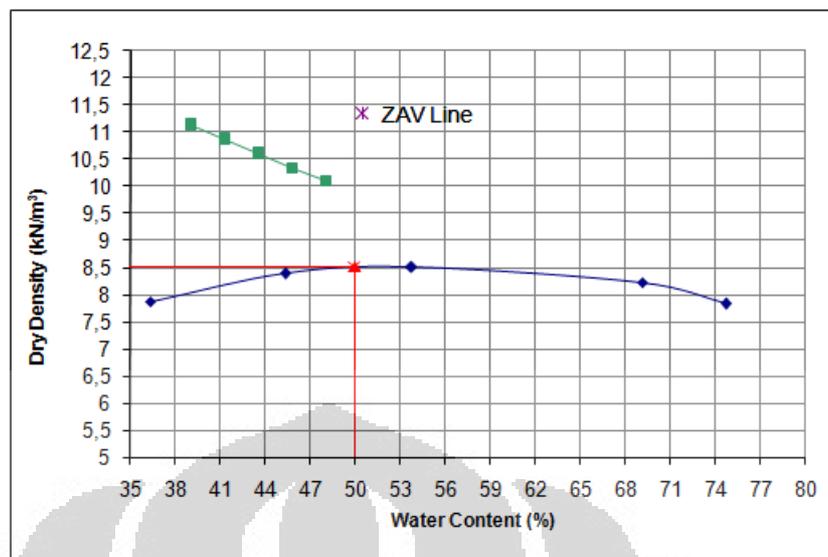
| No. Sampel                    | I        | II       | III      | IV       | V        |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Kadar Air Buatan</b>       | 30%      | 35%      | 40%      | 45%      | 50%      |
| <b>Berat Can+Tanah Basah</b>  | 210,62   | 202,44   | 220,95   | 247,74   | 233,79   |
| <b>Berat Can+Tanah Kering</b> | 159,7    | 145,45   | 150,72   | 154,68   | 143,4    |
| <b>Berat Air</b>              | 50,92    | 56,99    | 70,23    | 93,06    | 90,39    |
| <b>Berat Can</b>              | 19,51    | 19,70    | 19,92    | 19,97    | 22,35    |
| <b>Berat Tanah Kering</b>     | 140,190  | 125,750  | 130,800  | 134,710  | 121,050  |
| <b>Water Content</b>          | 0,363221 | 0,453201 | 0,536927 | 0,690817 | 0,746716 |

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

Tabel 5.6 Penentuan Density Uji *Compaction*

|                                       |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Water Content</b>                  | 36,32% | 45,32% | 53,69% | 69,08% | 74,67% |
| <b>Berat Tanah+Mold</b>               | 2720   | 2860   | 2944   | 3024   | 3002   |
| <b>Berat Mold</b>                     | 1692   | 1692   | 1692   | 1692   | 1692   |
| <b>Berat Tanah di dalam Mold</b>      | 1028   | 1168   | 1252   | 1332   | 1310   |
| <b>Wet density, gr/cm<sup>3</sup></b> | 1,074  | 1,220  | 1,308  | 1,391  | 1,368  |
| <b>Dry Density, gr/cm<sup>3</sup></b> | 0,788  | 0,839  | 0,851  | 0,823  | 0,783  |
| <b>Dry Density, KN/m<sup>3</sup></b>  | 7,876  | 8,395  | 8,508  | 8,228  | 7,833  |
| <b>ZAV, KN/m<sup>3</sup></b>          | 11,125 | 10,853 | 10,594 | 10,348 | 10,112 |

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)



**Gambar 5.1. Grafik Water Content Vs Dry Density Uji Compaction**

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Dari Uji Compaction ini didapatkan nilai kadar air optimum untuk kekuatan material kompos maksimal yaitu sebesar 50%. Kadar air yang didapat adalah hasil dari grafik perbandingan kadar air  $W$  (*water content %*) dengan  $\gamma_{dry}$  (*dry bulk density*). Nilai  $\gamma_{dry}$  adalah nilai kepadatan material kompos dimana nilai ini berasal dari nilai perbandingan antara  $\gamma_{wet}$  tanah dengan kadar air kompos yang telah dipadatkan, ditambahkan satu. Nilai kadar air yang dipakai adalah nilai kadar air kompos yang telah dipadatkan karena kadar air ini merupakan kondisi dimana kandungan udara pada tanah telah dikeluarkan secara mekanis dengan memperkecil pori-pori kompos. Pada nilai kadar air yang rendah, kompos cenderung menjadi kaku dan sukar dipadatkan. Dengan menambahkan kadar air, kompos menjadi lebih mudah dibentuk dan dipadatkan sehingga akan dihasilkan kerapatan kering yang lebih tinggi. Akan tetapi, pada kadar air yang tinggi, kerapatan kering menjadi berkurang sejalan dengan bertambahnya kadar air, hal tersebut disebabkan air tersebut akan mengisi ruang antar pori dan menyebabkan volume kompos bertambah secara proporsional. Sehingga dari uji *compaction* ini akan didapatkan nilai  $\gamma_{dry}$  optimum saat kadar air mencapai optimum.

Pada grafik di atas terdapat pula Zero Air Void Line, yaitu garis yang menggambarkan hubungan antara  $\gamma_{dry}$  dengan kadar air dalam kondisi derajat kejenuhan ( $S_r$ ) 100%, dimana garis ini tidak boleh memotong atau menyinggung grafik perbandingan kadar air ( $W$ ) dan berat isi kering ( $\gamma_{dry}$ ).

### 5.3.1.6 Permeabilitas

Permeabilitas adalah properti tanah yang menunjukkan kemampuan tanah untuk meloloskan air melalui partikel-partikelnya. Tanah dengan permeabilitas tinggi dapat menaikkan laju infiltrasi sehingga menurunkan laju air larian. Penutup konvensional dirancang dengan menggunakan material yang memiliki permeabilitas rendah, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi atau menghilangkan infiltrasi curah hujan ke dalam lapisan sampah, sehingga mengurangi potensi kontaminan pada lingkungan sekitarnya. Pada uji permeabilitas didapatkan nilai  $K_{29}$  yang merupakan nilai permeabilitas  $k$  pada suhu  $29^\circ\text{C}$ . Nilai inilah yang kemudian digunakan untuk mengetahui besarnya permeabilitas suatu material. Nilai  $K_{29}$  juga dikonversikan menjadi  $K_{20}$  untuk mengetahui nilai permeabilitas  $k$  pada suhu standar, yaitu  $20^\circ\text{C}$ . Berikut merupakan perhitungan  $K_{29}$  dan  $K_{20}$  dari hasil uji permeabilitas material kompos UPS:

$$\begin{aligned} K_{29} &= (Q.L) / (A.h.t) \\ &= (1,38 \text{ cm}^3/\text{s} \cdot 23 \text{ cm}) / (176,41 \text{ cm}^2 \cdot 107 \text{ cm} \cdot 60\text{s}) \\ &= 2,8 \times 10^{-5} \text{ cm/s} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi (L)} &= 23 \text{ cm} \\ \text{Beda tinggi (h)} &= 107 \text{ cm} \\ \text{Luas (A)} = D \times L &= 7,67 \text{ cm} \times 23 \text{ cm} = 176,41 \\ \text{Debit air (Q)} &= 83 \text{ mL}/60 \text{ s} = 1,38 \text{ cm}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Untuk menentukan nilai  $\eta_{29}$  dan  $\eta_{20}$  dapat menggunakan grafik  $\eta_T / \eta_{20}$  atau dimasukkan ke persamaan  $y = -0,4963 \ln(x) + 2,4848$  dengan memasukkan  $x = 29$  sehingga didapat nilai  $\eta_{29} / \eta_{20}$  sebesar 0,8136. maka:

$$\begin{aligned} K_{20} &= K_{29} \cdot (\eta_{29} / \eta_{20}) \\ &= 2,8 \times 10^{-5} \text{ m/s} \cdot (0,8136) \\ &= 2,29 \times 10^{-5} \text{ m/s} \end{aligned}$$

Berdasarkan uji permeabilitas yang telah dilakukan maka diketahui kompos UPS memiliki nilai koefisien permeabilitas sebesar  $2,8 \times 10^{-5}$  m/s. Berdasarkan Peraturan yang dikeluarkan oleh RCRA (*The Resource Conservation and Recovery Act*), nilai permeabilitas yang memadai untuk system *cover soil* adalah tidak lebih besar dari  $1 \times 10^{-5}$ . Sehingga berdasarkan standar yang ditetapkan oleh RCRA, kompos UPS tidak dapat digunakan sebagai material *cover soil* secara sendiri melainkan perlu pencampuran dengan material tanah lain.

#### 5.3.1.7 Atterberg Limit

Terdapat empat keadaan dasar tanah berdasarkan kandungan air dalam tanah, yaitu : padat (*solid*), semi-padat (*semi solid*), plastik (*plastic*), dan cair (*liquid*). Kadar air (%) dimana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi-padat didefinisikan sebagai batas susut atau *shrinkage limit*. Kadar air dimana transisi dari keadaan *semi-padat* ke keadaan plastis terjadi dinamakan batas plastis (*plastic limit*) dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*). Batas-batas ini yang dinamakan *atterberg limit*. Atterberg limit berkaitan dengan konsistensi dan kuat geser tanah. Hal inilah yang mendukung untuk dilakukan uji *atterberg limit* pada material *cover soil landfill*. Berdasarkan uji *atterberg limit* yang telah dilakukan maka didapatkan nilai *liquid limit* sebesar 90 % dan *plastic limit* sebesar 60,1 %. Dari nilai *liquid limit* dan *plastic limit* ini maka dapat diketahui nilai indeks plastisitas dengan perhitungan :

$$I_p = LL - PL$$

$$I_p = 90\% - 60,1\%$$

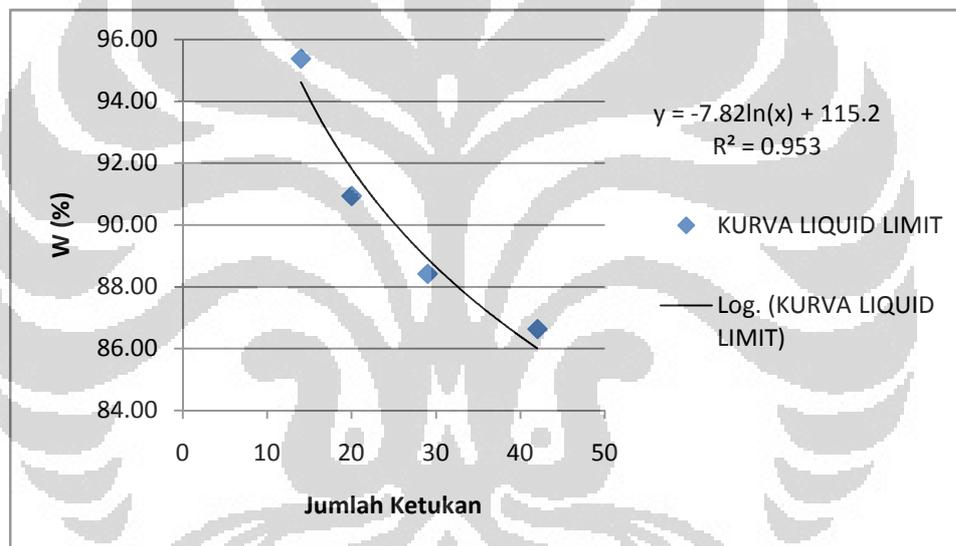
$$I_p = 29,9\%$$

Selain itu dari uji *atterberg limit* didapatkan pula nilai *shrinkage limit* untuk material kompos UPS sebesar 82,48 % dengan *shrinkage ratio* sebesar 108,91 %.

Tabel 5.7. Penentuan Nilai Liquid Limit

| No. Can                     | 1     | 2     | 3     | 4     |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Jumlah Ketukan              | 20    | 14    | 29    | 42    |
| Berat Tanah Basah+Can (gr)  | 40,16 | 40,55 | 48,57 | 47,39 |
| Berat Tanah Kering+Can (gr) | 25,01 | 25,08 | 29,87 | 29,12 |
| Berat Can (gr)              | 8,35  | 8,86  | 8,72  | 8,03  |
| Berat Tanah Kering (gr)     | 16,66 | 16,22 | 21,15 | 21,09 |
| Berat Air (gr)              | 15,15 | 15,47 | 18,70 | 18,27 |
| Kadar Air ( %)              | 90,94 | 95,38 | 88,42 | 86,63 |
| Kadar Air Rata-rata (%)     | 90,34 |       |       |       |

Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 5.2. Grafik Jumlah Ketukan Vs Kadar Air Uji Liquid Limit

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Dari grafik di atas diperoleh persamaan kurva :  $y = -7,82 \ln(x) + 115,2$  maka untuk  $N = 25$ , liquid limit yang didapat sebesar:  $LL = -7,82 \ln(25) + 115,2$   
 $= 90 \%$

Tabel 5.8. Penentuan Plastic Limit

| No. Can                             | 1     |
|-------------------------------------|-------|
| Berat Tanah Basah+Can $w_1$ (gr)    | 40,61 |
| Berat Tanah Kering+Can $w_2$ (gr)   | 30,94 |
| Berat Can $w_3$ (gr)                | 14,85 |
| Berat Tanah Kering $w_2 - w_3$ (gr) | 16,09 |
| Berat Air $w_1 - w_2$ (gr)          | 9,67  |
| Kadar Air (Plastic Limit)           | 60    |

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Tabel 5.9. Penentuan Shrinkage Limit

| No. | Coated Dish   | 1      | 2       |
|-----|---|--------|---------|
| 1   | Berat tanah basah+coated dish<br>$W_{W+C}$ (gr)                               | 49,63  | 37,67   |
| 2   | Berat coated dish<br>$W_C$ (gr)   | 30,61  | 18,16   |
| 3   | Berat Tanah Basah<br>$W_W = W_{W+C} - W_C$ (gr)                               | 19,02  | 19,51   |
| 4   | Berat tanah kering+coated dish<br>$W_{D+C}$ (gr)                              | 40,3   | 28,1    |
| 5   | Berat tanah kering<br>$W_D = W_{D+C} - W_C$ (gr)                              | 9,69   | 9,94    |
| 6   | Berat raksa+coated dish<br>$W_{Hg+C}$ (gr)                                    | 220,45 | 216,168 |
| 7   | Berat raksa<br>$W_{Hg}$ (gr)  | 189,84 | 198,72  |
| 8   | Volume tanah basah ( $V_w$ )<br>$W_{Hg}/13.53$ (gr)                           | 14     | 14,69   |
| 9   | Berat raksa+shrinkage dish<br>$W_{Hg+S}$ (gr)                                 | 762,66 | 762,66  |
| 10  | Berat raksa+shrinkage dish(setelah sub-merging soil cake)<br>$W'_{Hg+S}$ (gr) | 642,72 | 638,72  |
| 11  | Berat raksa yang dipindahkan<br>$(W_{Hg+S}) - (W'_{Hg+S})$ (gr)               | 119,94 | 123,94  |
| 12  | Volume tanah kering ( $V_d$ )<br>$(W'_{Hg})/13.53$                            | 8,86   | 9,16    |
| 13  | Shrinkage Limit<br>SL   | 0,84   | 0,812   |
|     | Rata-rata   | 0,825  |         |
| 14  | Srinkage Ratio<br>SR  | 1,09   | 1,08    |
|     | Rata-rata   | 1,089  |         |

Sumber : Hasil Olahan (2012)

### 5.3.1.6 Porositas

Ruang pori total atau porositas dalam tanah penting karena akar membutuhkan oksigen dan melalui ruang pori total inilah akar mendapatkan oksigen. Ruang pori total juga bermanfaat selama hujan atau irigasi karena ruang pori total menjadi saluran untuk air dan udara bergerak cepat melalui tanah. Ruang pori total meliputi pori-pori besar dan sangat kecil. Pori-pori kecil berkontribusi sedikit untuk pergerakan udara, tetapi banyak air disimpan dalam pori-pori kecil. Dalam struktur tanah yang optimal, pori-pori besar dan kecil yang terhubung sehingga air dan udara dapat bergerak bebas. *Dry bulk density* sangat mempengaruhi ruang pori total, semakin besar *dry bulk density*, maka ruang pori total semakin besar pula. Ruang pori total juga berkaitan erat dengan permeabilitas, semakin besar ruang pori total maka semakin kecil nilai koefisien permeabilitas. Ruang pori total dapat dihitung dari kerapatan isi (*dry bulk density*) dan kerapatan partikel. Berdasarkan pemeriksaan karakteristik fisik kompos UPS maka didapatkan nilai ruang pori total kompos sebesar 21,77 % dengan perhitungan sebagai berikut :

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

$$\text{Ruang pori total} = \left(1 - \frac{0,852}{1,09}\right) \times 100\%$$

$$\text{Ruang pori total} = 21,77$$

Tabel 5.10. Data Pemeriksaan Karakteristik Fisik Kompos UPS Cilangkap

| Parameter Uji                 | Nilai                 | Satuan             |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------|
| <i>Kadar Air</i>              |                       |                    |
| Kadar Air                     | 26,20                 | %                  |
| <i>Water Holding Capacity</i> |                       |                    |
| <i>Water Holding Capacity</i> | 29,00                 | %                  |
| <i>Specific Gravity</i>       |                       |                    |
| <i>Specific Gravity</i>       | 1,9655                |                    |
| <i>Compaction</i>             |                       |                    |
| Kadar air optimum             | 50                    | %                  |
| $\Gamma_{wet}$                | 1,278                 | gr/cm <sup>3</sup> |
| $\Gamma_{dry}$                | 0,852                 | gr/cm <sup>3</sup> |
| <i>Permeabilitas</i>          |                       |                    |
| K                             | $2,8 \times 10^{-5}$  | cm/s               |
| T                             | 29                    | °c                 |
| K20                           | $2,29 \times 10^{-5}$ | cm/s               |
| <i>Atterberg Limit</i>        |                       |                    |
| <i>Liquid Limit</i>           | 90                    | %                  |
| <i>Plastic Limit</i>          | 60,1                  | %                  |
| <i>Plasticity Index</i>       | 29,9                  |                    |
| <i>Shrinkage Limit</i>        | 82,48                 | %                  |
| <i>Shrinkage Ratio</i>        | 108,91                | %                  |
| <i>Porositas</i>              |                       |                    |
| <i>Bulk Density</i>           | 0,852                 | gr/cm <sup>3</sup> |
| <i>Particle Density</i>       | 1,09                  | gr/cm <sup>3</sup> |
| Bahan Padat Tanah             | 78,23                 | %                  |
| Ruang Pori Total              | 21,77                 | %                  |

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

### 5.3.2 Pemeriksaan Karakteristik Kimia Kompos

Pemeriksaan karakteristik kimia kompos dilakukan untuk mengetahui potensi kompos sebagai *organik fertilizer*. Hal ini dikarenakan kompos yang akan dicampur dengan material tanah akan digunakan sebagai media tanam bagi tumbuhan pada *cover soil landfill*. Keberadaan vegetasi atau tumbuhan pada *cover soil* dapat bermanfaat untuk mencegah terjadinya erosi pada landfill. Selain itu keberadaan tumbuhan juga dapat meminimalkan laju infiltrasi pada *landfill*, hal

ini disebabkan akar pada tumbuhan dapat menyimpan air terutama saat curah hujan tinggi sehingga pergerakan air dapat dikendalikan. Kelayakan kompos sebagai penunjang kehidupan vegetasi diketahui dengan membandingkan hasil pemeriksaan karakteristik kimia kompos dengan dengan standar kualitas kompos di SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik.

**Tabel 5.11. Perbandingan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Kimia Kompos UPS**

| Parameter     | Kompos Cilangkap | SNI: 19-7030-2004 |          |        |
|---------------|------------------|-------------------|----------|--------|
|               |                  | Minimum           | Maksimum | Satuan |
| pH            | 6,82             | 6,8               | 7,49     |        |
| Fosfor        | 2,32             | 0,1               | -        | %      |
| C organik     | 17,78            | 9,8               | 32       | %      |
| Nitrogen      | 1,58             | 0,4               | -        | %      |
| Bahan Organik | 30,58            | 27                | 58       | %      |
| C : N         | 11,22            | 10                | 20       |        |

Sumber : Hasil Olahan (2012)

#### 5.3.2.1 pH

Berdasarkan standar kualitas kompos yang ditetapkan SNI 19-7030-2004 ditetapkan nilai minimum untuk parameter pH sebesar 6,48 dan nilai maksimum sebesar 7,49 sedangkan dari hasil pemeriksaan karakteristik kompos UPS Cilangkap didapatkan hasil pH kompos UPS sebesar 6,82. Nilai ini telah memenuhi yang ditetapkan oleh SNI 19-7030-2004. Sedangkan berdasarkan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product* untuk kategori *topsoil class A* dan *topsoil class B*, standar untuk parameter pH yang dianjurkan adalah antara 6,1 sampai 7,8, sehingga kompos UPS yang diuji juga telah memenuhi standar *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* baik untuk kategori *topsoil class A* ataupun *topsoil class B*. Pada landfill pH optimum yang dibutuhkan adalah mendekati netral, hal ini dibutuhkan untuk proses *anaerobic digestion*. Pada pH optimum tersebut bakteri methanogenesis dapat tumbuh dengan kecepatan tinggi sehingga menghasilkan gas *methane* secara maksimal.

#### 5.3.2.2 Fosfor

Kadar fosfor pada Kompos UPS Cilangkap yang telah diuji memenuhi standar kualitas kompos yang ditetapkan SNI 19-7030-2004 yaitu sebesar 2,32%. Fosfor memiliki fungsi untuk pengangkutan energi hasil metabolisme dalam tanaman, dan merangsang pembuahan, pertumbuhan akar, pembentukan biji, dan pembelahan sel serta jaringan sel. Keberadaan fosfor menunjang fungsi kompos sebagai organik fertilizer. Jika dibandingkan dengan standar kualitas kompos yang ditetapkan SNI 19-7030-2004 maka kompos UPS yang diuji seharusnya telah memenuhi fungsi sebagai organik fertilizer dengan kandungan fosfor yang sesuai standar. Sedangkan sebagai material cover soil untuk landfill, berdasarkan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* tidak dijelaskan standar yang mengatur batasan kandungan fosfor pada kompos. Bakteri di landfill memerlukan berbagai nutrisi untuk pertumbuhan, terutama karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan fosfor tetapi juga sejumlah kecil natrium, kalium, belerang, kalsium, magnesium, dan logam lainnya. Nutrisi tertentu yang dibutuhkan tidak hanya dalam jumlah yang cukup tetapi dalam rasio tertentu juga. Semakin besar kuantitas nutrisi yang mudah 'dicerna', semakin besar tingkat produksi gas di landfill.

#### 5.3.2.3 C organik

Kandungan karbon organik pada kompos UPS yang diuji telah memenuhi standar kualitas kompos yang ditetapkan SNI 19-7030-2004, yaitu berada pada rentang 9,8 % sampai 32%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan karbon organik pada kompos UPS yang diuji seharusnya dapat menunjang fungsi kompos sebagai organik fertilizer. Karbon organik merupakan salah satu nutrisi penting yang dibutuhkan vegetasi untuk tumbuh dan berkembang. Fungsi karbon organik adalah sumber energi dan membantu metabolisme untuk mensintesis komponen sel. Keberadaan karbon organik sebagai nutrisi juga dibutuhkan dalam landfill untuk menunjang segala proses yang berlangsung terutama produksi gas. Fungsi kompos sebagai material cover soil diharapkan dapat menunjang kehidupan vegetasi yang tumbuh di landfill serta mendukung segala proses yang berlangsung dalam landfill untuk menjaga keseimbangan didalamnya.

#### 5.3.2.4 Nitrogen

Nitrogen berfungsi mempercepat tanaman, memperbesar ukuran daun, mempengaruhi fotosintesis daun, dan merangsang pertumbuhan vegetatif. Nitrogen merupakan unsur penting dari protoplasma, protein, dan asam amino. Kandungan nitrogen dalam kompos yang diuji telah memenuhi standar kualitas kompos yang ditetapkan SNI 19-7030-2004, yaitu di atas batas minimum 0,4 %. Keberadaan nitrogen dalam kompos yang telah sesuai standar seharusnya dapat mendukung fungsi kompos sebagai organik fertilizer sehingga dapat menunjang kehidupan vegetasi yang tumbuh di landfill. Keberadaan nitrogen juga dibutuhkan untuk mendukung segala proses yang berlangsung dalam landfill. Sebagai salah satu nutrisi penting bagi pertumbuhan, nitrogen dibutuhkan oleh bakteri yang hidup di landfill untuk menghasilkan gas. Keseimbangan *landfill* juga didukung oleh keberadaan nutrisi yang ada dalam material *cover soil*.

#### 5.3.2.5 C : N

Dari banyak unsur yang dibutuhkan untuk dekomposisi mikroba, karbon dan nitrogen yang paling penting. Karbon menyediakan baik sumber energi dan membentuk sekitar 50 persen dari massa sel mikroba. Nitrogen merupakan komponen penting dari protein, asam nukleat, asam amino, enzim dan co-enzim yang diperlukan untuk pertumbuhan sel dan fungsi. Kedua unsur tersebut dibutuhkan untuk menunjang kehidupan vegetasi di landfill dan mendukung segala proses yang terjadi di dalam landfill. Untuk memberikan jumlah yang optimal dari dua elemen penting tersebut, maka digunakan rasio karbon-nitrogen (C / N). Rasio C / N yang ideal berdasarkan standar kualitas kompos yang ditetapkan SNI 19-7030-2004 adalah sebesar 10 pada batas minimum dan 20 pada batas maksimum. Maksud dari angka 10 dan 20 pada standar tersebut adalah 10 bagian karbon untuk setiap nitrogen bagian berat dan 20 bagian karbon untuk setiap nitrogen bagian berat. Pada rasio yang lebih rendah, nitrogen akan dipasok lebih dan akan hilang sebagai gas amonia, yang menyebabkan bau yang tidak diinginkan. Rasio yang lebih tinggi berarti bahwa tidak ada nitrogen yang cukup untuk pertumbuhan yang optimal dari populasi mikroba.

#### 5.4 Pemeriksaan Karakteristik Fisik Tanah

Pemeriksaan karakteristik fisik tanah yang dilakukan yaitu pemeriksaan ukuran butiran tanah (hydrometer dan sieve analysis). Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah yang berdiameter 4.76 mm sampai 0.074 mm (lolos saringan No. 4 ASTM dan tertahan saringan No. 200) dan mengetahui jenis tanah yang diuji (*clay, silt atau sand*).

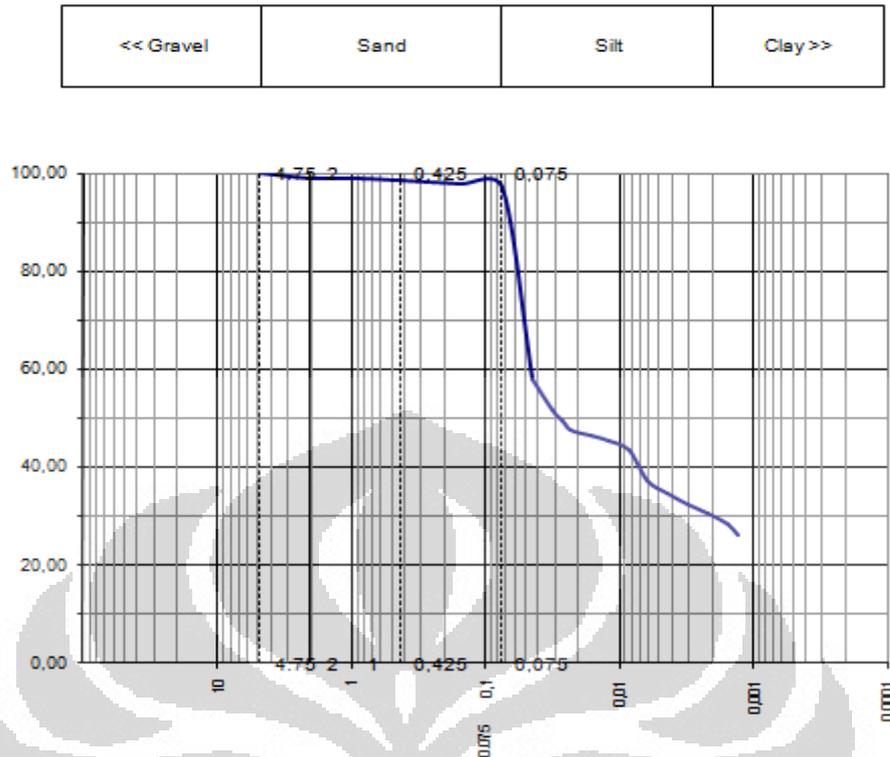
Sifat-sifat suatu tanah tertentu banyak tergantung pada ukuran butirannya. Ukuran butiran menentukan klasifikasi macam tanah tersebut. Untuk butiran yang kasar dipakai metode sieving dalam penentuan distribusi ukurannya. Tanah dikeringkan dan disaring pada serangkaian saringan dengan ukuran diameter kisi saringan tertentu mulai dari yang kasar hingga yang halus. Dengan demikian butiran tanah terpisah menjadi beberapa bagian dengan batas ukuran yang diketahui.

**Tabel 5.12. Data Pemeriksaan Ukuran Partikel Tanah**

| No. Sieve | Diameter (mm) | Berat Tertahan (gram) | % Tertahan | % Lolos |
|-----------|---------------|-----------------------|------------|---------|
| 4         | 4,75          | 0                     | 0          | 100     |
| 10        | 2             | 0,39                  | 0,78       | 99,22   |
| 18        | 0,84          | 0,1                   | 0,2        | 99,02   |
| 40        | 0,42          | 0,24                  | 0,48       | 98,54   |
| 100       | 0,15          | 0,3                   | 0,6        | 97,94   |
| 200       | 0,075         | 0,37                  | 0,74       | 97,2    |
| Pan       | < 0,075       | 0,05                  | 0,1        | 99,9    |

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan pemeriksaan ukuran butiran yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa tanah yang diuji memiliki ukuran partikel bervariasi pada range < 0,075 mm hingga 4,75 mm, dengan sebagian besar partikelnya berukuran 2 mm yaitu sebesar 78%.



**Gambar 5.3. Grafik Distribusi Butiran**

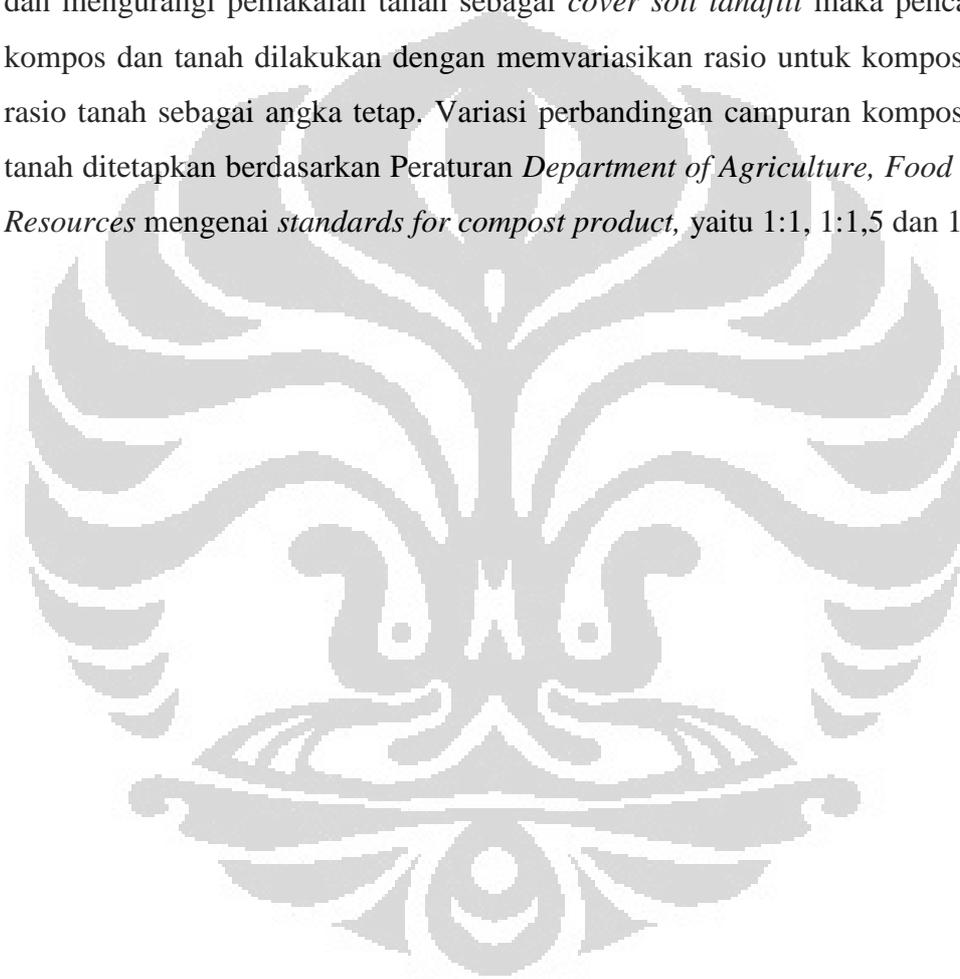
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Tanah yang terdapat di alam pada kenyataannya terdiri atas bermacam-macam ukuran partikel. Kondisi ini menghasilkan bentuk distribusi ukuran partikel yang beragam. Bentuk kurva distribusi ukuran partikel tanah tergantung pada rentang dan jumlah dari variasi ukuran partikel contoh tanah uji. Hal ini juga dipengaruhi oleh proses pembentukan tanah dan metode pengangkutannya. Tanah bergradasi baik (well graded) memiliki rentang distribusi ukuran partikel yang relatif lebih luas sehingga menghasilkan kurva distribusi yang lurus dan panjang. Untuk tanah yang seragam (uniform soil), distribusi partikel-partikelnya memiliki ukuran yang relatif sama, sedangkan tanah yang bergradasi buruk (gap graded atau poorly graded) memiliki distribusi ukuran partikel yang terputus sehingga tidak terdapat ukuran partikel antara butir kasar dan halus.

Berdasarkan kurva hasil pemeriksaan ukuran butiran tanah yang dilakukan diketahui komposisi tanah yang diuji terdiri **silt 66,7%, clay 30,49% dan sand 2,8%** dan tanah tersebut termasuk tanah uniform karena distribusi tanahnya lebih banyak pada silt.

### 5.5 Pemeriksaan Karakteristik Fisik Campuran

Pencampuran kompos dengan tanah untuk dijadikan sebagai material *cover soil* dilakukan dengan tujuan untuk menguatkan karakteristik fisik kompos sebagai bagian dari mekanika tanah agar dapat menunjang keberlangsungan *landfill*. Kompos sebagai material *cover soil* tidak hanya dirancang memiliki fungsi sebagai organik fertilizer tetapi juga harus dapat menopang keberadaan *landfill*. Dengan mengacu pada tujuan di awal yaitu memanfaatkan kompos UPS dan mengurangi pemakaian tanah sebagai *cover soil landfill* maka pencampuran kompos dan tanah dilakukan dengan memvariasikan rasio untuk kompos dengan rasio tanah sebagai angka tetap. Variasi perbandingan campuran kompos dengan tanah ditetapkan berdasarkan Peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standards for compost product*, yaitu 1:1, 1:1,5 dan 1:2



Tabel 5.13. Data Pemeriksaan Karakteristik Fisik Campuran

| Parameter Uji           | Nilai                   |                       |                       | Satuan             |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
|                         | <i>Spesific Gravity</i> |                       |                       |                    |
|                         | <b>(1 : 1)</b>          | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                    |
| <i>Specific Gravity</i> | 2,17                    | 2,35                  | 2,16                  |                    |
|                         | <i>Compaction</i>       |                       |                       |                    |
|                         | <b>(1 : 1)</b>          | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                    |
| Kadar Air Optimum       | 39,95                   | 45,87                 | 42,51                 | %                  |
| $\Gamma_{wet}$          | 1,58                    | 1,60                  | 1,52                  | gr/cm <sup>3</sup> |
| $\Gamma_{dry}$          | 1,13                    | 1,10                  | 1,07                  | gr/cm <sup>3</sup> |
|                         | <i>Permeabilitas</i>    |                       |                       |                    |
|                         | <b>(1 : 1)</b>          | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                    |
| K                       | $2,45 \times 10^{-6}$   | $3,24 \times 10^{-6}$ | $5,99 \times 10^{-6}$ | cm/s               |
| T                       | 29                      | 29                    | 29                    | °c                 |
| K20                     |                         |                       |                       | cm/s               |
|                         | <i>Atteberg Limit</i>   |                       |                       |                    |
|                         | <b>(1 : 1)</b>          | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                    |
| <i>Liquid Limit</i>     | 85,54                   | 74,92                 | 72,63                 | %                  |
| <i>Plastic Limit</i>    | 54,51                   | 53,77                 | 53,76                 | %                  |
| <i>Plasticity Index</i> | 31,02                   | 21,15                 | 18,88                 |                    |
|                         | <i>Atteberg Limit</i>   |                       |                       |                    |
|                         | <b>(1 : 1)</b>          | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                    |
| <i>Shrinkage Limit</i>  | 29,5                    | 38                    | 37                    | %                  |
| <i>Shrinkage Ratio</i>  | 128                     | 118                   | 108                   | %                  |
|                         | <i>Porositas</i>        |                       |                       |                    |
|                         | <b>(1 : 1)</b>          | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                    |
| <i>Bulk Density</i>     | 1,13                    | 1,09                  | 1,06                  | gr/cm <sup>3</sup> |
| <i>Particle Density</i> | 1,28                    | 1,18                  | 1,08                  | gr/cm <sup>3</sup> |
| Bahan Padat Tanah       | 88,28                   | 92,37                 | 98,15                 | %                  |
| Ruang Pori Total        | 11,72                   | 7,63                  | 1,85                  | %                  |

Sumber : Hasil Olahan (2012)

### 5.5.1 Specific Gravity

Berat jenis (specific gravity) tanah adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu. Uji *specific gravity* dilakukan karena digunakan dalam perhitungan - perhitungan mekanika tanah untuk mengetahui karakteristik fisik material yang

akan dijadikan sebagai *cover soil*. Pada uji specific gravity yang telah dilakukan didapatkan nilai yang berbeda untuk ketiga campuran, yaitu (1) 2,17 untuk campuran dengan komposisi 1:1, (2) 2,35 untuk campuran dengan komposisi 1:1,5, dan (3) 2,16 untuk campuran dengan komposisi 1:2.

#### 5.5.2 Compaction

Berdasarkan uji *compaction* yang telah dilakukan pada masing-masing komposisi campuran, maka didapatkan nilai dry bulk density yaitu (1) komposisi 1:1 sebesar 1,13 gr/cm<sup>3</sup>, (2) komposisi 1:1,5 sebesar 1,09, dan (3) komposisi 1:2 sebesar 1,06. Dari hasil uji *compaction* ketiga komposisi dapat terlihat bahwa nilai *dry bulk density* semakin menurun seiring dengan peningkatan rasio kompos dalam campuran. Komposisi 1:1 dengan rasio kompos paling kecil memiliki nilai *dry bulk density* paling besar dibandingkan dengan dua komposisi lainnya.

#### 5.5.3 Permeabilitas

Berdasarkan uji permeabilitas pada ketiga komposisi campuran didapatkan nilai koefisien permeabilitas sebagai berikut : (1)  $2,45 \times 10^{-6}$  cm/s untuk komposisi 1:1 (2)  $3,24 \times 10^{-6}$  cm/s untuk komposisi 1:1,5, dan (3)  $5,99 \times 10^{-6}$  cm/s untuk komposisi 1:2. Dari ketiga nilai koefisien permeabilitas tersebut dapat terlihat bahwa semakin besar rasio kompos pada komposisi campuran maka semakin besar pula nilai koefisien permeabilitasnya. Sedangkan berdasarkan kriteria sistem *cover soil landfill* dibutuhkan nilai koefisien permeabilitas yang rendah untuk material *cover soil*, yaitu tidak lebih dari  $1 \times 10^{-5}$  cm/s. Pada uji permeabilitas ketiga komposisi campuran, komposisi 1:1 memiliki nilai koefisien permeabilitas paling kecil.

#### 5.5.4 Atteberg Limit

Berdasarkan uji *atteberg limit* untuk ketiga komposisi campuran, maka didapatkan nilai indeks plastisitas yaitu (1) 31,02 untuk komposisi 1:1, (2) 21,15 untuk komposisi 1:1,5, dan (3) 18,88 untuk komposisi 1:1,2 dan nilai rasio susut yaitu (1) 128% untuk komposisi 1:1, (2) 118% untuk komposisi 1:1,5, dan (3) 108% untuk komposisi 1:2. Nilai indeks plastisitas untuk ketiga komposisi campuran semakin menurun seiring peningkatan rasio kompos pada campuran dengan komposisi 1:1 memiliki indeks plastisitas paling besar, begitu pula pada

nilai rasio susut ketiga komposisi, semakin menurun seiring peningkatan rasio kompos pada campuran.

#### 5.5.5 Porositas

Berdasarkan hasil olah data dari uji *compaction* dan *atteberg limit* maka didapatkan nilai porositas untuk ketiga komposisi campuran yaitu (1) 11,72% untuk komposisi 1:1, (2) 7,63% untuk komposisi 1:1,5, dan 1,85% untuk komposisi 1:2. Dari nilai porositas untuk ketiga komposisi campuran maka terlihat semakin besar rasio kompos pada campuran akan semakin kecil nilai porositasnya. Telah dibahas sebelumnya bahwa porositas memiliki hubungan yang erat dengan permeabilitas yaitu semakin besar porositas maka semakin kecil nilai koefisien permeabilitas dan hal ini telah dibuktikan dalam penelitian ini yaitu saat terjadi penurunan nilai porositas pada ketiga komposisi campuran seiring dengan peningkatan rasio kompos pada campuran maka terjadi pula peningkatan nilai koefisien permeabilitas.

### 5.6 Hasil Analisis Komposisi Campuran

Untuk mengetahui komposisi campuran kompos dengan tanah yang optimal sebagai material *cover soil landfill* maka dilakukan perbandingan karakteristik fisik campuran dengan material kompos serta tanah dengan mengacu pada kriteria desain sistem *cover soil* yaitu (1) meminimalkan kontaminan terlepas ke lingkungan, (2) meminimalkan infiltrasi curah hujan ke dalam sampah, (3) meningkatkan drainase permukaan yang baik, (4) melawan erosi, dan (5) memaksimalkan pertukaran oksigen antara atmosfer dengan lapisan sampah.

Tabel 5.14. Perbandingan Karakteristik Fisik Komposisi Campuran

| Parameter Uji           | Nilai                 |                       |                       |                       | Satuan                |                    |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
|                         | <b>*Kompos</b>        | <b>*Campuran</b>      |                       |                       | <b>**Tanah</b>        |                    |
|                         |                       | <b>(1 : 1)</b>        | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                       |                    |
| <i>Specific Gravity</i> | 1,9655                | 2,17                  | 2,35                  | 2,16                  | 2,665                 |                    |
| <i>Compaction</i>       |                       |                       |                       |                       |                       |                    |
|                         | <b>*Kompos</b>        | <b>*Campuran</b>      |                       |                       | <b>**Tanah</b>        |                    |
|                         |                       | <b>(1 : 1)</b>        | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                       |                    |
| Kadar Air Optimum       | 50                    | 39,95                 | 45,87                 | 42,51                 | 45,85                 | %                  |
| $\Gamma_{wet}$          | 1,278                 | 1,58                  | 1,6                   | 1,52                  |                       | gr/cm <sup>3</sup> |
| $\Gamma_{dry}$          | 0,852                 | 1,13                  | 1,1                   | 1,07                  | 1,12                  | gr/cm <sup>3</sup> |
| <i>Permeabilitas</i>    |                       |                       |                       |                       |                       |                    |
|                         | <b>*Kompos</b>        | <b>*Campuran</b>      |                       |                       | <b>**Tanah</b>        |                    |
|                         |                       | <b>(1 : 1)</b>        | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                       |                    |
| K                       | $2,8 \times 10^{-5}$  | $2,45 \times 10^{-6}$ | $3,24 \times 10^{-6}$ | $5,99 \times 10^{-6}$ | $1,34 \times 10^{-7}$ | cm/s               |
| T                       | 29                    | 29                    | 29                    | 29                    | 29                    | °c                 |
| K20                     | $2,29 \times 10^{-5}$ |                       |                       |                       | $1,09 \times 10^{-7}$ | cm/s               |
| <i>Atteberg Limit</i>   |                       |                       |                       |                       |                       |                    |
|                         | <b>*Kompos</b>        | <b>*Campuran</b>      |                       |                       | <b>**Tanah</b>        |                    |
|                         |                       | <b>(1 : 1)</b>        | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                       |                    |
| <i>Liquid Limit</i>     | 90                    | 85,54                 | 74,92                 | 72,63                 |                       | %                  |
| <i>Plastic Limit</i>    | 60,09                 | 54,51                 | 53,77                 | 53,76                 |                       | %                  |
| <i>Plasticity Index</i> | 29,91                 | 31,02                 | 21,15                 | 18,88                 |                       |                    |
| <i>Shrinkage Limit</i>  | 82,48                 | 29,5                  | 38                    | 37                    |                       | %                  |
| <i>Shrinkage Ratio</i>  | 108,91                | 128                   | 118                   | 108                   |                       | %                  |
| <i>Porositas</i>        |                       |                       |                       |                       |                       |                    |
|                         | <b>*Kompos</b>        | <b>*Campuran</b>      |                       |                       | <b>**Tanah</b>        |                    |
|                         |                       | <b>(1 : 1)</b>        | <b>(1 : 1,5)</b>      | <b>(1 : 2)</b>        |                       |                    |
| <i>Bulk Density</i>     | 0,852                 | 1,13                  | 1,09                  | 1,06                  | 1,12                  | gr/cm <sup>3</sup> |
| <i>Particle Density</i> | 1,09                  | 1,28                  | 1,18                  | 1,08                  |                       | gr/cm <sup>3</sup> |

| Porositas         |         |           |           |         |         |   |
|-------------------|---------|-----------|-----------|---------|---------|---|
|                   | *Kompos | *Campuran |           |         | **Tanah |   |
|                   |         | (1 : 1)   | (1 : 1,5) | (1 : 2) |         |   |
| Bahan Padat Tanah | 78,23   | 88,28     | 92,37     | 98,15   |         | % |
| Ruang Pori Total  | 21,77   | 11,72     | 7,63      | 1,85    |         | % |

\* sumber : Hasil Olahan (2012)

\*\*sumber : Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil, Universitas Indonesia (2012)

Berdasarkan pemeriksaan karakteristik fisik campuran kompos dengan tanah lempung lanauan yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa semakin besar rasio kompos dalam campuran maka akan semakin besar nilai *dry bulk density*, semakin kecil nilai koefisien permeabilitas dan semakin besar nilai porositas. Untuk memenuhi kriteria *cover soil landfill* maka material *cover soil* harus memiliki nilai koefisien permeabilitas rendah. Material dengan nilai koefisien permeabilitas yang besar akan memacu laju infiltrasi. Jika material ini digunakan sebagai material *cover soil* maka akan meningkatkan produksi lindi dan terlepasnya kontaminan ke lingkungan. RCRA (*The Resource Conservation and Recovery Act*) menetapkan nilai koefisien permeabilitas material *cover soil* tidak lebih dari  $1 \times 10^{-5}$ . Material dengan nilai koefisien permeabilitas rendah akan memiliki nilai porositas yang tinggi, hal ini akan menguntungkan untuk transportasi gas di *landfill*. Nilai porositas yang tinggi disertai dengan nilai *dry bulk density* yang tinggi. Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa *dry bulk density* sangat mempengaruhi ruang pori total, semakin besar *dry bulk density*, maka ruang pori total semakin besar pula. Namun kerapatan isi (*dry bulk density*) yang besar akan menghambat pertumbuhan akar sehingga akan mengganggu keberlangsungan *landfill* karena dapat memacu terjadinya erosi. Oleh karena itu AFCEE (*Air Force Center for Environmental Excellence*) menetapkan nilai kerapatan yang ideal untuk pertumbuhan akar adalah sebesar  $1,1-1,4 \text{ mg/m}^3$ . Kerapatan tanah di atas  $1,55 \text{ mg/m}^3$  dapat mengurangi pertumbuhan akar. Sedangkan kerapatan di atas  $1,7 \text{ mg/m}^3$  akan menghentikan pertumbuhan akar. Campuran dengan komposisi 1:1 adalah yang paling optimal sebagai material

*cover soil*. Hal ini dapat terlihat berdasarkan hasil pemeriksaan karakteristik fisik yang telah dilakukan, campuran dengan komposisi 1:1 memiliki nilai koefisien permeabilitas paling rendah dengan nilai porositas dan *dry bulk density* paling besar. Selain itu jika dibandingkan dengan material tanah lempung lanauan, campuran dengan komposisi 1:1 memiliki sifat fisik yang paling mendekati dengan tanah lempung lanauan dibandingkan dua komposisi lainnya. Nilai koefisien permeabilitas dan *dry bulk density* campuran dengan komposisi 1:1 paling mendekati dengan tanah lempung lanauan yaitu sebesar  $2,45 \times 10^{-6}$  cm/s dan  $1,13$  gr/cm<sup>3</sup>. Penggunaan tanah sebagai material tunggal *cover soil landfill* telah banyak digunakan di beberapa wilayah termasuk di TPA Cipayung, Kota Depok. Sedangkan campuran dengan komposisi 1:2 memiliki sifat fisik yang mendekati kompos UPS. Campuran dengan komposisi 1:2 memiliki nilai koefisien permeabilitas paling tinggi dan *dry bulk density* paling rendah, yaitu sebesar  $5,99 \times 10^{-6}$  cm/s dan  $1,07$  gr/cm<sup>3</sup>.

Kebutuhan kompos UPS untuk campuran dengan komposisi 1:1 sebagai material *cover soil landfill* di TPA Cipayung dapat diketahui melalui perhitungan berikut ini:

*kebutuhan kompos = tebal lapisan x luas area x %vol. cover soil*

*x %komposisi kompos x berat jenis kompos*

*kebutuhan kompos = 0,6 m x 67.000 m<sup>2</sup> x 0,25 x 0,5 x 500 kg/m<sup>3</sup>*

*kebutuhan kompos = 2.512.500 kg*

Keterangan :

Tebal lapisan final cover = 60 cm (ITRC, 2003)

Luas Area kolam sampah TPA Cipayung = 67.000 m<sup>2</sup> (Bapedda Depok, 2006)

## BAB 6

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Jumlah produksi kompos yang dihasilkan UPS di Kota Depok sebesar 55.165,07 kg/hari
2. Karakteristik kimia kompos UPS yaitu pH sebesar 6,82, kandungan fosfor sebesar 2,32%, kandungan karbon organik sebesar 17,78%, kandungan nitrogen sebesar 1,58%, kandungan bahan organik sebesar 30,58% dan rasio C/N sebesar 11,22. Karakteristik fisik kompos UPS yaitu kadar air sebesar 26,20%, *water holding capacity* sebesar 29%, ukuran partikel bervariasi pada range < 0,42 mm hingga 9.53 mm, dengan sebagian besar partikelnya berukuran di bawah 0,42 mm yaitu sebesar 35,15%, dry bulk density sebesar 0,852 gr/cm<sup>3</sup>, koefisien permeabilitas sebesar 2,8 x 10<sup>-5</sup> cm/s, batas cair sebesar 90%, batas plastis sebesar 60,1% dengan indeks plastisitas sebesar 29,9, batas susut sebesar 82,48% dengan rasio susut sebesar 108,91% dan ruang pori total sebesar 21,77%
3. Karakteristik fisik campuran kompos dengan tanah yaitu (1) campuran dengan komposisi 1:1 memiliki nilai dry bulk density sebesar 1,13 gr/cm<sup>3</sup>, koefisien permeabilitas sebesar 2,45 x 10<sup>-6</sup> cm/s, batas cair sebesar 85,54%, batas plastis sebesar 54,51% dengan indeks plastisitas sebesar 31,02%, batas susut sebesar 29,5% dengan rasio susut sebesar 128% dan ruang pori total sebesar 11,72%, (2) campuran dengan komposisi 1:1,5 memiliki nilai dry bulk density sebesar 1,10 gr/cm<sup>3</sup>, koefisien permeabilitas sebesar 3,24 x 10<sup>-6</sup> cm/s, batas cair sebesar 74,92%, batas plastis sebesar 53,77% dengan indeks plastisitas sebesar 21,15%, batas susut sebesar 38% dengan rasio susut sebesar 118%, ruang pori total sebesar 7,63%, dan (3) campuran dengan komposisi 1:2 memiliki nilai dry bulk density sebesar 1,07 gr/cm<sup>3</sup>, koefisien permeabilitas sebesar 5,99 x 10<sup>-6</sup> cm/s, batas cair sebesar 72,63%, batas plastis sebesar 53,76% dengan

indeks plastisitas sebesar 18,88%, batas susut sebesar 37% dengan rasio susut sebesar 108% dan ruang pori total sebesar 1,85%

4. Komposisi campuran kompos dengan tanah yang paling optimal dapat digunakan sebagai material *cover soil* adalah campuran dengan variasi 1:1 karena lebih memenuhi kriteria desain sistem *cover soil* dan lebih mendekati sifat fisik tanah.

## 6.2 Saran

1. Perlu dilakukan pemeriksaan karakteristik fisik tanah yang akan digunakan sebagai campuran dengan kompos agar dapat dibandingkan dengan karakteristik campuran secara lebih detail.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik campuran kompos dengan material tanah jenis lain untuk mendapatkan campuran yang paling optimal sebagai sistem *cover soil landfill*.
3. Perlu dilakukan pemeriksaan karakteristik fisik CBR, konsolidasi dan triaxial pada campuran kompos dengan tanah yang akan dijadikan sebagai material *cover soil landfill*.
4. Perlu dilakukan perbaikan karakteristik kompos sebelum dilakukan pencampuran agar memenuhi kriteria desain *cover soil landfill*.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- American Society for Testing Material (ASTM) D 2216-92. *Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil.*
- American Society for Testing Matertial (ASTM) D 2434-68. *Standard Test Method for Permeability of Granular Soil (Constant Head).*
- American Society for Testing Matertial (ASTM) D. 422-63. *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soil.*
- American Society for Testing Matertial (ASTM) E 698.91 *Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12400 ft –lb/ft<sup>3</sup> (600 KN.m/m<sup>3</sup>).*
- American Society for Testing Matertial (ASTM) D7367 - 07 *Standard Test Method for Determining Water Holding Capacity of Fiber Mulches for Hydraulic Planting*
- American Society of Civil Engineers. 1996. *Hydrology Handbook 2nd Edition.* New York, NY
- Badan Pusat Statistik Kota Depok. (2010). *Kota Depok Dalam Angka 2010.* Depok: Badan Pusat Statistik Kota Depok 2010.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2010). *Hasil Sensus Penduduk 2010 Data Agregat per kecamatan di Kota Depok.*
- Bappeda Kota Depok. (2006). *Ringkasan Eksekutif-Kajian Pengelolaan Persampahan Kota Depok.* Dipetik November 21, 2011, dari Bappeda Kota Depok Web site:  
<http://bappeda.depok.go.id/admin/dokumenHasilkajian/KAJIAN%20PENGELOLAAN%20PERSAMPAHAN%20DKLH.pdf>
- British Colimbia, Ministry of Agriculture and Food, (1996). *The Composting Process.* Diakses 4 Januari 2012, dari Ministry of Agriculture and Food of British Colimbia. [www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/300Series/382500-2.pdf](http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/300Series/382500-2.pdf)
- Crawford, J.H. (2003). *Composting of Agricultural Waste.* Biotechnology Applications and Research (2009), hal. 68-77.
- Damanhuri, E. & Tri, P.(2004). *Diktat Kuliah Teknik Lingkungan Pengelolaan Sampah.* Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.

- Department of Agriculture, Food and Rural Resources. 1991. *Standards For Compost Products*.
- Elshorbagy, W.A. Waste Management. *Evaluation of Using Municipal Solid Waste compost in Landfill Closure Caps in Arid Areas*.20 (2000) 499-507
- Hauser, V. L., M. A. Shaw and B. L. Weand. 1994. *Effectiveness of soil-vegetative covers for waste sites*. Proceedings, Superfund XV, Washington, DC. Superfund XV, One Church Street, Rockville, MD 20850.
- Hauser, V. L., M. A. Shaw, and B. L. Weand. 1995. *A natural cover for buried waste*. Proceedings, American Defense Preparedness Association, San Diego, CA
- Hauser, V. L., B. L. Weand, M. A. Shaw and A. R. Wusterbarth. 1996. *Natural covers for landfills – a closer look*. Proceedings, American Defense Preparedness Association, 22nd Environmental Symposium, Orlando, FL.
- Hauser, V. L. 1997. *Agricultural engineering and the environmental field*. ASAE paper no. 975072. Am. Soc. of Agric. Engineers, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085.
- Hauser, V. L., and B. L. Weand. 1998. *Natural landfill covers*. Third Tri-Service Environmental Technology Workshop, San Diego, CA, August.
- Hauser, V. L. and D. M. Gimon. 2001. *Vegetated landfill covers and phytostabilization – The potential for evapotranspiration-based remediation at Air Force Bases*. Air Force Center for Environmental Excellence, Brooks AFB, TX. Available from AFCEE/ERT's web site: <http://www.afcee.brooks.af.mil/er/ert/erthome.htm>. 26 pages.
- Hauser, V. L., D. M. Gimon, D. E. Hadden, and B. L. Weand. 1999a. *Survey of Air Force Landfills, their Characteristics, and Remediation Strategies*. AFCEE/ERT<sup>4</sup>.
- Hauser, V. L., D. M. Gimon, and D. R. Jackson. 2000. *Golf courses on Air Force Landfills*. AFCEE/ERT<sup>4</sup>.
- Hardjowigeno, Sarwono. 2003. Ilmu Tanah, Penerbit Akademika Pressindo. Jakarta.
- ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2003. *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation, and Monitoring of*

*Alternative Final Landfill Covers*. ALT-2. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Alternative Landfill Technologies Team. Available on the Internet at <http://www.itrcweb.org>.

M.Das, Braja. *Soil Mechanics Laboratory Manual*. USA. Engineering Pers, 1997

Novita, E. (2011). Timbulan dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Solid Waste Generation Rate & Its Properties At City of Depok. *Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir* (hal. 1-10). Depok: Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil FT-UI.

Setyorini, Diah et al. (2006). *Kompos*. Diakses 4 Januari 2012, dari DepartemenPertanian.

[balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/buku/pupuk/pupuk2.pdf](http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/buku/pupuk/pupuk2.pdf).

Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7030-2004. *Spesifikasi kompos dari sampah organik*.

Tchobanoglous, G., Kreith, Frank. 2002. *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw-Hill, Inc, New York.

Tchobanoglous, George, Hillary Theisen, Samuel A. Vigil. *Integrated Solid Waste Management*. (New York: McGraw-Hill, 1993).

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.

Wickramarachchi, Praneeth et al. Waste Management. *Effects of dry bulk density and particle size fraction on gas transport parameters in variably saturated landfill cover soil*. 31 (2011) 2464–2472



**LAMPIRAN 1.**

***ATTERBERG LIMIT***

## A. LIQUID LIMIT

### I. Tujuan Percobaan

Mencari kadar air pada *liquid limit* (batas cair) dari sampel tanah

### II. Alat-alat dan Bahan

- Alat cassagrande
- Standard *Grooving Tool*
- Can
- Spatula
- Mangkuk Porselin
- Air Suling
- Oven
- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gr
- Botol Penyemprot

### III. Teori dan Rumus yang Digunakan

Liquid limit adalah kadar air dimana contoh tanah yang telah dimasukkan pada alat cassagrande, dibuat celah di tengahnya dengan stansard *Grooving tool* lalu alat cassagrande diputar dengan kecepatan 2 ketukan per detik dan tinggi jatuh 10 mm, sehingga pada ketukan ke-25 contoh tanah yang digores dengan *Grooving tool* merapat sepanjang 0.5 inch.

Dalam batas cair kita mempelajari kadar air dalam keadaan tertentu. Dalam hal ini hanya dipelajari/diuji dalam tiga keadaan , yaitu batas cair, batas plastis, dan batas susut dari tanah, atau secara skematis diwakili pada sebuah diagram, yaitu:

|             |                |                         |              |
|-------------|----------------|-------------------------|--------------|
| <b>Cair</b> | <b>Plastis</b> | <b>Semi<br/>Plastis</b> | <b>Solid</b> |
|-------------|----------------|-------------------------|--------------|

Semakin ke kanan diagram di atas, kadar airnya semakin sedikit. Batas cair dapat ditentukan dengan percobaan menggunakan alat liquid limit . Alat in dikembangkan oleh cassagrande dan besarnya batas cair ditentukan pada ketukan ke-25.

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

Dimana :

W = kadar air

W<sub>1</sub> = berat tanah basah dan can

W<sub>2</sub> = berat tanah kering dan can

W<sub>3</sub> = berat can

#### IV. Praktikum

##### a. Persiapan Praktikum

- ✓ Menyiapkan tanah lolos saringan no.40 ASTM , kering udara
- ✓ Memastikan kebersihan alat
- ✓ Mengkalibrasi timbangan yang akan digunakan
- ✓ Mempersiapkan botol penyemprot dan air suling
- ✓ Mempersiapkan dan mengeringkan can yang diperlukan

##### b. Jalannya Percobaan

- ✓ 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 agar tidak ada udara diantara setiap lapisan dengan spatula-tebal tanah yang dimasukkan kurang lebih hingga setebal 0.5 inch pada bagian tengahnya
- ✓ Membuat celah ditengah-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 alata cassagrande dengan kecepatan konstan 2 putaran perdetik dan tinggi jatuh 1 cm, dilakukan hingga tanah tepat merapat 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 memasukkanya kedalam can dan ditimbang berat can dan tanah , terakhir can dan tanah dimasukan ke Dalam oven
- ✓ Mengulangi seluruh langkah diatas untuk lima sampel 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

## **B. PLASTIC LIMIT**

### **I. Tujuan Percobaan**

Mencari kadar air pada batas plastis dari sebuah sampel tanah

### **II. Alat-alat dan Bahan**

- Pelat kaca
- Container
- Contoh tanah yang lolos saringan No.40 ASTM
- Spatula
- Mangkuk porselin
- Air suling
- Oven
- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gr

### **III. Teori dan Rumus yang Digunakan**

*Plastic limit* diartikan sebagai kadar air pada batas dimana contoh tanah digulung pada pelat kaca hingga mencapai diameter kurang lebih  $\frac{1}{8}$  inch (3.2 mm) dan tanah tersebut tepat retak-retak halus, dari percobaan ini dapat ditentukan Plastic Index ( $I_p$ ), dimana :

$$I_p = LL - PL$$

Kadar air tanah dalam keadaan aslinya biasanya terletak antara batas plastis dan batas cair. Rumusan yang digunakan adalah:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

Dengan:

$W$  = kadar air

$W_1$  = berat tanah basah dan can

$W_2$  = berat tanah kering dan can

$W_3$  = berat can

#### IV. Praktikum

- Persiapan praktikum
  - ✓ Membersihkan alat-alat yang akan digunakan
  - ✓ Mempersiapkan botol penyemprot dan air suling
  - ✓ Mempersiapkan tanah lolos saringan No.40 ASTM
  - ✓ Menimbang berat kedua Container
- Jalannya percobaan
  - ✓ Memasukkan contoh tanah kedalam mangkuk porselin dan kemusian menimbanginya dan mencampurnya dengan air suling dan diaduk dengan spatula hingga homogen
  - ✓ Mengambil contoh tanah tersebut sedikit lalui menggulungnya diatas kaca sampai berdiameter 1/8 inch. Bila kadar air berlebih pada waktu contoh tanah mencapai diameter 1/8 inch tidak terjadi retak-retak meka percobaan ini harus diulang kembali dangan menambahkan contoh tana. Sedangkan bila kadar air kurang, contoh tanah akan retak-retak sebelum mencapai diameter 1/8 inch. Percobaan ini harus diulang kembali dengan menambah air sehingga contoh tanah tepat retak-retak pada waktu mencapai diameter 1/8 inch
  - ✓ Contoh tanah yang mulai retak-retak halus pada diameter 1/8 inch dimasukkan kedalam dua container yang sudah ditimbang beratnya. Berat container + tanah minimum adalah 15 gr

- ✓ Container harus secepatnya ditutup agar kadar airnya 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 jangan lupa untuk menambahkan berat penutup container agar berat total container seperti pada saat menimbang berat tanah basah sebelumnya.
- Perbandingan dengan ASTM
  - ✓ Pada percobaan, waktu penggulungan tanah tidak ditentukan, sedangkan pada ASTM waktu penggulungan tanah maksimum adalah dua menit.
  - ✓ Pada percobaan, setelah tanah digulung dan terjadi retak-retak, maka tanah tersebut dibagi menjadi dua bagian sama besar dan dimasukkan ke dalam container. Sedangkan pada ASTM, tanah yang telah digulung akan diremukan kembali dan digulung kembali sampai contoh tanah tersebut sukar untuk digulung.

### **C. SHRINKAGE LIMIT**

#### **I. Tujuan Percobaan**

Mencari kadar air pada batas susut dari suatu sampel tanah

#### **II. Alat-alat dan Bahan**

- Raksa
- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gr
- Contoh tanah lolos saringan No.40 ASTM, kering oven

#### **III. Teori dan Rumus yang Digunakan**

*Shrinkage limit* adalah kadar air pada batas keadaan semi plastis dan beku. Di dalam laboratorium *Shrinkage limit* didefinisikan sebagai batas dimana tidak akan terjadi perubahan volume pada masa tanah, apabila kadar airnya dikurangi. Pada tahapan ini tanah mengering tanpa diikuti perubahan volume. Batas susut ditunjukkan dengan kadar air tanah pada tahap mengering dan tidak terdapat perubahan/pengurangan volume

Rumus yang digunakan ;

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

Dengan :

$W_w$  = berat tanah basah

$W_d$  = berat tanah kering

$V_w$  = volume tanah basah

$V_d$  = Volume tanah kering

$\rho_w$  = berat jenis air = 1 gr/cm<sup>3</sup>

$$SR = \frac{W_d}{V_d} \times 100\%$$

#### IV. Praktikum

- Persiapan percobaan
  - ✓ Mempersiapkan tanah lolos saringan No. 40 ASTM kering udara
  - ✓ Mempersiapkan air suling dan batas penyemprot
  - ✓ Menimbang coated dish atau container yang diperlukan
  
- Jalannya percobaan
  - ✓ Memasukkan butiran tanah kedalam mangkuk porselin dan diberi air suling secukupnya kemusian 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 kisalan 20-25 ketukan

- ✓ Mengambil sampel tanah dari alat cassagrande tersebut kedalam coated dish yang sudah diolesi Vaseline. Jangan lupa untuk mengetu-ngetuk coated dish agar sampel tanah mengisi penuh seluruh bagian coated dish den permukaannya rata
- ✓ Menimbang sampel tanah dan coateddish tersebut
- ✓ Lakukan untuk dua kali percobaan
- ✓ Mendingkan coated dish dan sampel tanah diudara terbuka kurang lebih selama 18 jam agar tidak mengalami retak-ratek akibat pemanasan secara tiba-tiba
- ✓ Setelah 18 jam, baru sampel tanah dimasukkan kedalam oven
- ✓ Sekitar 18-24 jam di oven, coated dish dan dan tanah kering dikeluarkan dari oven . menimbangny lagi, kemudian menghitung volume tanah basah dan tanah kering.

o Menghitung volume tanah basah :

- Menimbang *coated dish* ( $W_1$ )
- Memasukkan raksa kedalam 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 :

$$V_W = \frac{W_{Hg}}{\rho_{Hg}} = \frac{W_2 - W_1}{\rho_{Hg}}$$

o Menghitung tanah kering :

- Memasukkan raksa kedalam shringkage dish sampai penuh dan meratakannya dengan pelat kaca. Menimbang shringkage dish beserta isinya dan diperoleh berat air raksa dalam *shrinkage dish*( $W_{Hg+s}$ )

- Mencilupkan contoh tanah kering kedalam shrinkage dish yang berisi air raksa dengan menekannya secara hati-hati dengan pelat kaca berkaki tiga sehingga permukaan sampel tanah benar-benar berada tepat dipermukaan air raksa-sebagian air raksa akan tumpah keluar. Proses ini disebut sub-merging soil cake
- Mengeluarkan sampel tanah dan menimbang kembali *shrinkage dish* + air raksa yang tersisa ( $W_{Hg}$ )
- Volume tanah kering adalah :

$$V_w = \frac{W_{Hg+s} - W_{Hg}}{\rho_{Hg}}$$

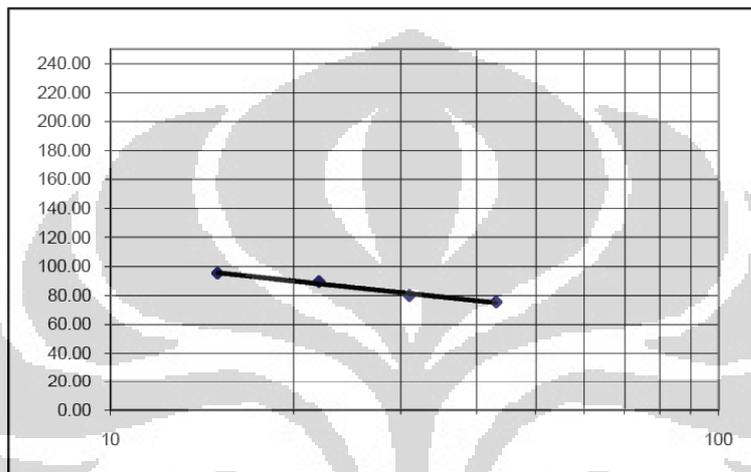
- **Perbandingan dengan ASTM**

- ✓ Pada percobaan di dalam laboratorium, coated dish yang telah diolesi Vaseline dan diisi tanah diketuk-ketuk agar tidak tersisa gelembung udara di dalamnya. Sedangkan menurut standar ASTM D-427, coated dish hanya digoyang-goyangkan.
- ✓ Pada metode ASTM, alat yang dipakai untuk menampung tanah adalah mangkuk porselin yang mempunyai diameter +/- 1.75 inch dan tinggi +/- 0.5 inch, sedangkan dalam percobaan di laboratorium dipakai coated dish.

## KOMPOSISI 1:1

## LIQUID LIMIT DETERMINATION

| Can No.                  | 1     | 2     | 3     | 4     |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Weight of wet soil + can | 22.49 | 23.63 | 21.61 | 19.43 |
| Weight of dry soil + can | 15.47 | 16.19 | 15.82 | 14.47 |
| Weight of can            | 8.10  | 7.87  | 8.55  | 7.90  |
| Weight of dry soil       | 7.37  | 8.32  | 7.27  | 6.57  |
| Weight of moisture       | 7.02  | 7.44  | 5.79  | 4.96  |
| Water content            | 95.25 | 89.42 | 79.64 | 75.49 |
| No. of blows             | 15    | 22    | 31    | 43    |



$$y = (A * \ln(x)) - B$$

A = -19.708  
 B = 148.976  
**LL = 85.54**  
 $w_{n,100} = 103.60$   
 $w_n = 58.22$   
 FI = 45.38

## PLASTIC LIMIT DETERMINATION

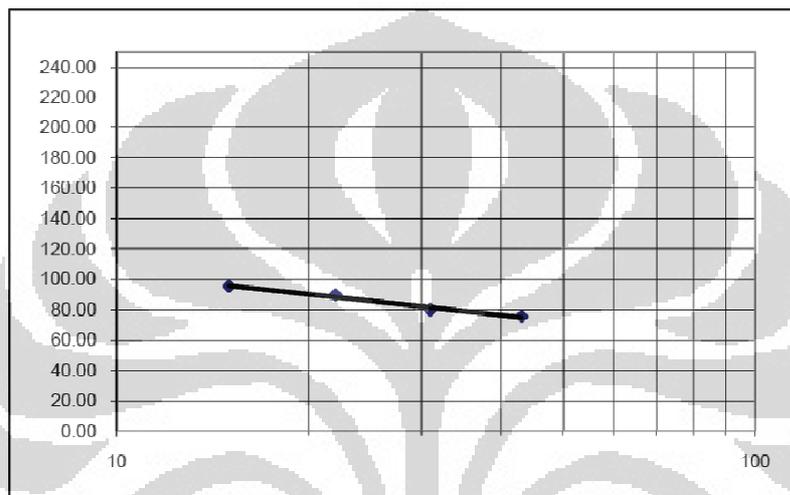
| Can No.                  | 1     | 2     | 3    | 4    |
|--------------------------|-------|-------|------|------|
| Weight of wet soil + can | 40.12 | 41.22 |      |      |
| Weight of dry soil + can | 32.32 | 33.20 |      |      |
| Weight of can            | 18.02 | 18.48 |      |      |
| Weight of dry soil       | 14.30 | 14.72 | 0.00 | 0.00 |
| Weight of moisture       | 7.80  | 8.02  | 0.00 | 0.00 |
| Water content            | 54.55 | 54.48 | 0.00 | 0.00 |
| Sample                   | 1.00  | 1.00  | 0.00 | 0.00 |

|    |       |
|----|-------|
| PL | 54.51 |
| PI | 31.02 |

## KOMPOSISI 1:1.5

### LIQUID LIMIT DETERMINATION

| Can No.                  | 1     | 2     | 3     | 4     |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Weight of wet soil + can | 22.49 | 23.63 | 21.61 | 19.43 |
| Weight of dry soil + can | 15.47 | 16.19 | 15.82 | 14.47 |
| Weight of can            | 8.10  | 7.87  | 8.55  | 7.90  |
| Weight of dry soil       | 7.37  | 8.32  | 7.27  | 6.57  |
| Weight of moisture       | 7.02  | 7.44  | 5.79  | 4.96  |
| Water content            | 95.25 | 89.42 | 79.64 | 75.49 |
| No. of blows             | 15    | 22    | 31    | 43    |



$$y = (A * \ln(x)) - B$$

A = -19.708  
 B = 148.976

|           |              |
|-----------|--------------|
| <b>LL</b> | <b>85.54</b> |
|-----------|--------------|

$w_{100} = 103.60$   
 $w_{10} = 58.22$   
 FI = 45.38

### PLASTIC LIMIT DETERMINATION

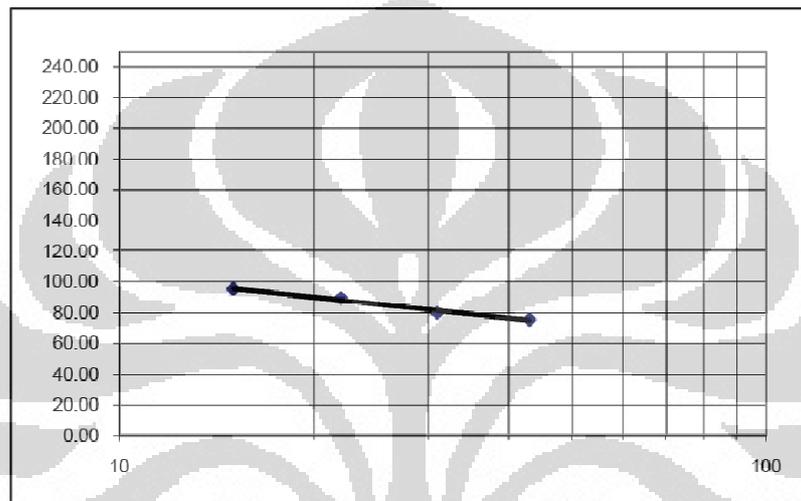
| Can No.                  | 1     | 2     | 3    | 4    |
|--------------------------|-------|-------|------|------|
| Weight of wet soil + can | 40.12 | 41.22 |      |      |
| Weight of dry soil + can | 32.32 | 33.20 |      |      |
| Weight of can            | 18.02 | 18.48 |      |      |
| Weight of dry soil       | 14.30 | 14.72 | 0.00 | 0.00 |
| Weight of moisture       | 7.80  | 8.02  | 0.00 | 0.00 |
| Water content            | 54.55 | 54.48 | 0.00 | 0.00 |
| Sample                   | 1.00  | 1.00  | 0.00 | 0.00 |

|           |              |
|-----------|--------------|
| <b>PL</b> | <b>54.51</b> |
| <b>PI</b> | <b>31.02</b> |

## KOMPOSISI 1:2

### LIQUID LIMIT DETERMINATION

| Can No.                  | 1     | 2     | 3     | 4     |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Weight of wet soil + can | 22.49 | 23.63 | 21.61 | 19.43 |
| Weight of dry soil + can | 15.47 | 16.19 | 15.82 | 14.47 |
| Weight of can            | 8.10  | 7.87  | 8.55  | 7.90  |
| Weight of dry soil       | 7.37  | 8.32  | 7.27  | 6.57  |
| Weight of moisture       | 7.02  | 7.44  | 5.79  | 4.96  |
| Water content            | 95.25 | 89.42 | 79.64 | 75.49 |
| No. of blows             | 15    | 22    | 31    | 43    |



$$y = (A * \ln(x)) - B$$

A = -19.708  
 B = 148.976

|                    |              |
|--------------------|--------------|
| <b>LL</b>          | <b>85.54</b> |
| w <sub>n</sub> 100 | 103.60       |
| w <sub>n</sub> 10  | 58.22        |
| FI                 | 45.36        |

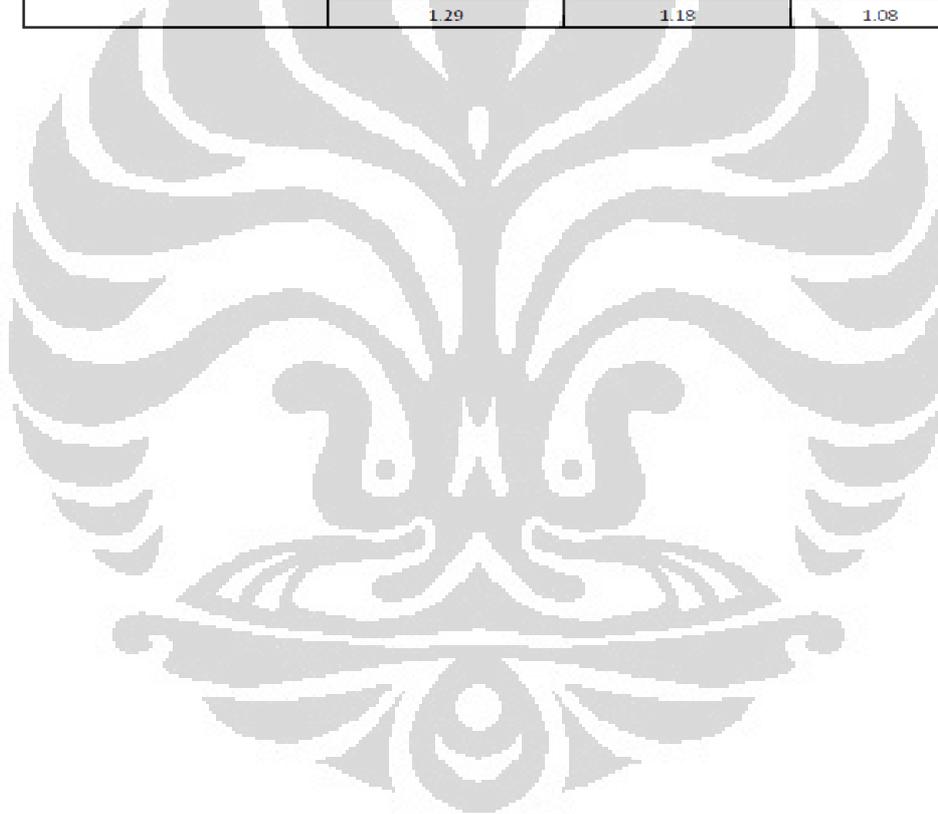
### PLASTIC LIMIT DETERMINATION

| Can No.                  | 1     | 2     | 3    | 4    |
|--------------------------|-------|-------|------|------|
| Weight of wet soil + can | 40.12 | 41.22 |      |      |
| Weight of dry soil + can | 32.32 | 33.20 |      |      |
| Weight of can            | 18.02 | 18.48 |      |      |
| Weight of dry soil       | 14.30 | 14.72 | 0.00 | 0.00 |
| Weight of moisture       | 7.80  | 8.02  | 0.00 | 0.00 |
| Water content            | 54.55 | 54.48 | 0.00 | 0.00 |
| Sample                   | 1.00  | 1.00  | 0.00 | 0.00 |

|           |              |
|-----------|--------------|
| <b>PL</b> | <b>54.51</b> |
| <b>PI</b> | <b>31.02</b> |

Tabel Hasil Uji Shrinkage Limit

| Campuran  | (1 : 1)                         |        | (1 : 1,5) |        | (1 : 2) |        |
|---|---------------------------------|--------|-----------|--------|---------|--------|
|   | Berat coated dish + tanah basah | 50.16  | 38.5      | 49.94  | 38.91   | 49.02  |
| Berat coated dish   | 30.64                           | 18.18  | 30.62     | 18.16  | 30.6    | 18.16  |
| Berat tanah basah   | 19.52                           | 20.32  | 19.32     | 20.75  | 18.42   | 19.16  |
| Berat coated dish + tanah kering                                  | 41.43                           | 29.35  | 41.06     | 29.39  | 40.7    | 28.73  |
| Berat tanah kering  | 10.79                           | 11.17  | 10.44     | 11.23  | 10.1    | 10.57  |
| Berat coated dish + mercury                                       | 220.14                          | 214.98 | 220.74    | 215.9  | 218.71  | 214.19 |
| Berat mercury   | 189.5                           | 196.8  | 190.12    | 197.74 | 188.11  | 196.03 |
| Volume tanah basah  | 14.01                           | 14.55  | 14.05     | 14.61  | 13.90   | 14.49  |
| Berat mercury + shrinkage dish                                    | 761.18                          | 761.18 | 759.08    | 759.08 | 760.04  | 760.04 |
| Berat mercury + shrinkage dish<br>(setelah sub-merging soil cake) | 651.08                          | 640.35 | 636.18    | 633.43 | 633.73  | 628.19 |
| Berat mercury yang tumpah   | 110.1                           | 120.83 | 122.9     | 125.65 | 126.31  | 131.85 |
| Volume tanah kering   | 8.14                            | 8.93   | 9.08      | 9.29   | 9.34    | 9.745  |
| Shrinkage limit   | 0.27                            | 0.32   | 0.38      | 0.38   | 0.37    | 0.365  |
| Shrinkage Ratio (Particle Density)                                | 1.33                            | 1.25   | 1.15      | 1.21   | 1.08    | 1.08   |
|   | 1.29                            |        | 1.18      |        | 1.08    |        |





**LAMPIRAN 2.**  
***COMPACTION***

### A. Tujuan Percobaan

Percobaan kali ini bertujuan untuk mencari nilai kerapatan kering ( $\gamma_{dry}$ ) maksimum pada kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) dari suatu sampel tanah yang dipadatkan.

### B. Peralatan Percobaan

1. *Mould*, lengkap dengan *collar* dan *base plate*
2. Hammer seberat 5.5 lbs, dengan tinggi jatuh 12 inch
3. *Hydraulic extruder*
4. Pelat baja pemotong
5. Gelas Ukur
6. Wadah untuk mencampur tanah dengan air
7. Pelat besi/penggaris untuk mengukur tinggi tanah
8. Timbangan
9. Oven
10. Jangka Sorong

### C. Bahan Percobaan

Sampel tanah lolos saringan No.4 ASTM sebanyak 6 kantong @ 2 kg

### D. Dasar Teori

*Compaction* (pemadatan tanah) adalah suatu proses dimana pori-pori tanah diperkecil dan kandungan udara dikeluarkan secara mekanis. Pemadatan tanah juga merupakan suatu usaha (energi) yang dilakukan pada massa tanah. Usaha pemadatan (*Compactive Effort* = *CE*) yang dilakukan tersebut adalah fungsi dari variabel-variabel berikut :

$$CE = \frac{W \times H \times L \times B}{V}$$

dengan : *CE* = *Compactive Effort* (lb/ft<sup>2</sup>)      *W* = Berat Hammer (lb)

*H* = Tinggi Jatuh (inch)      *L* = Jumlah *Layer*

*B* = Jumlah Pukulan per *Layer*      *V* = Volume Tanah (ft<sup>3</sup>)

Pemadatan tanah yang dilakukan di laboratorium pada umumnya terdiri dari dua macam, yaitu *Standard Proctor* (AASHTO T 99 - ASTM D 698) dan *Modified Proctor* (AASHTO T180 - ASTM D 1557). Namun pada percobaan kali ini, praktikan menggunakan metode *Standard Proctor*. Pada metode ini, *mould* yang digunakan berdiameter 4 inch, dengan berat *hammer* 5.5 lb dan tinggi jatuh *hammer* 12 inch. Adapun jumlah *layer* yang dibuat yaitu sebanyak 3 *layer* dengan pemadatan sebanyak 25 pukulan per *layer*-nya.

Kepadatan tanah bergantung pada kadar airnya. Untuk membuat suatu hubungan tersebut, dibuatlah beberapa contoh tanah minimal empat contoh dengan kadar air yang berbeda-beda, dengan perbedaan kurang lebih 3% antara tiap sampelnya. Dalam percobaan kali ini, praktikan menggunakan 6 sampel, masing-masing dengan kadar air 26%, 29%, 32%, 35%, 38% dan 41%. Dari percobaan tersebut kemudian dibuat grafik yang menggambarkan hubungan antara kepadatan dan kadar air, sehingga dari grafik tersebut diperoleh  $\gamma_{dry}$  maksimum pada kadar air optimumnya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa suatu tanah yang dipadatkan dengan kadar air tanah lebih dari  $W_{opt}$  akan diperoleh nilai kepadatan yang lebih kecil dari  $\gamma_{dry}$  maksimum.

#### E. **Prosedur Percobaan**

##### Persiapan

1. Menyiapkan 6 kantong sampel tanah masing-masing 2 kg, lolos saringan no.4 ASTM.
2. Mencampur seluruh sampel dalam kantong dengan rata dalam satu wadah, nilai kadar air awal dalam hal ini dianggap sama.
3. Mengambil sebagian sampel yang dianggap mewakili nilai kadar air seluruhnya, dan mencari nilai kadar air sampel tersebut.
4. Mengembalikan sampel ke kantongnya masing-masing.
5. Sehari kemudian kadar air telah diketahui, menambahkan air pada masing-masing kantong agar mencapai kadar air yang berbeda-beda.

6. Memasukkan contoh tanah ke dalam kantong plastik dan membiarkannya selama 18-24 jam (diperam) agar campuran air merata.

#### Jalannya Percobaan

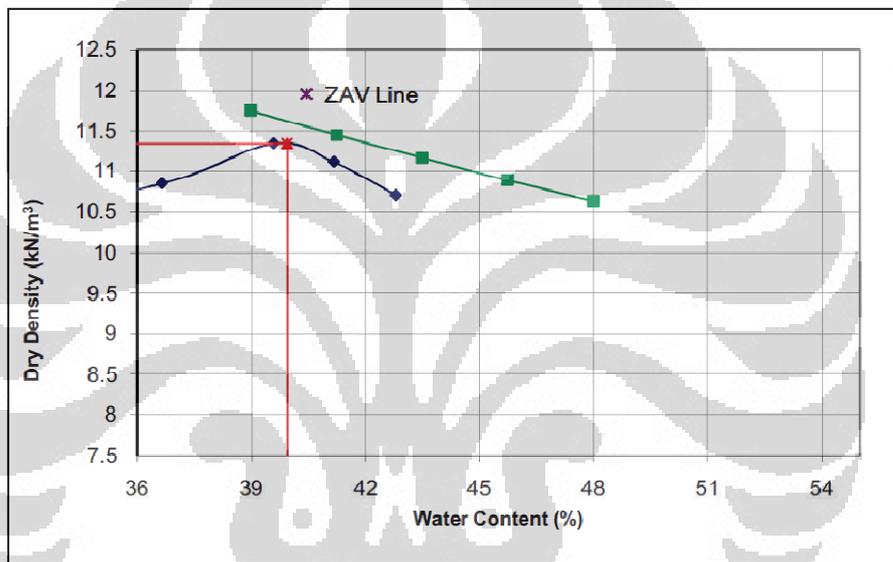
1. Menyiapkan *mould*, *collar*, dan *base plate*.
2. Menimbang *mould* dan mengukur dimensinya untuk mengetahui volume tanah hasil pemadatan.
3. Memasukkan tanah ke dalam *mould*, memperkirakan jumlahnya sedemikian rupa sehingga setelah dipadatkan tingginya mencapai 1/3 tinggi *mould* (karena total lapisan pemadatan sebanyak 3 lapis).
4. Menumbuk setiap lapisan sebanyak 25 kali merata dengan *hammer* seberat 5.5 lb dan tinggi jatuh 12 inch (Standard AASHTO).
5. Membuka *collar* setelah pemadatan lapis ketiga selesai dan meratakan kelebihan tanah pada *mould* dengan pelat pemotong.
6. Menimbang tanah beserta *mould*.
7. Mengeluarkan sampel tanah dari *mould* dengan bantuan *extruder*.
8. Mengambil bagian atas, tengah, dan bawah dari sampel tanah tersebut untuk memeriksa kadar airnya. Dengan demikian, akan diperoleh kadar air rata-rata dari contoh tanah setelah dipadatkan.

### Komposisi 1:1

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| MOLD VOLUME | 953.68 cm <sup>3</sup> |
| Gs          | 2.17                   |

|                                   |                      | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        |
|-----------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| WATER CONTENT (%)                 |                      | 30.16541 | 36.65469 | 39.58955 | 41.16737 | 42.80315 |
| Wt. of SOIL + MOLD (gram)         |                      | 2658     | 2806     | 2902     | 2888     | 2850     |
| Wt. of MOLD (gram)                |                      | 1392     | 1392     | 1392     | 1392     | 1392     |
| Wt. of SOIL in MOLD (gram)        |                      | 1266     | 1414     | 1510     | 1496     | 1458     |
| WET DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> ) |                      | 1.327    | 1.483    | 1.583    | 1.569    | 1.529    |
| DRY DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> ) |                      | 1.020    | 1.085    | 1.134    | 1.111    | 1.071    |
|                                   | (kN/m <sup>3</sup> ) | 10.198   | 10.850   | 11.343   | 11.112   | 10.706   |

|     |                      |        |        |        |        |        |
|-----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ZAV |                      | 39.000 | 41.250 | 43.500 | 45.750 | 48.000 |
|     | (kN/m <sup>3</sup> ) | 11.753 | 11.450 | 11.163 | 10.889 | 10.629 |



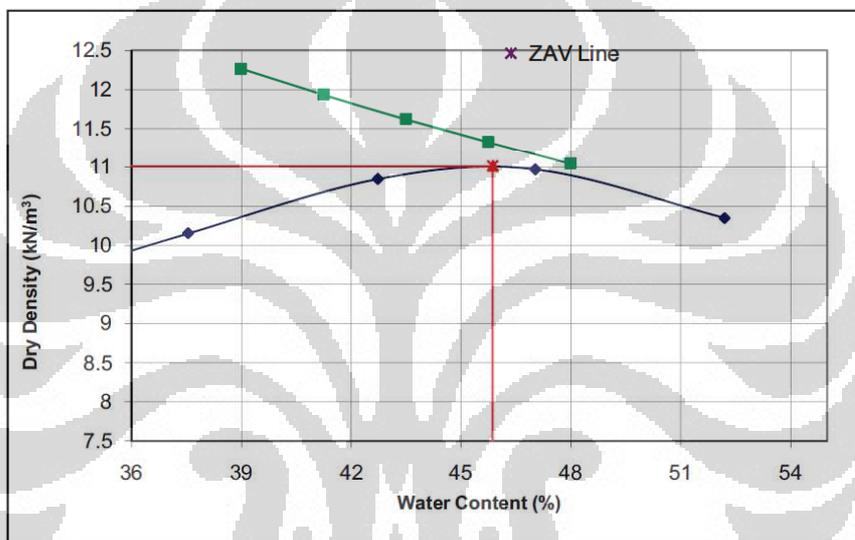
|               |       |       |        |       |
|---------------|-------|-------|--------|-------|
| water content | 39.95 | 39.95 | 39.95  | 0     |
| dry density   | 11.34 | 8866  | 0      | 11.34 |
|               |       |       | 39.95  | 11.34 |
|               |       | 40.45 | 11.953 |       |
|               |       | 40.45 | 11.953 |       |

### Komposisi 1:1.5

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| MOLD VOLUME | 953.68 cm <sup>3</sup> |
| Gs          | 2.35                   |

|                                   | 1                    | 2        | 3        | 4        | 5       |        |
|-----------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|---------|--------|
| WATER CONTENT (%)                 | 33.84376             | 37.55074 | 42.72224 | 47.02296 | 52.1975 |        |
| Wt. of SOIL + MOLD (gram)         | 2918                 | 3022     | 3166     | 3228     | 3192    |        |
| Wt. of MOLD (gram)                | 1690                 | 1690     | 1690     | 1690     | 1690    |        |
| Wt. of SOIL in MOLD (gram)        | 1228                 | 1332     | 1476     | 1538     | 1502    |        |
| WET DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.288                | 1.397    | 1.548    | 1.613    | 1.575   |        |
| DRY DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> ) | 0.962                | 1.015    | 1.084    | 1.097    | 1.035   |        |
|                                   | (kN/m <sup>3</sup> ) | 9.620    | 10.154   | 10.844   | 10.969  | 10.348 |

|     |                      |        |        |        |        |        |
|-----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ZAV | 39.000               | 41.250 | 43.500 | 45.750 | 48.000 |        |
|     | (kN/m <sup>3</sup> ) | 12.262 | 11.933 | 11.621 | 11.325 | 11.043 |



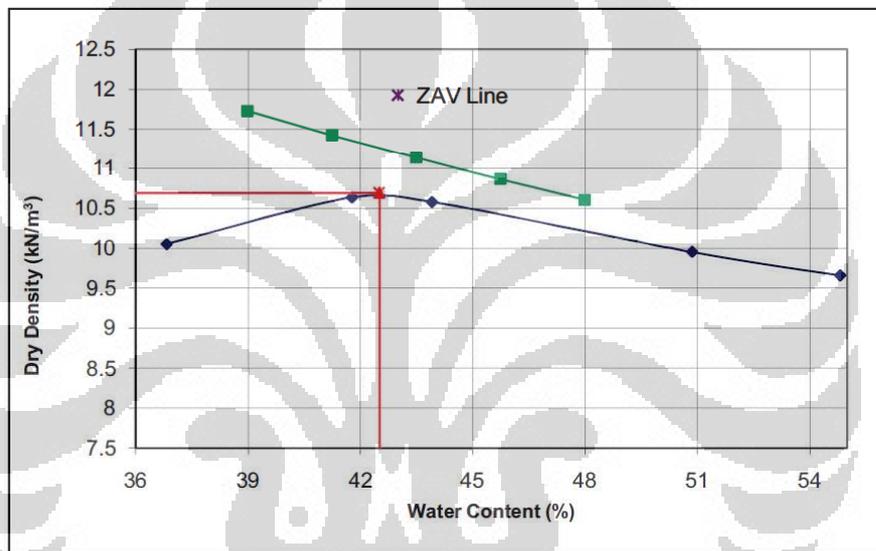
|                      |              |       |        |       |
|----------------------|--------------|-------|--------|-------|
| <b>water content</b> | <b>45.87</b> | 45.87 | 45.87  | 0     |
| <b>dry density</b>   | <b>11.01</b> | 8899  | 0      | 11.01 |
|                      |              | 45.87 | 11.01  |       |
|                      |              | 46.37 | 12.462 |       |
|                      |              | 46.37 | 12.462 |       |

### Komposisi 1:2

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| MOLD VOLUME | 953.68 cm <sup>3</sup> |
| Gs          | 2.16                   |

|                                   |                      | 1       | 2        | 3        | 4        | 5        |
|-----------------------------------|----------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| WATER CONTENT (%)                 |                      | 36.8316 | 41.77298 | 43.91087 | 50.85339 | 54.81329 |
| Wt. of SOIL + MOLD (gram)         |                      | 2704    | 2830     | 2844     | 2824     | 2818     |
| Wt. of MOLD (gram)                |                      | 1392    | 1392     | 1392     | 1392     | 1392     |
| Wt. of SOIL in MOLD (gram)        |                      | 1312    | 1438     | 1452     | 1432     | 1426     |
| WET DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> ) |                      | 1.376   | 1.508    | 1.523    | 1.502    | 1.495    |
| DRY DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> ) |                      | 1.005   | 1.064    | 1.058    | 0.995    | 0.966    |
|                                   | (kN/m <sup>3</sup> ) | 10.054  | 10.636   | 10.580   | 9.954    | 9.658    |

|     |                      |        |        |        |        |        |
|-----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ZAV |                      | 39.000 | 41.250 | 43.500 | 45.750 | 48.000 |
|     | (kN/m <sup>3</sup> ) | 11.724 | 11.423 | 11.136 | 10.864 | 10.605 |



|               |       |       |        |
|---------------|-------|-------|--------|
| water content | 42.51 | 42.51 | 0      |
|               |       | 42.51 | 10.69  |
| dry density   | 10.69 | 8931  | 0      |
|               |       | 42.51 | 10.69  |
|               |       | 43.01 | 11.924 |
|               |       | 43.01 | 11.924 |



**LAMPIRAN 3.**

***HYDROMETER***

## I. PENDAHULUAN

### I.I Maksud dan Tujuan Percobaan

Menentukan distribusi dari butiran tanah yang memiliki diameter lebih kecil dari 0.074 mm (saringan no.200 ASTM) dengan cara pengendapan (*hydrometer analysis*).

### I.II Alat-alat dan Bahan

- ✓ *Hydrometer* (tipe 152 H)
- ✓ *Hydrometer jar* (1080 ml)
- ✓ Gelas ukur
- ✓ Larutan Pendispersi 4% (*water glass*)
- ✓ Sampel tanah lolos saringan No.4 ASTM, masing-masing 50 gram (untuk 3 sampel)
- ✓ *Stopwatch*
- ✓ Pengaduk mekanis (*mixer*)
- ✓ Oven
- ✓ Termometer Celcius
- ✓ Gelas Belimbing
- ✓ Saringan No.200 ASTM
- ✓ Timbangan (ketelitian 0.01 gram)

### I.III Teori dan Rumus yang Digunakan

Praktikum ini didasarkan pada hubungan antara kecepatan jatuh dari suatu butiran di dalam sebuah larutan, diameter butiran, berat jenis butiran, berat jenis larutan, dan kepekaan larutan tersebut. Hubungan tersebut dapat dijabarkan dalam hukum Stoke sebagai berikut ;

$$V = \frac{2 \gamma_s - \gamma_w}{9 \eta} \left( \frac{D}{2} \right)^2$$

$$D = 2 \sqrt{\frac{9 \cdot \eta \cdot v}{2 \gamma_s - \gamma_w}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dengan ;

V = kecepatan jatuh dari butiran (cm/s)

$\gamma_s$  = berat jenis butiran ( $\text{gr/cm}^3$ )

$\gamma_w$  = berat jenis larutan ( $\text{gr/cm}^3$ )

$\eta$  = kepekakan larutan ( $\text{dyne.s/cm}^2$ )

$D$  = diameter butiran (cm)

Batasan dari Hukum Stokes :

- Hukum ini hanya berlaku jika :  $0.0002 \text{ mm} < D < 0.2 \text{ mm}$
- Butiran yang lebih besar dari 0.2 mm akan menyebabkan turbulensi pada larutan, sedangkan butiran yang lebih besar dari 0.0002 mm cenderung akan melakukan gerak brown ( hal ini dipengaruhi oleh gaya tarik dan tolak antara partikel)
- Jumlah sampel yang dipergunakan harus jauh lebih sedikit daripada butiran yang dipakai ( $\pm 5\%$ ) ini dilakukan agar tidak terjadi interverensi selama pengendapan berlangsung. Menurut Bowles, *hydrometer* tipe 152 H dikalibrasi untuk suspensi larutan yang mengandung 60 gram dalam 1000 ml air.
- Butiran tanah diasumsikan bundar, walaupun asumsi ini tidak 100 % benar. Tanah-tanah yang dipakai harus diuraikan dengan bahan dispersi sebagai berikut :
  - => untuk tanah yang bersifat alkali/basa diberi sodium metafosfat ( $\text{NaPO}_3$ ) dengan nama dagang Calgon
  - => untuk tanah yang bersifat asam diberi sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dengan nama dagang *water glass*.

Kecepatan jatuh butiran :

$$V = \frac{L}{t} \quad \text{-----}(2)$$

$$L = L_1 + 0.5 \left( L_2 - \frac{V_b}{A} \right) \quad \text{-----}(3)$$

Dengan :

$V$  = kecepatan jatuh butiran

$L$  = tinggi jatuh butiran

$T$  = waktu

$V_b$  = volume *Bulb Hydrometer*

$A$  = Luas penampang *Hydrometer*

$L_1$  = dapat dilihat pada lampiran sesuai pembacaan hydrometer tipe 152 H dan dikoreksi terhadap miniskus

**Untuk yang sudah dikoreksi :**

$$R_c = R_{\text{aktual}} - \text{Zero Correction} + C_T \quad \text{----- (4)}$$

Dengan :

$C_T$  = koreksi terhadap temperatur yang dapat dilihat pada lampiran.

Untuk  $G_s = 2.65$  rumus yang digunakan :

$$\% \text{ finer} = \frac{R_c}{W_s} \times 100 \% \quad \text{----- (5)}$$

Sedangkan untuk  $G_s \geq 2.65$  :

$$\% \text{ finer} = \frac{R_c \cdot a}{W_s} \times 100 \% \quad \text{----- (6)}$$

Dimana :

$$a = \frac{G_s \cdot 1.65}{(G_s - 1) \cdot 2.65} \quad \text{----- (7)}$$

harga  $a$  juga dapat dilihat dalam lampiran.

**Untuk memudahkan perhitungan :**

$$D = \sqrt{\frac{30 \cdot \eta \cdot L}{(G_s - G_w) \cdot 980 \cdot t}}$$

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}} \quad \text{----- (8)}$$

Keterangan :

- satuan dalam  $L$  (cm) dan  $t$  (menit)
- koefisien  $K$  dapat dilihat juga dalam lampiran

Setelah % finer dan  $D$  yang saling terkait telah dihitung, maka didapat suatu grafik distribusi butiran. Dari grafik ini akan didapatkan  $D_{10}$ ,  $D_{30}$ , dan  $D_{60}$ .

$D_{10}$  = diameter yang koresponding dengan lolosnya butiran sebanyak 10 % ( % finer = 10 % )

$D_{30}$  = diameter yang koresponding dengan lolosnya butiran sebanyak 30 % ( % finer = 30 % )

$D_{60}$  = diameter yang koresponding dengan lolosnya butiran sebanyak 60 % ( % finer = 60 % )

Sehingga koefisien keseragaman ( $C_u$ ) bisa didapatkan dengan rumus :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{-----}(9)$$

Definisi koefisien keseragaman untuk beberapa nilai :

$C_u = 1$  , tanah hanya memiliki satu ukuran butiran

$2 < C_u < 3$  , tanah yang gradasinya sangat buruk

$C_u > 15$  , tanah bergradasi baik

Selain itu koefisien *curvature* (kelengkungan)  $C_c$  kita bisa dapatkan dengan rumus :

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad \text{-----}(10)$$

$1 < C_c < 3$  , dapat dianggap suatu range untuk tanah yang bergradasi baik.

## II. PRAKTIKUM

### II.I Persiapan Percobaan

1. Menyediakan contoh tanah sebanyak 50 gram kering oven
2. Menimbang 40 gram *water glass* sebagai bahan dispersi dan memasukan *water glass* ke dalam *hydrometer jar*, kemudian dicampur dengan air suling hingga mencapai 1000 ml, diaduk hingga homogen. Campuran ini kemudian disebut sebagai larutan dispersi.
3. Menuangkan larutan dispersi sebanyak 125 ml ke dalam gelas belimbing yang sudah berisi tanah sebanyak 50 gram dan mendiarkannya selama  $\pm$  18 jam.

4. Menyiapkan satu tabung silinder (1000 ml), kemudian memasukan 125 ml larutan dispersi dan menambahkan air suling hingga 1000 ml ke dalam tabung silinder, tabung ini berfungsi sebagai tabung kontrol.

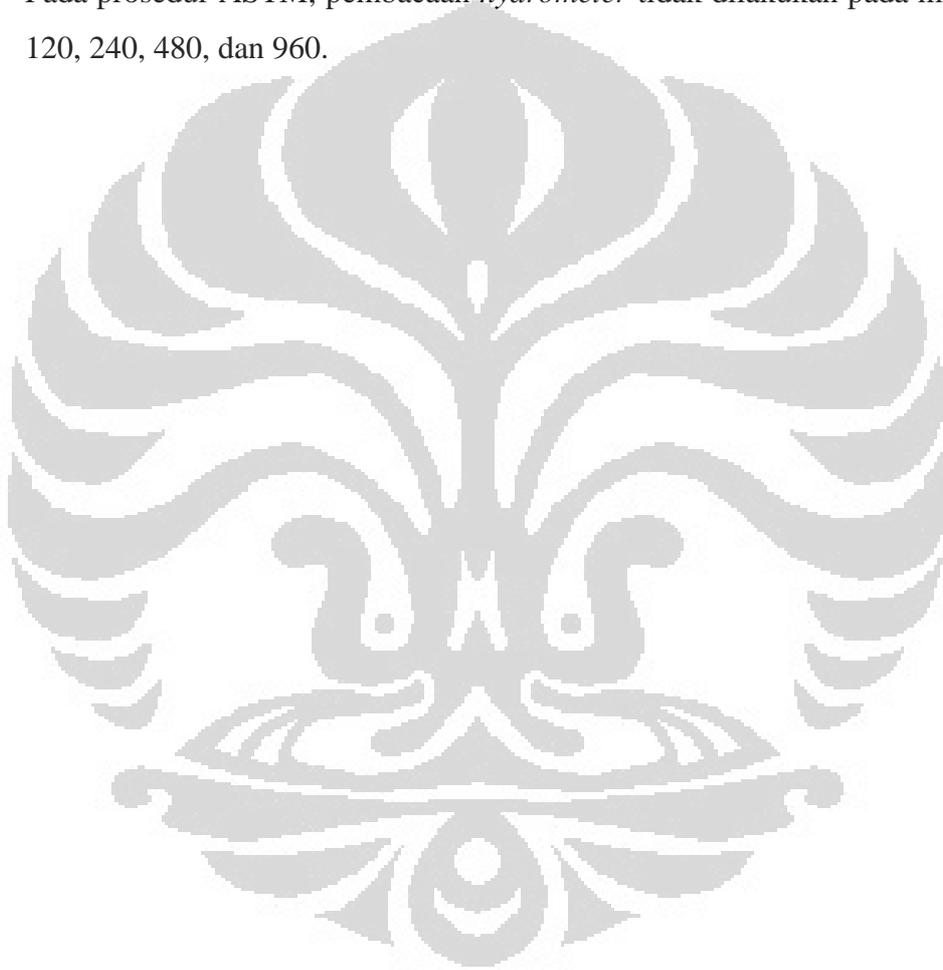
## II.II Jalannya Percobaan

1. Memeriksa koreksi miniskus dan koreksi nol pada alat *hydrometer* tipe 152 H dengan jalan memasukannya ke dalam tabung kontrol dan pembacaan dicatat.
2. Memasukan campuran tanah dan larutan dispersi yang telah direndam selama  $\pm 18$  jam ke dalam *mixer cup* dan kemudian menambahkan sejumlah air suling dengan pipet sehingga mencapai kurang lebih  $2/3$  dari *mixer cup*. Kemudian melaksanakan pengadukan selama kurang lebih 10 menit.
3. Memindahkan campuran dari *mixer cup* ke dalam *hydrometer jar* lalu menambahkan air suling hingga mencapai 1000 ml.
4. Menutup tabung dengan karet penutup dan mengocoknya secara horizontal selama kurang lebih satu menit, sampai homogen.
5. Segera setelah tabung diletakkan, memasukan *hydrometer* tipe 152 H (melakukannya dengan hati-hati). Membaca *Hydrometer* ( $R_1$ ) tepat menit pertama, lalu pada menit kedua kembali membaca *hydrometer* ( $R_2$ ), lalu mengangkat kembali *Hydrometer*.
6. Pada menit ke-2.5, memasukan *hydrometer* kembali dan membacakembali hingga menit keempat ( $R_4$ )
7. Kembali melakukan pembacaan *hydrometer*, untuk menit ke -8, 15, 30, 60, 120, 240, 960, dan 1440.
8. Dalam setiap pembacaan *Hydrometer*, suhu pada tabung kontrol selalu dibaca.
9. Mengulangi langkah 1 sampai 8 untuk beberapa sampel, sebaiknya rentang antara setiap pembacaan menit ke-1 untuk seluruh sampel adalah 10 menit (misalnya :  $R_1$  sampel no.1 adalah pada pukul 10.00, maka  $R_1$  sampel no.2 adalah pukul 10.10, dan seterusnya)

10. Setelah semua sampel sudah dilakukan pencatatan, menuangkan larutan setiap sampel ke saringan No.200 ASTM (jangan dicampur). Butiran tanah yang tertahan pada saringan ini selanjutnya akan dipakai pada percobaan *Sieve Analysis*.

### **II.III Perbandingan dengan ASTM**

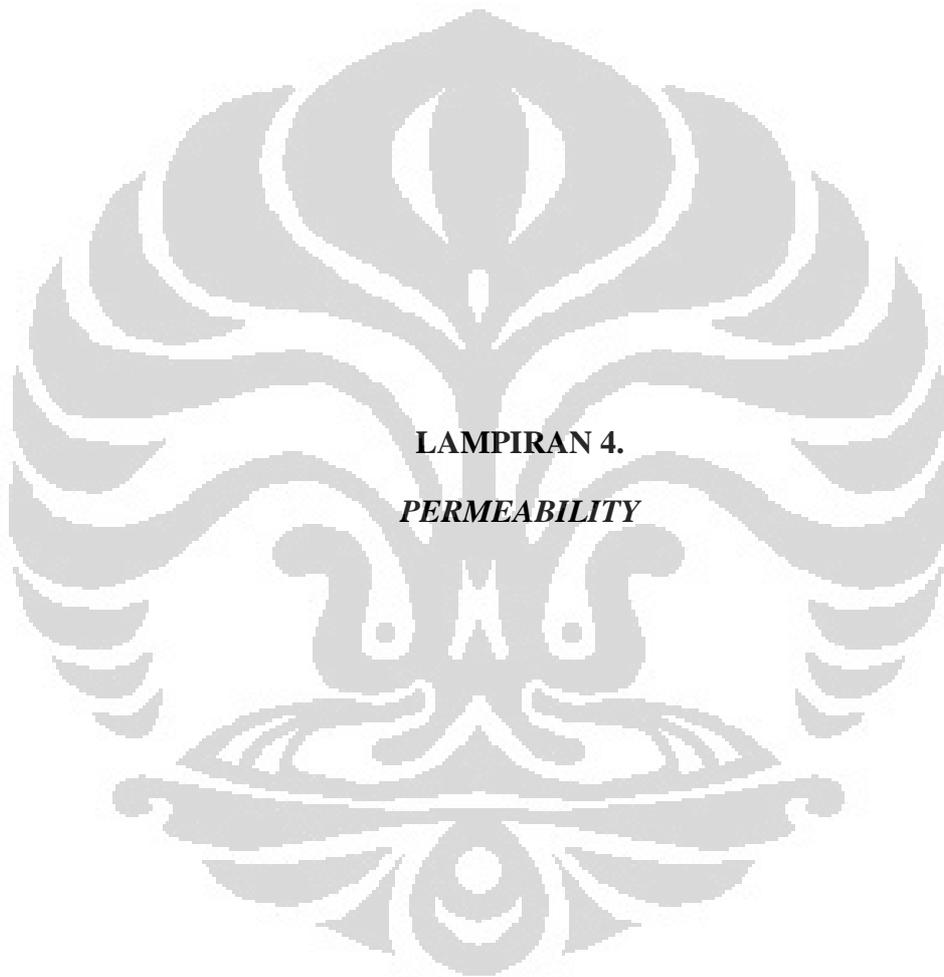
Pada prosedur ASTM, pembacaan *hydrometer* tidak dilakukan pada menit ke - 120, 240, 480, dan 960.



## HYDROMETER

|                     |       |
|---------------------|-------|
| HYDROMETER NO.      | 1     |
| Gs SOLIDS           | 2.5   |
| a                   | 1.030 |
| DISPERSING AGENT    |       |
| AMOUNT              |       |
| WEIGHT OF SOIL      | 60 gr |
| ZERO CORRECTION     | 2     |
| MENISCUS CORRECTION | 1     |

| TIME | ELAPSED TIME (minute) | TEMP °C | Cs  | Ra   | Rc    | % FINER | R    | L Table 6-5 | LA   | K Table 6-4 | D (mm) |
|------|-----------------------|---------|-----|------|-------|---------|------|-------------|------|-------------|--------|
|      | 1                     | 29      | 3.1 | 27   | 28.08 | 57.84   | 28   | 11.7        | 11.7 | 0.0129      | 0.044  |
|      | 2                     | 29      | 3.1 | 24   | 25.03 | 51.66   | 25   | 12.2        | 6.1  | 0.0129      | 0.032  |
|      | 3                     | 29      | 3.1 | 23   | 24.06 | 49.60   | 24   | 12.4        | 4.1  | 0.0129      | 0.026  |
|      | 4                     | 29      | 3.1 | 22   | 23.08 | 47.54   | 23   | 12.5        | 3.1  | 0.0129      | 0.023  |
|      | 6                     | 29      | 3.1 | 21.5 | 22.58 | 46.51   | 22.5 | 12.6        | 1.6  | 0.0129      | 0.016  |
|      | 15                    | 29      | 3.1 | 21   | 22.08 | 45.48   | 22   | 12.7        | 0.8  | 0.0129      | 0.012  |
|      | 30                    | 29      | 3.1 | 20   | 21.08 | 43.42   | 21   | 12.9        | 0.4  | 0.0129      | 0.008  |
|      | 60                    | 29      | 3.1 | 17   | 18.08 | 37.24   | 18   | 13.3        | 0.2  | 0.0129      | 0.006  |
|      | 120                   | 30      | 3.8 | 15   | 16.80 | 34.61   | 16   | 13.7        | 0.1  | 0.0128      | 0.004  |
|      | 240                   | 30      | 3.8 | 14   | 15.80 | 32.55   | 15   | 13.8        | 0.1  | 0.0128      | 0.003  |
|      | 480                   | 30      | 3.8 | 13   | 14.80 | 30.49   | 14   | 14.0        | 0.0  | 0.0128      | 0.002  |
|      | 960                   | 30      | 3.8 | 12   | 13.80 | 28.43   | 13   | 14.2        | 0.0  | 0.0128      | 0.002  |
|      | 1440                  | 30      | 3.8 | 11   | 12.80 | 26.37   | 12   | 14.3        | 0.0  | 0.0128      | 0.001  |



### A. Tujuan

Mencari nilai permeabilitas  $k$  dari suatu sampel tanah.

### B. Alat dan Bahan

1. *Mould permeability*
2. Gelas Ukur
3. Penggaris
4. Jangka sorong
5. *Stopwatch*
6. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
7. Tanah lolos saringan No.4 ASTM
8. Pasir lolos saringan No. 18 ASTM
9. Alat *Constant Head Test*

### C. Dasar Teori

Debit air yang mengalir  $q$  melalui tanah pada suatu *cross-section* area  $A$  adalah proporsional terhadap gradien  $i$  yaitu :

$$\frac{q}{A} \sim i$$

$$q = k i A$$

Koefisien  $k$  disebut sebagai “*koefisien permeabilitas*” Darcy atau “*koefisien permeabilitas*” atau “*permeabilitas tanah*”. Sehingga dengan begitu, permeabilitas adalah properti tanah yang menunjukkan kemampuan tanah untuk meloloskan air melalui partikel-partikelnya.

Permeabilitas dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan *seepage* (rembesan) dibawah bendungan, disipasi air akibat pembebanan tanah, dan drainase dari lapisan *subgrade*, bendungan, atau timbunan. Selain itu, tegangan efektif yang diperlukan dalam perhitungan masalah-masalah di atas juga secara tidak langsung berkaitan dengan permeabilitas.

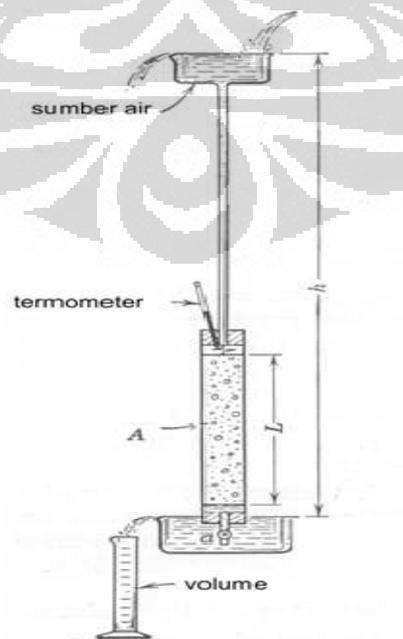
Permeabilitas tergantung oleh beberapa faktor. Yang utama adalah sebagai berikut :

- *Ukuran butiran.* Secara proporsional, ukuran pori berhubungan dengan ukuran partikel tanah
- *Properti aliran pori.* Untuk air adalah viskositasnya, yang akan berubah akibat dipengaruhi perubahan temperatur.
- *Void ratio*
- *Bentuk dan susunan pori-pori tanah*
- *Derajat saturasi.* Kenaikan derajat saturasi pada tanah akan menyebabkan kenaikan nilai permeabilitas.

Setidaknya ada empat metode di laboratorium untuk mencari nilai permeabilitas tanah, yaitu metode *Capillarity Head Test*, korelasi data konsolidasi untuk menghitung permeabilitas, *Variabel Head Test*, dan *Constant Head Test*. *Constant Head* umumnya lebih sering digunakan pada tanah *cohesionless* daripada *Variabel Head* karena instrumen yang lebih sederhana.

### Metode Constant Head Test

Metode ini hanya digunakan pada tanah dengan permeabilitas tinggi. Oleh karena itu, pada percobaan yang akan dilakukan perlu ditambahkan pasir untuk memodifikasi permeabilitas tanah lempung yang sangat kecil. Prinsip pada percobaan ini dapat dilihat pada gambar :



### Susunan Alat Constant Head Permeability Test

Penentuan nilai  $k$  dilakukan dengan cara mengukur penurunan tinggi muka air selama periode waktu tertentu dan pada saat ini tegangan air menjadi tidak tetap sehingga rumus Darcy dapat digunakan.

Misalnya pada ketinggian air ( $h$ ), penurunan ( $dh$ ) akan membutuhkan waktu ( $dt$ ), maka koefisien permeabilitas dapat diturunkan dari rumus Darcy sehingga menjadi :

$$q = k \cdot i \cdot A$$

$$i = \frac{h}{L}$$

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

dimana :

$k$  = koefisien permeability

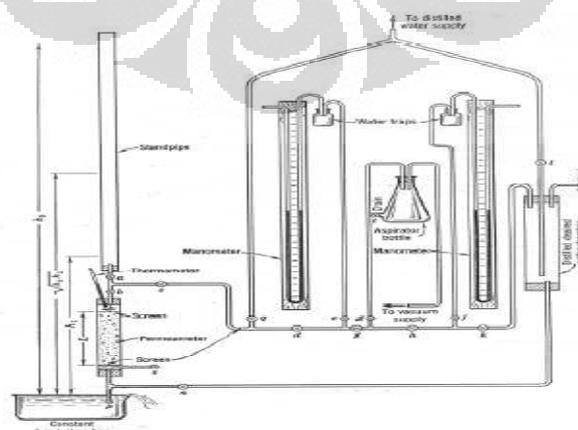
$A$  = luas sample tanah

$t$  = selang waktu

$L$  = tinggi sampel tanah

Apabila air yang melalui sampel tanah sedikit seperti pada sampel tanah lempung murni dimana nilai  $k$  sangat kecil, maka metode ini tidak efektif lagi digunakan untuk mengukur nilai  $k$ . Sehingga akan lebih baik menggunakan cara yang kedua, yaitu metode *Variabel Head*.

### Metode Variabel Head Test



Susunan Alat Variabel Head Permeability Test

Jumlah air yang mengalir pada *standpipe* dalam waktu tertentu adalah :

dimana :

$$q = a \cdot v = a \cdot \frac{dh}{dt}$$

$a$  = luas *cross-section standpipe*

$dh/dt$  = penurunan muka air

Sedangkan jumlah air yang merembes melalui tanah dalam waktu tertentu pada *permeameter* adalah :

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

Lalu dengan menyamakan jumlah air masuk dan air keluar, akan didapat koefisien permeabilitasnya:

$$q_{in} = q_{out}$$

$$\Leftrightarrow \frac{dh}{dt} = A \cdot k \cdot \frac{h}{L}$$

$$\Leftrightarrow \int_{h_0}^{h_1} \frac{dh}{h} = \int_{t_0}^{t_1} \frac{A \cdot k \cdot dt}{a \cdot L}$$

$$\Leftrightarrow \ln \frac{h_0}{h_1} = \frac{A \cdot k \cdot t}{a \cdot L}$$

$$k = 2.3 \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \log_{10} \frac{h_0}{h_1}$$

dimana:

$a$  = luas *cross-section standpipe*

$L$  = panjang sampel di dalam *permeameter*

$A$  = luas *cross-section permeameter*

$t$  = jumlah waktu pada waktu pengukuran

$h_0, h_1$  = tinggi head (Lihat gambar 7.2)

Koefisien permeabilitas pada suhu kamar ( $T^{\circ}\text{C}$ ) adalah  $K_T$  sedangkan untuk suhu standar ( $20^{\circ}\text{C}$ ) perlu dikonversi menjadi :

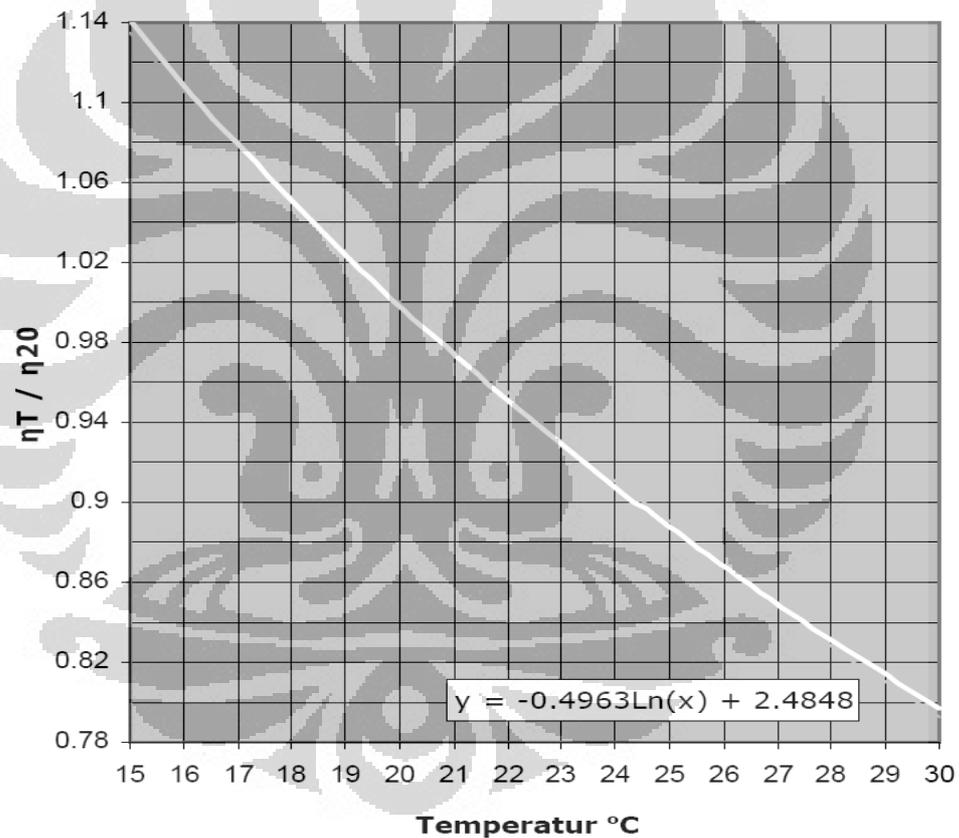
$$K_{20} = K_T ( \eta_T / \eta_{20} ) \quad (7.4)$$

dimana:

$\eta_T$  = viskositas cairan pada temperatur  $T^{\circ}\text{C}$ .

$\eta_{20}$  = viskositas cairan pada temperatur  $20^{\circ}\text{C}$ .

Perbandingan viskositas dapat dilihat pada gambar 7.3 di bawah ini (tabel koreksi viskositas cairan).



**Gambar 7.3** Grafik  $\eta_T / \eta_{20}$  (data *International Critical Tables*, Vol. V)

Menurut Tabel Koefisien Permeabilitas BS 8004: 1986, nilai-nilai permeabilitas untuk berbagai jenis tanah pada suhu standar (20°C) adalah sebagai berikut :

|                | 1  | $10^{-1}$ | $10^{-2}$  | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ | $10^{-5}$   | $10^{-6}$ | $10^{-7}$ | $10^{-8}$ | $10^{-9}$ | $10^{-10}$ |
|----------------|--|-----------|--|-----------|-----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Kerikil bersih | Pasir bersih dan campuran pasir-kerikil        |           | Pasir sangat halus, lanau dan lempung-lanau berlapis-lapis |           |           | Lempung tak bercelah dan lempung lanau (>20% lempung) |           |           |           |           |            |
|                | Lempung yang mengalami pengawetan dan bercelah |           |  |           |           |   |           |           |           |           |            |

### Koefisien Permeabilitas (m/s) (BS 8004: 1986)

Menurut Cassagrande pada tahun 1938, nilai-nilai *permeability* untuk berbagai jenis tanah pada suhu standar (20°C) adalah sebagai berikut :

| Jenis Tanah   | $k$ (m/s)                              |
|---|--|
| Kerikil   | $1 \times 10^{-2} - 1$                 |
| Pasir/campuran pasir-kerikil                            | $1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-2}$  |
| Pasir halus, lanau organik, campuran pasir, lanau, clay | $1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-5}$  |
| Clay padat  | $1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-9}$ |

### Koefisien Permeabilitas menurut Cassagrande

Menurut Wesley pada suhu standar (20°C) :

| Jenis Tanah                      | $k$ (m/s)                              |
|----------------------------------|--|
| Pasir berlempung, pasir berlanau | $5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-4}$  |
| Pasir halus                      | $1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$  |
| Pasir kelanauan                  | $1 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-5}$  |
| Lanau                            | $1 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-6}$  |
| Lempung                          | $1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-8}$ |

### Koefisien Permeabilitas menurut Wesley

## D. Prosedur

### 1. Persiapan Percobaan

- Menyiapkan tanah kering yang lolos saringan No.4 ASTM sebanyak  $\pm 6$  kg, dan pasir sebanyak  $\pm 6$  kg
- Menyiapkan mould permeability, kemudian mencatat data diameter tinggi, serta berat mould
- Mencampur tanah dengan pasir dengan perbandingan 1:2 sehingga terdapat sampel campuran pasir dengan tanah lalu mengaduknya hingga rata
- Kemudian memasukkan campuran tanah dan pasir untuk sampel tadi ke dalam mould hingga padat dan memfilter pada bagian atas dan dasar mould harus selalu terpasang
- Lalu menutup mould dan meletakkannya pada alat permeability

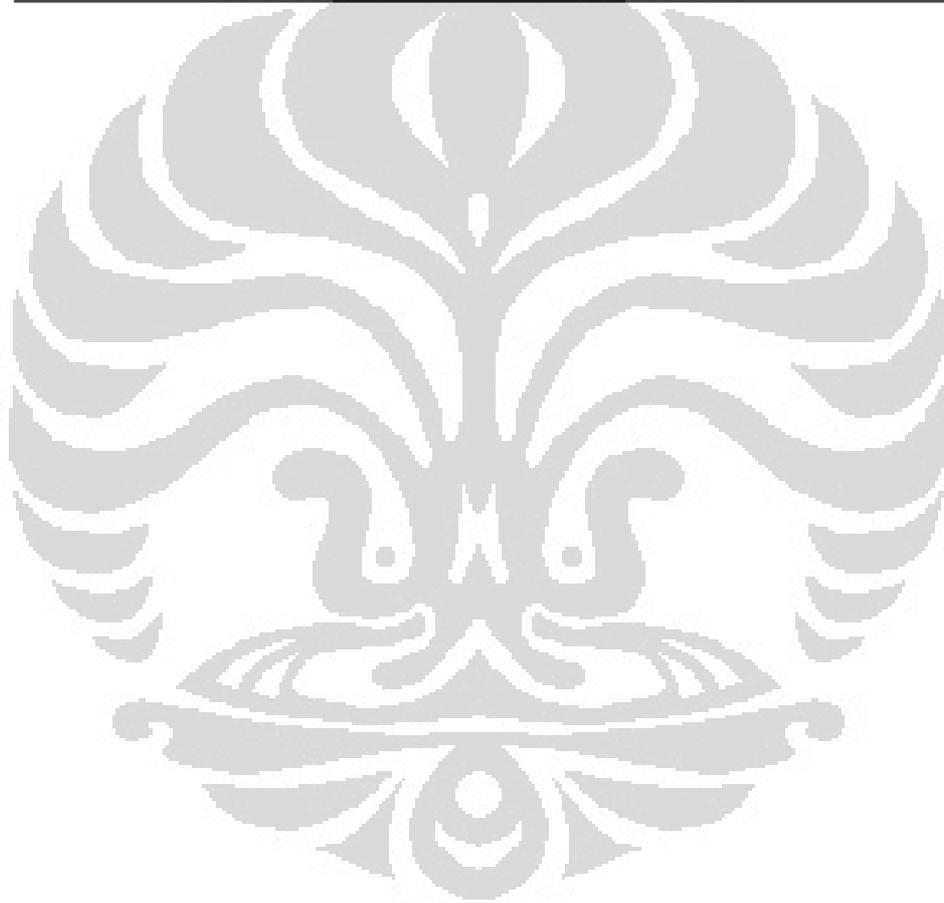
### 2. Jalannya Percobaan

- Percobaan yang dilakukan adalah *Constant Head Test*, pertamanya mengalirkan air melalui selang, naik ke reservoir di atas kemudian masuk ke mould permeability hingga seluruh tanah di dalam mould jenuh sempurna
- Mengeluarkan udara yang berada pada alat permeability hingga benar-benar tidak ada lagi udara yang tersisa di dalam dengan cara membuka sedikit bolt untuk mengeluarkan gelembung udara
- Membuat tinggi air yang berada di reservoir tetap, menjaganya agar tidak terjadi gelombang
- Mengukur tinggi muka air dan reservoir ke mould (h)
- Memperhatikan air yang keluar dari mould, hingga tidak terjadi perubahan (konstan)
- Kemudian menampung air limbah tersebut ke dalam gelas ukur
- Mengukur volume yang tertampung selama waktu yang ditentukan tersebut (v)
- Mengulang percobaan untuk sampel 2 dan 3, kemudian melakukan perhitungan nilai permeabilitas

## PERMEABILITY

|        |                        |
|--------|------------------------|
| $\phi$ | 8 cm                   |
| A      | 28.274 cm <sup>2</sup> |
| h      | 2 cm                   |

| SAMPLE          | a<br>(cm <sup>3</sup> ) | Displacement<br>(mm) | L<br>(cm) | t<br>(second) | h1<br>(cm) | h2<br>(cm) | K<br>(cm/second) |
|-----------------|-------------------------|----------------------|-----------|---------------|------------|------------|------------------|
| Komposisi 1:1.5 | 1.77                    | 0.024                | 1.9978    | 900           | 52         | 50.8       | 3.24039E-08      |
| Komposisi 1:2   | 1.77                    | 0.008                | 1.9982    | 900           | 56.8       | 54.4       | 5.98668E-08      |
| Komposisi 1:1.5 | 1.77                    | 0                    | 2         | 900           | 51.3       | 50.4       | 2.45948E-08      |
|                 |                         |                      | 2         |               |            |            | #DIV/0!          |
|                 |                         |                      | 2         |               |            |            | #DIV/0!          |
|                 |                         |                      | 2         |               |            |            | #DIV/0!          |
|                 |                         |                      | 2         |               |            |            | #DIV/0!          |
|                 |                         |                      | 2         |               |            |            | #DIV/0!          |





## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Maksud dan Tujuan Percobaan

Mengetahui distribusi ukuran butiran tanah yang berdiameter 4.76 mm sampai 0.074 mm (lolos saringan No. 4 ASTM dan tertahan saringan No. 200)

### 1.2 Alat-alat dan Bahan

- ✓ Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
- ✓ Saringan standar ASTM No. 10, 18, 40, 100, 200, serta pan
- ✓ Piringan kaleng
- ✓ Can
- ✓ *Motorized Dynamic Sieve Shaker*
- ✓ Sikat gigi
- ✓ Oven
- ✓ Tanah dari percobaan hydrometer yang tertahan saringan No. 200 ASTM

### 1.3 Teori dan Rumus yang Digunakan

Tanah terdiri atas tiga unsur yaitu butiran, air, dan udara. Sifat-sifat suatu tanah tertentu banyak tergantung pada ukuran butirannya. Ukuran butiran menentukan klasifikasi macam tanah tersebut. Untuk butiran yang kasar dipakai metode *sieving* dalam penentuan distribusi ukurannya. Tanah dikeringkan dan disaring pada serangkaian saringan dengan ukuran diameter kisi saringan tertentu mulai dari yang kasar hingga yang halus. Dengan demikian butiran tanah terpisah menjadi beberapa bagian dengan batas ukuran yang diketahui.

Rumus yang digunakan untuk percobaan *sieve analysis* ini adalah:

$$\text{Persentase tanah tertahan (\% tertahan)} = \frac{w_{\text{tertahan}}}{w_{\text{total}}} \times 100 \%$$

$$\text{Persentase tanah lolos (\% lolos)} = 100 \% - \% \text{ tertahan}$$

$$w_{\text{tertahan}} = w_{\text{tanah}} - w_{\text{tanah total sesudah penyaringan}}$$

Kesalahan penimbangan sampel tanah sebelum dan sesudah penyaringan adalah:

$$\text{Kesalahan relatif} = \frac{w_d - w_t}{w_d}$$

\*tidak boleh melebihi 2 %

dengan:

$w_d$  = berat butiran tanah sebelum proses sieving

$w_t$  = berat butiran tanah total setelah proses sieving

## II. PRAKTIKUM

### 2.1 Persiapan Percobaan

1. Menyaring tanah yang digunakan dalam percobaan *hydrometer* dengan saringan No. 200 ASTM agar bersih dari butiran *clay*, *silt*, dan koloid-koloid.
2. Memasukkan tanah yang sudah bersih ke dalam *can*, lalu memasukkan ke dalam oven selama  $\pm 18$  jam.

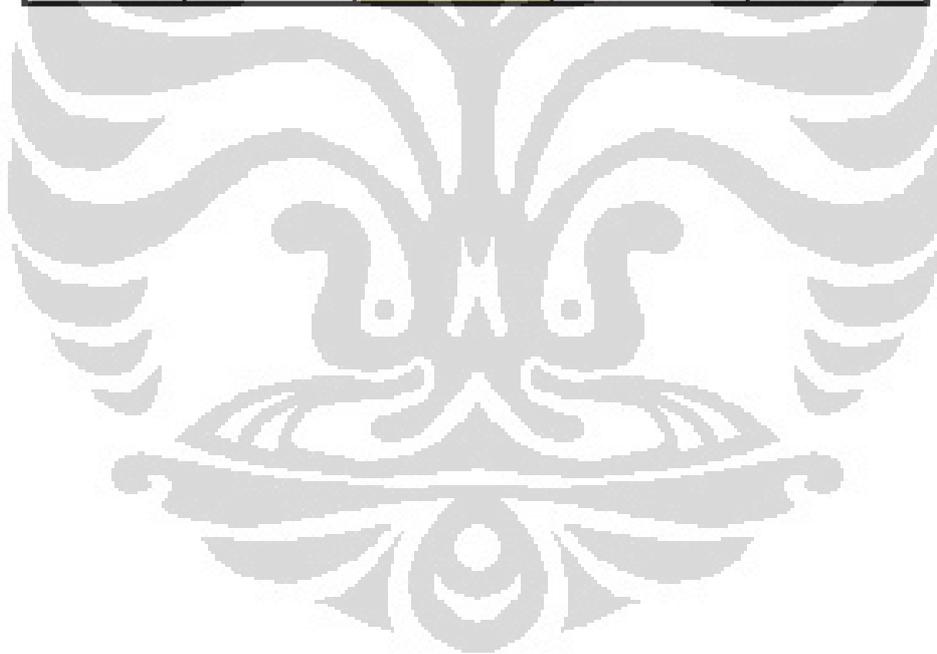
### 2.2 Jalannya Percobaan

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

## SIEVE ANALYSIS

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| <b>DRY SAMPLE + CONTAINER</b> | 70 gram |
| <b>W. CONTAINER</b>           | 20 gram |
| <b>W. DRY SAMPLE</b>          | 50 gram |

| SIEVE NO. | DIAM (mm) | W. RETAINED (gram) | % RETAINED | %PASSING |
|-----------|-----------|--------------------|------------|----------|
| 4         | 4.75      | 0                  | 0.00       | 100.00   |
| 10        | 2         | 0.39               | 0.78       | 99.22    |
| 18        | 0.84      | 0.1                | 0.20       | 99.02    |
| 40        | 0.42      | 0.24               | 0.48       | 98.54    |
| 100       | 0.15      | 0.3                | 0.60       | 97.94    |
| 200       | 0.075     | 0.37               | 0.74       | 97.20    |
|           | 0.044     |                    |            | 57.84    |
| PAN       |           | 0.05               | 0.10       | 99.90    |

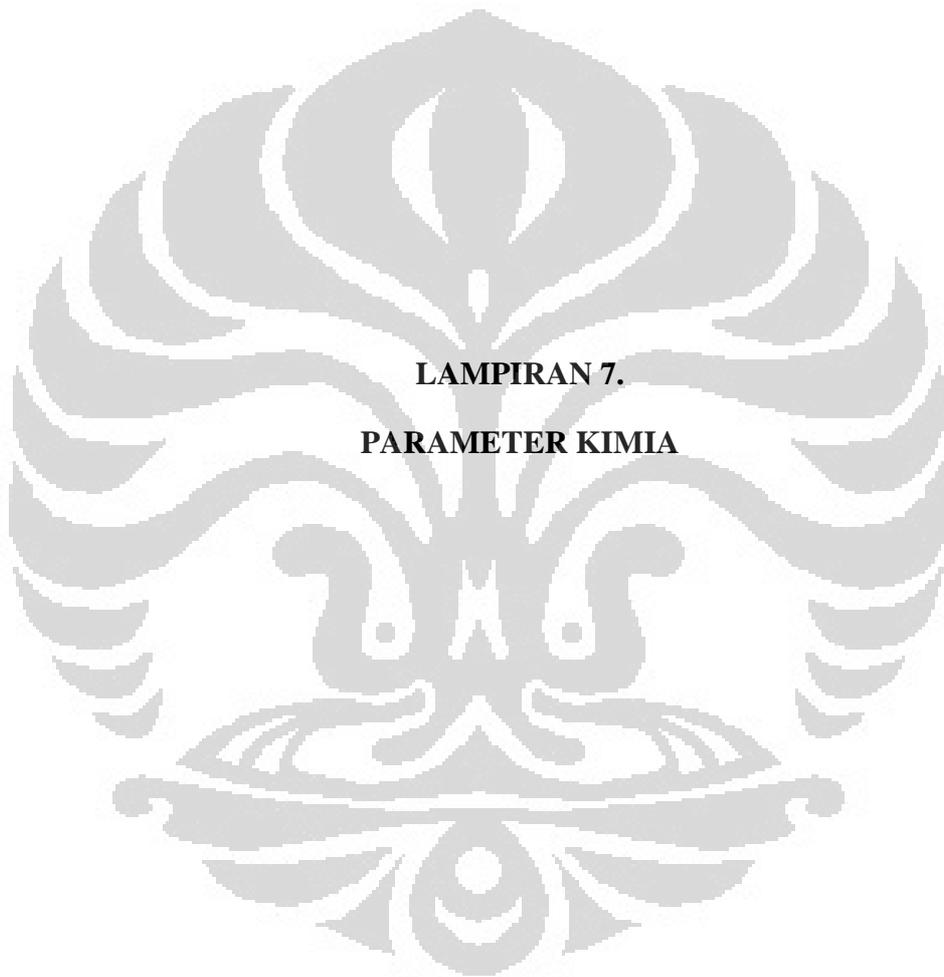




**LAMPIRAN 6.**  
**DOKUMENTASI PERCOBAAN**

## Dokumentasi Pemeriksaan Karakteristik Fisik Kompos dan Campuran





**LAMPIRAN 7.**  
**PARAMETER KIMIA**

## KADAR AIR

### Bahan

1. Sample kompos  $\pm 10$  gram untuk satu cawan (pengukuran dilakukan untuk kompos variasi A, B dan C)

### Alat

1. Oven
2. Cawan
3. Timbangan analitik
4. Desikator

### Cara Kerja

1. Memanaskan cawan yang akan digunakan selama 3 jam
2. Memasukkan ke dalam desikator selama 30 menit
3. Menimbang cawan kosong
4. Menimbang cawan yang telah diambahkan kompos  $\pm 10$  gram
5. Memasukan cawan ke dalam oven dengan suhu  $1100^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam
6. Memasukkan ke desikator selama 30 menit
7. Menimbang kembali cawan berisi sample
8. Mencatat hasil pengukuran

## Pengukuran Nilai C/N

### Kadar Nitrogen (N)

Pengukuran nitrogen sesuai dengan Hach DR/2000 *Spectrophotometer Handbook* (1985), diukur dengan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 425 nm.

Pengukuran nitrogen terdiri dari nitrogen organik dan anorganik.

### Bahan

1. Sample yang telah dihilangkan kadar airnya  $\pm 1$  gram
2. *Demineralized water*
3. *Selenium* 1 gram
4. Parafin 5 ml
5. Beberapa tetes PP
6. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 ml atau 1 ml atau 5 ml

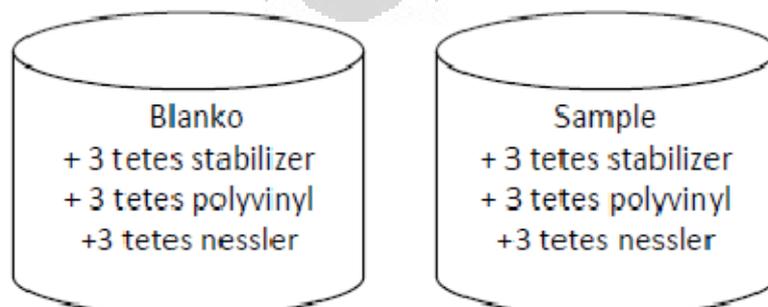
### Alat

1. Oven
2. Cawan porselin
3. Kertas saring
4. Corong
5. *Hot plate*
6. Gelas ukur 100 ml
7. Erlenmeyer 125 ml
8. Pipet volumetri 1 ml.
9. Kuvet spektrofotometer.
10. Labu ukur 100 ml.
11. *Beaker glass* 250 ml.
12. Labu Kjaldehl

## Pengukuran Nitrogen Organik

### Cara Kerja

1. Memasukkan sample 1 gram, selenium 1 gram, parafin 5 ml dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ke dalam erlenmeyer 125 ml
2. Memanaskan di *hot plate* dengan suhu 3000 C dengan waktu 30 menit sampai 1 jam
3. Menambahkan sedikit air ke erlenmeyer kemudian sedikit diaduk
4. Menyaring sample yang telah dipanaskan
5. Merangkai Kjaldehl dengan memperhatikan selang yang ada
6. Melakukan pengenceran, misalnya sample dipipet 1 ml kemudian diencerkan hingga 50 ml
7. Mempersiapkan blanko yang berisi 25 ml air suling di dalam kuvet sampai batasnya
8. Mempersiapkan sample dan blanko di dalam kuvet, kemudian ditambahkan 3 tetes mineral *stabilizer*, *poliyvinil alcohol* dan 1 ml *nessler reagent*
9. Menyiapkan spektrofotometer dengan mengatur *wavelength* hingga 425 nm di display
10. Tekan READ/ENTER. Tekan SHIFT, TIMER.
11. Masukkan blanko ke dalam spektrofotometer, ditutup.
12. Tekan ZERO, hingga muncul 0,00 mg/L N-NH<sub>3</sub>.
13. Masukkan sampel sampel ke dalam spektrofotometer.
14. Tekan READ/ENTER.
15. Dicatat hasil yang tertera di display.



### Pengukuran Nitrogen Anorganik

1. Menyiapkan sample yang telah dipanaskan 10 ml dimasukkan ke dalam labu destruksi
2. Ke dalam labu destruksi Ditambahkan parafin 5 ml, selenium 1 gr dan beberapa tetes PP
3. merangkai alat, untuk selang yang putih dialirkan air dari keran dan disambungkan ke bagian atas labu destruksi dan hijau dialirkan dari bagian bawah labu destruksi ke bagian bawahnya
4. Erlenmeyer yang telah bersisi  $H_2SO_4$  2 N 10 ml disambungkan ke rangkaian alat dengan permukaan mulut tabung dilapisi vaselin agar tidak lengket
5. Diujung rangkaian ditambahkan NaOH 5 ml (sampai berwarna merah)
6. Memanaskan dengan suhu 3050C, apabila terjadi kenaikan atau ledakan harus dilakukan pengawasan atau pengaturan suhu selama 1,5 jam
7. Melakukan pengenceran untuk diukur di spektrofotometri
8. Mempersiapkan blanko yang berisi 25 ml air suling di dalam kuvet sampai batasnya
9. Mempersiapkan sample dan blanko di dalam kuvet, kemudian ditambahkan 3 tetes mineral *stabilizer*, *poliyvinil alcohol* dan 1 ml *nessler reagent*
10. Menyiapkan spektrofotometer dengan mengatur *wavelength* hingga 425 nm di display
11. Tekan READ/ENTER. Tekan SHIFT, TIMER.
12. Masukkan blanko ke dalam spektrofotometer, ditutup.
13. Tekan ZERO, hingga muncul 0,00 mg/L N-NH<sub>3</sub>.
14. Masukkan sampel ke dalam spektrofotometer.
15. Tekan READ/ENTER
16. Dicatat hasil yang tertera di display.

## Kadar Karbon (C)

### Bahan

1. Sample yang telah dihilangkan kadar airnya  $\pm 0,1$  gram
2.  $K_2Cr_2O_7$  2N 5 ml
3.  $H_2SO_4$  pekat 5 ml
4. Air suling
5. Kertas saring

### Alat

1. Erlenmeyer 250 ml
2. Gelas ukur 100 ml
3. Corong
4. Labu semprot.

### Cara kerja

1. Memasukkan sample 0,1 gram, ditambahkan  $K_2Cr_2O_7$  2N 5 ml dan  $H_2SO_4$  pekat 5 ml
2. Didinginkan dan dihipitkan dengan penambahan air suling ke dalam labu ukur sampai 100 ml kemudian disaring dengan kertas saring
3. Melakukan pengenceran untuk diukur di spektrofotometri dengan metode 380 dan mengatur *wavelength* yang dinyatakan pada display
4. Mempersiapkan blanko yang berisi 25 ml air suling di dalam kuvet sampai batasnya
5. Mempersiapkan sample dan blanko di dalam kuvet, kemudian ditambahkan 3 tetes mineral *stabilizer*, *poliyvinil alcohol* dan 1 ml *nessler reagent*
6. Tekan READ/ENTER.kemudian Tekan SHIFT,TIMER.
7. Masukkan blanko ke dalam spektrofotometer,ditutup.
8. Tekan ZERO, hingga muncul 0,00 mg/L N-NH<sub>3</sub>.
9. Masukkan sampel sampel ke dalam spektrofotometer.

10. Tekan READ/ENTER
11. Dicatat hasil yang tertera di display

## Pengukuran pH

### Bahan

1. Sampel
2. Air suling.

### Alat

1. Indikator pH universal
2. pH meter
3. Tabung reaksi.
4. Gelas ukur
5. Labu semprot

### Cara Kerja

1. Disiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Sample dimasukkan ke dalam tabung reaksi.
3. Ditambah air suling, dimana perbandingan contoh dengan air 1:10, dengan sample 10 gram menggunakan air 100 ml
4. Dinaikkan pada *stirer* dan diaduk selama 1 jam
5. Diperiksa pH dengan indikator universal dan pH meter

## Pengukuran *Water Holding Capacity* (WHC)

### Bahan

1. Sample 200 gram

### Alat

1. Saringan ½ in, 3/8 in
2. Baskom penampung air
3. kertas asaring seukuran dengan permukaan bawah saringan
4. Gelas ukur
5. Air suling

### Cara kerja

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



**LAMPIRAN 8.**

***COMPOST STANDARD***

TABLE 3. SUMMARY OF COMPOST ATTRIBUTES FOR DIFFERENT PURPOSES

| ATTRIBUTE                       | TOPSOIL CLASS A    | TOPSOIL CLASS B                | TOPSOIL CLASS C      | WETLAND SUBSTRATE   | MULCH CLASS A                | MULCH CLASS B          |
|---------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------|---|------------------------------|------------------------|
| Purpose                         | High contact areas | Low contact areas              | Landfill daily cover | Wetland restoration   | Stabilize slopes             | General Mulching needs |
| Stability                       | Mature             | Mature or semi-mature or fresh | Mature, semi-mature  | Mature or semi-mature   | Mature                       | Mature                 |
| Odor                            | A                  | B                              | B                    | B   | A,B                          | A,B                    |
| Pathogens                       | C,D                | C,D                            | E                    | C   | C,D                          | C,D                    |
| Heavy metals<br>PCB's, dioxin   | F                  | F                              | G                    | F   | F                            | F                      |
| pH                              | 6.1-7.8 H          | 6.1-7.8 H                      | 5.5-8.5 H            | 3.6-4.4 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<br>0.5" 90            | 12" 100<br>1" 80     | 3" 85-90<br>#4 75-100<br>#10 60-100<br>#40 30-80<br>#200 0-30 | 6" 100<br>1" 0-50<br>#4 0-25 | 6" 100<br>#4 0-25      |
| Soluble Salt content (mmhos/cm) | 2                  | 2                              | 10                   | 1   | 1                            | 1                      |
| Moisture(%)                     | 40-60              | 40-60                          | 65                   | 40-60   | 35-65                        | 35-65                  |
| Foreign matter (%)              | 2                  | 4                              | 50                   | 2   | 2                            | 2                      |
| Organic matter(%)               | Y3 I               | Y3 I                           | J                    | Y40 K   | J,L                          | J,L                    |

\* 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   |

**CODES:**

- A** - Minimal odor in areas of high public contact.
  - B** - Odors are allowed in areas of low public contact, but must not be foul or putrefactive.
  - C** - Materials containing municipal sludge or septage must meet DEP's PFRP requirements.
  - D** - Extra cautions may be desired where people will be in direct contact with material containing municipal sludge or septage (e.g. on playgrounds).
  - E** - Materials containing municipal sludge or septage must meet DEP's PSRP requirements.
  - F** - Meets DEP's requirements for heavy metals, PCB's, and dioxins as established in the Rules for Land Application of Sludge and Residuals. Chapter 567.
  - G** - Exceeds the DEP limits for heavy metals by no more than 200% and meets the requirements for PCB's and dioxins as established in the Rules for Land Application of Sludge and Residuals. Chapter 567.
  - H** - Specific purposes may require a pH outside this range. See horticultural recommendations for the specific use.
  - I** - After mixing with mineral soil, the final topsoil mix should have at least 3% organic matter.
  - J** - Organic matter % will be acceptable if other characteristics are met.
  - K** - Acceptable organic matter levels will depend on the needs of the types of vegetation to be re-established.
  - L** - High proportion of wood or other resistant material is desirable.
- 

**EFFECTIVE DATE:**

January 16, 1991

**EFFECTIVE DATE (ELECTRONIC CONVERSION):**

May 4, 1996

**CONVERTED TO MS WORD:**

May 21, 2008

## APPENDIX A

## MIX RATIOS FOR CREATING ARTIFICIAL TOPSOIL USING COMPOST

| Compost<br>Conductivity<br><br>mmhos/cm | Ratio of Mineral Soil to Compost |                  |
|---|----------------------------------|------------------|
|   | Class A or B                     | Class C          |
| .5 or less                              | *                                | *                |
| 1                                       | *                                | *                |
| 2                                       | *                                | *                |
| 3                                       | 0.5:1 to 0.75:1                  | *                |
| 4                                       | 1.0:1 to 1.25:1*                 |                  |
| 5                                       | 1.5:1 to 1.75:1                  | 0.25:1 to 0.50:1 |
| 6                                       | 2.0:1 to 2.25:1                  | 0.50:1 to 0.75:1 |
| 7                                       | 2.5:1 to 2.75:1                  | 0.75:1 to 1.00:1 |
| 8                                       | 3.0:1 to 3.25:1                  | 1.00:1 to 1.25:1 |
| 9                                       | 3.5:1 to 3.75:1                  | 1.25:1 to 1.50:1 |
| 10                                      | 4.0:1 to 4.25:1                  | 1.50:1 to 1.75:1 |

\* Mixture with mineral soil is not essential at these lower salt concentrations.