

TUGAS AKHIR

ANALISIS KUAT GESER *SOIL-COMPOST MIXTURE* SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF PENUTUP HARIAN TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) TAMANGAPA



WAHID ANANTA PUTRA DG. MADDIU

D121 14 303

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2019





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : Analisis Kuat Geser Soil - Compost Mixture Sebagai Material Alternatif Penutup Harian Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tamangapa

Disusun Oleh :

Nama : Wahid Ananta Putra Dg. Maddiu

D121 14 303

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 30 Januari 2019

Pembimbing I

Pembimbing II

 Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T.
NIP. 197312012000122001


Dr. Eng. Asiyanthi T Lando, S.T., M.T.
NIP. 198001202002122002

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan




Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
Nip. 197204242000122001



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan ridho-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul **“Analisis Kuat Geser *Soil-Compost Mixture* Sebagai Material Alternatif Penutup Harian Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tamangapa”**. Shalawat dan salam selalu tucurahkan kepada junjungan seluruh umat manusia Nabi Muhammad SAW, pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi umat manusia. Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pencapaian tugas akhir ini tidak terlepas dari jasa-jasa orang tua penulis. Ungkapan terima kasih yang tulus penulis persembahkan untuk kedua orang tua tercinta Ayahanda Haris Abd. Kadir dan Ibunda Sitti Hamsina atas doa-doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah dan telah mencurahkan segenap kasih sayang yang tak terbatas serta segala bentuk motivasi yang tak akan pernah dapat terbalaskan. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada saudara-saudara tercinta Agum, Aldi dan Akil. Terima kasih atas segala dukungan dan motivasi yang telah diberikan, serta untuk seluruh keluarga besar Abd. Kadir Dg. Maddiu dan H. Intje Rased H. Moeda yang telah memberikan dukungan dan doa demi kelancaran penelitian ini.

Dalam proses penyusunan hingga terselesaikannya tugas akhir ini, penulis sangat terbantu oleh banyak pihak, karenanya penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.



3. Ibu Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Dr. Eng. Asiyanthi T. Lando, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. Muh. Akbar Caronge, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah menyediakan waktunya untuk memberi saran kepada penulis.
5. Ibu Dr. Eng. Ir. Rita Tahir Lopa, M.T. selaku Kepala Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
7. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada staf S1 Departemen Teknik Lingkungan Ibu Sumiati dan Kak Olan yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi untuk menunjang skripsi penulis.
8. Untuk partner TA penulis, saudari Hartina Astari dan Hardiyanti Rahayu atas kerjasamanya yang selalu setia menemani dan membantu mulai dari pengambilan data hingga penulisan tugas akhir ini selesai.
9. Untuk partner kerja praktek di PT. ANTAM UBPB Tayan, saudara Muhammad Rizal yang selalu memberikan dukungan serta bantuan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
10. Untuk rekan-rekan penulis, saudara Anjas, Maman, Ghalib, Windu, Bair, Fian, Mutia, Mitra, Fuah, Aulia, Ebi, Ode, Lulu, dan Suarna yang banyak membantu dalam pengambilan data dan juga untuk saudari Diana Fauziah yang telah banyak membantu penulis dalam proses pengolahan data.

Untuk kanda-kanda dan teman-teman asisten Laboratorium Hidrolika yang telah memberikan banyak pemahaman dan pengalaman kepada penulis.



12. Untuk teman-teman pengurus HMTL FT-UH periode 2017/2018 atas kerjasama, loyalitas dan kebersamaannya selama menjabat sebagai pengurus himpunan.
13. Untuk Koordinator dan Sekretaris Angkatan Sipil 2014 saudara Alvin Amartya NH dan Rizkiyanto M. Taher yang selalu memberikan semangat kepada penulis dalam hal akademik dan organisasi.
14. Untuk teman-teman SPARTAN14 dan Portal 2015 yang telah berbagi cerita bersama baik dalam suka maupun duka yang akan selalu dikenang oleh penulis dan mengajarkan arti kebersamaan, solidaritas serta nilai dari sebuah proses.
15. Untuk teman-teman Angkatan Pertama SMA Al-Azhar Palu yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis hingga saat ini.
16. Untuk kelompok pengabdian masyarakat KKN Gelombang 99 Kelurahan Bori Appaka, saudara Nadzar, Dewi, Sara dan Erna.
17. Dan kepada rekan, sahabat, saudara dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas setiap bantuan dan doa yang diberikan.

Semoga Allah SWT membalaskan kebaikan kepada kalian semua. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, penulis berharap tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Gowa, Desember 2018

Penulis,

WAHID ANANTA PUTRA
D121 14 303



ABSTRAK

WAHID ANANTA PUTRA DG. MADDIU. *Analisis Kuat Geser Soil-Compost Mixture Sebagai Material Alternatif Penutup Harian Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tamangapa* (dibimbing oleh Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T. dan Dr. Eng. Asyianti T. Lando, S.T., M.T.)

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan tempat dimana sampah mencapai akhir dalam tahap pengelolaannya. Sistem pengelolaan sampah di TPA perlu ditangani dengan baik karena memiliki dampak terhadap kualitas lingkungan. TPA Tamangapa merupakan tempat pembuangan akhir sampah hasil produksi penduduk kota Makassar yang berlokasi di Tamangapa. *Sanitary Landfill* adalah konsep penimbunan sampah yang dilakukan di dalam tanah, dimana sampah dimasukkan kedalam lubang kemudian dipadatkan yang selanjutnya ditimbun dengan tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi nilai kuat geser campuran tanah-kompos dan kelayakan campuran tanah-kompos sebagai material alternatif penutup harian TPA Tamangapa. Metodologi yang dilakukan adalah dengan melakukan pengambilan sampel bekas tanah penutup TPA serta kompos yang dihasilkan di TPA Tamangapa dan melakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah dengan melakukan percobaan kadar air, berat jenis, analisa saringan, *atterberg limit*, kepadatan, dan *unconfined compression strength* yang kemudian dianalisis. Hasil yang didapatkan adalah semua nilai kuat geser yang didapatkan melebihi standar yang telah ditetapkan oleh *Environmental Protection Agency (EPA)* dan *Environment Agency* (2011a) yaitu, tidak kurang dari 40 kN/m^2 atau $0,408 \text{ kg/cm}^2$.

Kata Kunci : TPA Tamangapa, *Sanitary Landfill*, Lapisan Penutup Harian, Kuat Geser Tanah, Campuran Tanah-Kompos, Tanah Penutup TPA.



ABSTRACT

WAHID ANANTA PUTRA DG. MADDIU. *The Analysis Of Soil-Compost Mixture Shear Strength As An Alternative Daily Cover Material Of Tamangapa Landfill* (Supervised by Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T. dan Dr. Eng. Asyianti T. Lando, S.T., M.T.)

Landfill is the place where waste reaches the end in its stage management. Landfill waste management system needs to be handled properly because it has impact on the quality of the environment. Tamangapa landfill is a landfill of trash that produced by the people of Tamangapa, Makassar. Sanitary Landfills is a trash landfill concept where stockpiling waste is carried out in the soil, where trash is put into a hole, solidified, then buried with soil. The aim of the research is to evaluate the value of shear strength soil-compost mixture and the feasibility of soil-compost mixture as alternative daily cover material of Tamangapa Landfill. Methodology that is done by taking sample of former landfill cover soil and compost that produced at Tamangapa landfill and take test in the soil mechanics laboratory by conducting experiments with moisture content, specific gravity, sieve analysis, atterberg limit, density, and unconfined compression strength which then analyzed. The results obtained are all shear strength values obtained exceeds the standards set by the Environmental Protection Agency (EPA) and Environment Agency (2011a) that is no less than 40 kN/m² or 0.408 kg/cm².

Keywords: Tamangapa Landfill, Sanitary Landfill, Daily Cover, Shear Strength, Soil-Compost Mixture, Landfill Cover.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Penelitian Terdahulu	6
B. TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Sampah	7
C. Pengertian Sampah secara Umum	11
D. Gambaran Umum Tanah	14
E. Klasifikasi Tanah	15
F. Gambaran Umum Tanah TPA	21
G. Pengertian Kompos	27
H. Kepadatan Tanah	29
I. Kuat Geser Tanah	31



BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Kerangka Kerja Penelitian	34
B. Gambaran Umum dan Lokasi Pengambilan Sampel	35
C. Sumber Data	36
D. Metode Pengumpulan Data	39
E. Analisis Data	39
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Pemeriksaan dan Karakteristik Fisis Tanah TPA	50
B. Pemeriksaan Ukuran Partikel dan Karakteristik Fisis Kompos	53
C. Hasil Pemeriksaan dan Karakteristik Mekanis Campuran Tanah-Kompos	55
D. Hasil Pemeriksaan Nilai Kuat Geser Campuran Tanah-Kompos	65
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	75
B. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Simbol Pada Klasifikasi Tanah <i>Unified</i>	16
Tabel 2.	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem <i>Unified</i>	17
Tabel 3.	Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO	19
Tabel 4.	Alat dan Gambar Pengujian Sifat Fisis	37
Tabel 5.	Alat dan Gambar Pengujian Sifat Mekanis	38
Tabel 6.	Hubungan Antara Sifat Mekanis Tanah Dengan Kuat Tekan Bebas	47
Tabel 7.	Rentang Nilai <i>Plasticity Index</i> Material Tanah	51
Tabel 8.	Simbol Pada Klasifikasi Tanah <i>Unified</i>	53
Tabel 9.	Data Pemeriksaan Ukuran Partikel Kompos TPA Tamangapa	53
Tabel 10.	Hasil Uji Kompaksi dengan Variasi Penambahan Kompos	58
Tabel 11	Rekapitulasi Hasil Pengujian Tanah, Kompos dan Campuran Tanah-Kompos	63
Tabel 12.	Rekapitulasi Nilai Kuat Geser Variasi Campuran Tanah-Kompos	70
Tabel 13.	Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser Variasi Campuran Tanah-Kompos	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Diagram Plastisitas	18
Gambar 2.	Garis keruntuhan menurut Mohr dan Hukum Mohr-Coulomb	32
Gambar 3.	Skema Proses Kuat Geser Pada Tanah TPA	33
Gambar 4.	Skema Alur Penelitian	34
Gambar 5.	Lokasi Pengambilan Sampel	36
Gambar 6.	Skema Uji Tekan Bebas	48
Gambar 7.	Hasil Pengujian Batas Cair	51
Gambar 8.	Gradasi Butiran	52
Gambar 9.	Grafik Hubungan Antara Kadar Air Dengan Berat Isi Kering Komposisi 0% (100% Tanah Asli)	56
Gambar 10.	Grafik Hubungan Antara Kadar Air Dengan Berat Isi Kering Komposisi 0,4% Campuran Kompos	56
Gambar 11.	Grafik Hubungan Antara Kadar Air Dengan Berat Isi Kering Komposisi 0,8% Campuran Kompos	57
Gambar 12.	Grafik Hubungan Antara Kadar Air Dengan Berat Isi Kering Komposisi 1,2% Campuran Kompos	57
Gambar 13.	Histogram Nilai Kuat Tekan Bebas Konsentrasi 0% (100% Tanah Asli)	59
Gambar 14.	Histogram Nilai Kuat Tekan Bebas Konsentrasi 0,4% Campuran Kompos	59
Gambar 15.	Histogram Nilai Kuat Tekan Bebas Konsentrasi 0,8% Campuran Kompos	60
Gambar 16.	Histogram Nilai Kuat Tekan Bebas Konsentrasi 1,2% Campuran Kompos	61
Gambar 17.	Histogram Nilai Kuat Tekan Bebas Waktu Pemeraman 0 Hari	62
Gambar 18.	Histogram Nilai Kuat Tekan Bebas Waktu Pemeraman 3 Hari	62



Gambar 19. Histogram Nilai Kuat Tekan Bebas Waktu Pemeraman 7 Hari	63
Gambar 20. Histogram Nilai Kuat Geser Konsentrasi 0% (100% Tanah Asli)	66
Gambar 21. Histogram Nilai Kuat Geser Konsentrasi 0,4% Campuran Kompos	67
Gambar 22. Histogram Nilai Kuat Geser Konsentrasi 0,8% Campuran Kompos	67
Gambar 23. Histogram Nilai Kuat Geser Konsentrasi 1,2% Campuran Kompos	68
Gambar 24. Histogram Nilai Kuat Geser Waktu Pemeraman 0 Hari	69
Gambar 25. Histogram Nilai Kuat Geser Waktu Pemeraman 3 Hari	79
Gambar 26. Histogram Nilai Kuat Geser Waktu Pemeraman 7 Hari	70
Gambar 27. Grafik Perbandingan Nilai Kuat Geser	71
Gambar 28. Grafik Persamaan Nilai Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser Untuk Waktu Pemeraman 0 Hari	73
Gambar 29. Grafik Persamaan Nilai Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser Untuk Waktu Pemeraman 3 Hari	73
Gambar 30. Grafik Persamaan Nilai Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser Untuk Waktu Pemeraman 7 Hari	74



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampah adalah barang terbuang dan tidak terpakai lagi serta hanya memakan tempat untuk di tampung dan menyebabkan kesehatan manusia lamakelamaan akan menurun, dan akibat dari dampak sampah yang tidak memiliki nilai dan hanya akan menambah permasalahan saat pengelolaannya yang tidak tepat. Di dalam ilmu kesehatan lingkungan (*refuse*) adalah sebagian dari benda atau hal-hal yang dipandang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau harus dibuang, sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu kelangsungan hidup. Dalam ilmu kesehatan, keseluruhan dari benda atau hal-hal yang dipandang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau harus dibuang tersebut, disebut benda-benda sisa atau benda-benda bekas (*waste*).

Menurut WHO yang dikutip oleh Mukono (2006), sampah yaitu sesuatu yang tidak digunakan, tidak terpakai, tidak disenangi, atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Pengelolaan sampah yang kurang baik dapat memberikan pengaruh negatif terhadap kesehatan.

Pertambahan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam. Manusia melakukan berbagai aktivitas untuk memenuhi kesejahteraan hidupnya dengan memproduksi makanan, minuman dan barang lainnya dari sumber

n. Aktivitas tersebut juga menghasilkan bahan buangan yang disebut dengan (Chandra, 2007).

pengelolaan persampahan di perkotaan adalah suatu sistem yang saling membentuk tujuan tertentu yaitu sistem pengolahan sampah suatu kota



bertujuan untuk melayani penduduk terhadap sampah domestik rumah tangga yang dihasilkannya, secara tidak langsung memelihara kesehatan masyarakat serta terciptanya juga pengelolaan sampah yang berwawasan lingkungan.

Pada saat ini banyak kota-kota besar yang kewalahan dalam pengelolaan dan penanganan sampah, hal ini bisa disebabkan semakin bertambahnya volume sampah yang harus dikelola daerah, sedangkan kondisi tempat atau lokasi pembuangan akhir sampah sudah *over capacity*, serta sarana dan prasarana yang dibutuhkan masih kurang memadai, dan banyak kendala-kendala lain baik dari masyarakat maupun para pelayan publik yang mengelola kebersihan lingkungan tidak implementasikan untuk dampak yang nyata dikarenakan belum tersedianya sarana dan prasarana untuk TPA.

Saat ini metode yang di gunakan untuk pengelolaan sampah di TPA hanya mengerucut pada mengumpulkan sampah lalu di angkut ke TPA lalu setelah itu dibiarkan begitu saja. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 mengamanatkan bahwa seluruh Kota atau Kabupaten yang memiliki tempat pembuangan akhir sistem *open dumping* harus segera dilakukan penutupan sebelum 5 tahun sejak peraturan ini. Tempat pembuangan akhir sampah kota dengan sistem ini banyak menimbulkan masalah lingkungan dan sosial akibat adanya lindi yang keluar. TPA Tamangapa merupakan TPA yang teletak di kota Makassar yang memiliki luas \pm 16,8 Ha dan menerapkan sistem *open dumping*.

Pemerintah kota Makassar khususnya Dinas Pertamanan dan Kebersihan memiliki kebijakan inovatif untuk mengatasi masalah sampah yaitu dengan menerapkan sistem *Sanitary Landfill* pada TPA Tamangapa. Konsep *Sanitary Landfill* adalah penimbunan sampah yang dilakukan di dalam tanah. Sampah dimasukkan kedalam lubang kemudian dipadatkan yang selanjutnya ditimbun dengan tanah.

Landfill merupakan salah satu sistem pemusnahan sampah yang paling baik stem ini dilakukan dengan cara menimbun tanah selapis dengan selapis sampah tidak berada di ruang terbuka dan tidak menimbulkan bau dan tidak arang binatang pengerat yang dapat menimbulkan berbagai macam penyakit.



Namun, penerapan sistem *Sanitary landfill* tidak berjalan dengan maksimal yang hanya berjalan sekitar dua bulan yaitu pada tahun 2010. Program ini tidak berjalan secara maksimal karena anggaran yang terbatas dan terbatasnya lahan dalam menerapkan sistem *Sanitary Landfill* pada TPA Tamangapa.

Sanitary landfill yaitu menimbun sampah di tanah yang berlekuk untuk ditutup dengan lapisan tanah. Penimbunan ini dilakukan secara berulang-ulang yang terdiri atas penimbunan sampah yang ditutup tanah. Manfaat dari *Sanitary Landfill* ini adalah mampu meningkatkan tanah yang rendah, tanah yang terbentuk dapat dimanfaatkan untuk daerah perumahan asalkan daerah tersebut tidak digali sumur karena air di daerah tersebut mengandung bahan berbahaya yang mengandung banyak racun berbahaya. Dan mampu menjadikan lingkungan sekitar sehat karena sampah tidak berada di ruang terbuka.

Berdasarkan permasalahan diatas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian terhadap penanganan sampah di TPA Tamangapa khususnya mengenai **“Analisis Kuat Geser Soil-Compost Mixture Sebagai Material Alternatif Penutup Harian Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tamangapa.”**

B. Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana nilai kuat geser campuran tanah-kompos di TPA Tamangapa ?
2. Apakah tanah penutup di TPA Tamangapa sudah memenuhi standar sebagai tanah penutup harian TPA ?

C. Tujuan Penelitian

Dilaksanakannya pengujian kuat geser campuran tanah-kompos adalah :
Evaluasi nilai kuat geser campuran tanah-kompos di TPA Tamangapa.



2. Mengevaluasi kelayakan campuran tanah-kompos sebagai lapisan penutup harian TPA. Ditinjau dari nilai kuat geser campuran tanah-kompos.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat diketahuinya nilai kuat geser campuran tanah-kompos dari tanah penutup di TPA Tamangapa dan alternatif tanah penutup TPA Tamangapa.

E. Batasan Masalah

Untuk mengarahkan penulis agar penelitian dan permasalahan yang dikaji lebih mendetail dan sesuai dengan judul dan tujuan penulisan Tugas Akhir ini, maka penulis membatasi masalah yang akan dibahas berikut ini :

1. Tanah yang digunakan adalah lapisan tanah bekas penutup (residu) di TPA Tamangapa yang telah dioven dan lolos saringan No. 40.
2. Kompos yang digunakan adalah kompos organik yang dihasilkan di TPA Tamangapa yang telah dioven dan lolos saringan No. 40.

F. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah memahami permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini, maka disusunlah sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diterangkan mengenai latar belakang studi yang mendasari tatan tema pada tugas akhir ini, permasalahan yang berisi tentang masalah tidak dipecahkan oleh penulis, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang an, batasan masalah untuk mempersempit ruang lingkup, dan sistematika



penulisan laporan yang dipakai dalam tugas akhir ini sehingga bisa dipahami secara sistematis.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang mendukung penelitian.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang urutan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian yang berupa pengambilan data langsung di lapangan dan proses analisis data penelitian.

BAB IV. ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil dan pembahasan penelitian “**Analisis Kuat Geser *Soil-Compost Mixture* Sebagai Alternatif Penutup Harian Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tamangapa**”.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi penjelasan hasil penelitian dan kesimpulan dari penyelesaian masalah yang diangkat serta memberi saran bagi penelitian selanjutnya untuk pengembangan penelitian terhadap material alternatif sebagai penutup harian tempat pembuangan akhir (TPA) sampah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Di dalam penelitian ini, penulis menggunakan penelitian terdahulu sebagai acuan dan referensi penulis dan memudahkan penulis dalam membuat penelitian ini. Penulis telah menganalisis penelitian terdahulu yang berkaitan dengan bahasan di dalam penelitian ini. Penelitian sebelumnya bersumber dari Skripsi M. Satrio Pratomo (2012) dengan judul “Karakteristik Campuran Kompos dan Tanah Kelanauan Sebagai Material Alternatif Tanah Penutup *Landfill* TPA Cipayung”. Berikut ini perbedaan mengenai tinjauan penelitian terdahulu beserta kontribusi bagi penelitian ini :

1. Tujuan Penelitian
 - a. Mengetahui jumlah produksi kompos di UPS Cilangkap.
 - b. Mengetahui karakteristik kompos di UPS Cilangkap.
 - c. Mengetahui karakteristik campuran kompos dan tanah kelanauan.
 - d. Mengetahui komposisi campuran kompos dan tanah kelanauan yang optimal bagi lapisan tanah penutup di TPA Cipayung.

2. Metode penelitian dan Material

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



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

3. Hasil Penelitian

Material campuran yang optimum sebagai material alternatif tanah penutup di TPA Cipayung adalah campuran tanah kelanauan dan kompos dengan rasio 1:2. Hal ini didasarkan dengan nilai porositas yang mendekati nilai 10% sehingga diamsusikan masih mengijinkan adanya aliran udara dan air yang cukup guna pertumbuhan tanaman. Metode penelitian yang digunakan M. Satrio Pratomo, yaitu metode kuantitatif. Dengan demikian penulis sangat terbantu dalam langkah, metode dan sebagainya. Namun penelitian ini jelas memiliki perbedaan yaitu tujuan penelitian dan percobaan yang digunakan juga berbeda.

B. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah

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

landfill merupakan suatu kegiatan penimbunan sampah padat pada tanah. Jika memiliki muka air yang cukup dalam, tanah bisa digali, dan sampah bisa didalamnya. Metode ini kemudian dikembangkan menjadi *sanitary landfill* penimbunan sampah dengan cara yang sehat dan tidak mencemari lingkungan.



Sanitary landfill didefinisikan sebagai sistem penimbunan sampah secara sehat dimana sampah dibuang di tempat yang rendah atau parit yang digali untuk menampung sampah, lalu sampah ditimbun dengan tanah yang dilakukan lapis demi lapis sedemikian rupa sehingga sampah tidak berada di alam terbuka (Tchobanoglous, 1993).

Beberapa bagian landfill (Tchnobanoglous, 1993) antara lain :

1. *Cell*

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

2. *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.

3. *Lift*

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

4. *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.

5. *Final lift*

Final lift juga meliputi lapisan penutup akhir.

Menurut Ryadi (1986), cara pembuangan akhir sampah merupakan salah satu strategis dalam sistem pengolahan sampah. Beberapa metode pengolahan alam penerapannya adalah sebagai berikut :



1. *Open Dumping* atau *pembuangan terbuka*, merupakan cara pembuangan sederhana di mana sampah hanya dibuang pada suatu lokasi, dibiarkan terbuka tanpa pengaman dan ditinggalkan setelah lokasi penuh.
2. *Controlled Landfill*, merupakan peningkatan metode dari *open dumping* dimana secara periodik sampah yang telah tertimbun ditutup dengan lapisan tanah untuk menghindari potensi gangguan lingkungan yang ditimbulkan. Dalam operasionalnya juga dilakukan perataan dan pemadatan sampah untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan dan kestabilan permukaan TPA.
3. *Sanitary Landfill*, metode ini dilakukan dengan cara sampah ditimbun dan dipadatkan kemudian ditutup dengan tanah, yang dilakukan terus menerus secara berlapis-lapis sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Pekerjaan pelapisan sampah dengan tanah penutup dilakukan setiap hari pada akhir jam operasi.
4. *Inceneration*, cara ini dilakukan dengan cara membakar sampah.
5. *Composting*, cara pengolahan sampah untuk kebutuhan pupuk tanaman.
6. *Individual Inceneration*, setiap orang atau rumah tangga membakar sendiri sampahnya.
7. *Recycling*, cara ini memanfaatkan dan mengolah kembali sebagian sampah, seperti kaleng, kertas, plastik, kaca/botol dan lain-lain.
8. *Hog Feeding*, cara pengolahan dengan sengaja mengumpulkan jenis sampah basah (*garbage*) untuk digunakan sebagai makanan ternak.

Beberapa tahun terakhir, ketertarikan mengenai pengelolaan limbah semakin meningkat. Khusus untuk sampah padat, *landfilling* (mengurug dan menimbun) adalah metode yang paling banyak digunakan, sedangkan sarana metode tersebut dikenal

landfill (lahan urug). Apabila cara ini melibatkan rekayasa terutama dengan atikan aspek sanitasi dan lingkungannya, maka dikenal dengan *sanitary* (lahan – urug saniter). *Landfiling* adalah metode pengurangan limbah ke dalam



tanah, kemudian dilakukan pemadatan sebelum limbah itu ditutup setiap hari dengan tanah penutup (*cover soil*).

Untuk TPA di Indonesia yang mayoritas menggunakan sistem *controlled landfill*, yaitu sistem lahan urug dimana sampah dihamparkan ke dalam *landfill* lalu dilakukan penutupan menggunakan tanah setiap beberapa hari. Masalahnya, tanah yang digunakan sebagai lapisan penutup ini mempunyai karakteristik berat jenis yang jauh lebih besar dibanding berat jenis sampah itu sendiri.

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

1. Layout dari lokasi *landfill*,
 2. Jenis-jenis sampah yang akan ditangani,
 3. Kebutuhan akan *transfer station*,
 4. Estimasi kapasitas *landfill*,
 5. Evaluasi kondisi geologi dan hidrogeologi dari lokasi,
 6. Pemilihan fasilitas pengelolaan lindi,
 7. Pemilihan lapisan penutup (*cover*) *landfill*,
 8. Pemilihan fasilitas pengendalian gas-gas *landfill*,
 9. Manajemen air permukaan,
 10. Pertimbangan estetika,
 11. Pengembangan dari rencana operasi *landfill*,
 12. Penentuan peralatan-peralatan yang dibutuhkan,
 13. Pengawasan lingkungan,
 14. Partisipasi publik,
 15. *Closure care* dan *postclosure care*,
- menurut (SNI 19-2454-2002) tentang teknik operasional pengelolaan sampah, secara umum teknologi pengelolaan sampah dibedakan menjadi 3 metode yaitu metode *open dumping* dan metode *sanitary landfill* (lahan urug saniter) seperti



yang dikemukakan diatas serta metode *controlled landfill* adalah sistem *open dumping* yang diperbaiki yang merupakan sistem pengalihan *open dumping* dan *sanitary landfill* yaitu dengan penutup sampah dengan lapisan tanah dilakukan setelah TPA penuh yang dipadatkan atau setelah mencapai periode tertentu.

C. Pengertian Sampah Secara Umum

Sampah adalah suatu bahan atau benda padat yang sudah tidak dipakai lagi oleh manusia, atau benda padat yang sudah digunakan lagi dalam suatu kegiatan manusia dan dibuang. Para ahli kesehatan masyarakat amerika membuat batasan, sampah adalah (*waste*) adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi, atau sesuatu yang dibuang, yang berasal dari kegiatan manusia, dan tidak terjadi dengan sendirinya. Sampah adalah hasil suatu kegiatan manusia yang dibuang karena sudah tidak berguna (Triwibowo dan Pusphandani, 2015).

Berdasarkan (SNI 19-2454-2002), sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri atas zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan.

Menurut Sumantri (2010), Sampah berasal dari beberapa sumber sebagai berikut :

1. Permukiman penduduk.

Sampah di suatu permukiman biasanya dihasilkan oleh satu atau beberapa keluarga yang tinggal dalam suatu bangunan atau asrama yang terdapat di desa atau di kota. Jenis sampah yang dihasilkan biasanya sisa makanan dan bahan sisa proses pengolahan makanan atau sampah basah (*garbage*)

Tempat umum dan tempat perdagangan.

Tempat umum adalah tempat yang memungkinkan banyak orang berkumpul dan melakukan kegiatan, termasuk juga tempat perdagangan.

Jenis sampah yang dihasilkan dari tempat semacam itu dapat berupa sisa-



sisa makanan, sampah kering, abu, sisa-sisa bahan bangunan, sampah khusus, dan terkadang sampah berbahaya.

3. Sarana layanan masyarakat milik pemerintah.

Sarana layanan masyarakat yang dimaksud di sini, antara lain, tempat hiburan dan umum, jalan umum, tempat parkir, tempat layanan kesehatan (misal, rumah sakit dan puskesmas), kompleks militer, gedung pertemuan, pantai tempat berlibur, dan sarana pemerintah yang lain. Tempat ini biasanya menghasilkan sampah khusus dan sampah kering.

4. Industri berat dan ringan.

Dalam pengertian ini termasuk makanan dan minuman, industri kayu, industri kimia, industri logam, tempat pengolahan air kotor dan air minum, dan kegiatan industri lainnya, baik yang sifatnya distributif atau memproses bahan mentah saja. Sampah yang dihasilkan dari tempat ini biasanya sampah basah, sampah kering, sisa-sisa bangunan, sampah khusus, dan sampah berbahaya.

5. Pertanian.

Sampah dihasilkan dari tanaman atau binatang. Lokasi pertanian seperti kebun, ladang, ataupun sawah menghasilkan sampah berupa bahan-bahan makanan yang telah membusuk, sampah pertanian, pupuk, maupun bahan pembasmi serangga tanaman.

Menurut Chandra (2006), Sampah dapat dibagi menjadi beberapa kategori seperti berikut :

1. Berdasarkan zat kimia yang terkandung di dalamnya.

- a) Organik, misal: sisa makanan, daun, sayur, dan buah.
- b) Anorganik, misal: logam, abu, dan plastik.

Berdasarkan dapat atau tidaknya dibakar.

- a) Mudah terbakar, misal: kertas, plastik, daun kering, kayu.
- b) Tidak mudah terbakar, misal: kaleng, besi, dan lain-lain.

Berdasarkan dapat atau tidaknya membusuk.



- a) Mudah membusuk, misal: sisa makanan, potongan daging, dan lain-lain.
 - b) Sulit membusuk, misal: plastik, karet, kaleng, dan sebagainya.
4. Berdasarkan ciri atau karakteristik sampah.
- a) *Garbage*, terdiri atas zat-zat yang mudah membusuk dan dapat terurai dengan cepat, khususnya jika cuaca panas. Proses pembusukan sering kali menimbulkan bau busuk. Sampah jenis ini dapat ditemukan di tempat permukiman, rumah makan, rumah sakit, pasar, dan sebagainya.
 - b) *Rubbish* atau sampah kering yaitu sampah sisa pengolahan yang tidak mudah membusuk dan dapat pula dibagi atas dua golongan yaitu :
 - 1) *Rubbish* mudah terbakar terdiri atas zat-zat organik, misal, kertas, kayu, karet, daun kering, dan sebagainya.
 - 2) *Rubbish* tidak mudah terbakar terdiri atas zat-zat anorganik, misal, kaca, kaleng, dan sebagainya.
 - c) *Ashes*, berbagai jenis abu dan arang yang berasal dari kegiatan pembakaran.
 - d) *Street sweeping*, yaitu sampah atau kotoran yang berserakan sepanjang jalan.
 - e) *Dead animal*, yaitu sampah yang berasal dari bangkai hewan.
 - f) *Abandoned vehicle*, yaitu sampah yang berasal dari bangkai kendaraan.
 - g) *Demolition waste*, berasal dari hasil sisa-sisa pembangunan gedung seperti tanah, batu, dan kayu.
 - h) Sampah industri, yaitu sampah yang berasal dari kegiatan industri.
 - i) *Santage solid*, terdiri atas benda – benda solid atau kasar yang biasanya berupa zat organik, pada pintu masuk pusat pengolahan limbah cair.
 - j) Sampah khusus, yaitu sampah yang memerlukan penanganan khusus seperti zat radioaktif.



D. Gambaran Umum Tanah

Tanah merupakan lapisan kerak bumi yang berada di lapisan paling atas, yang juga merupakan tabung reaksi alami yang menyangga seluruh kehidupan yang ada di bumi. Tanah mempunyai ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda-beda antara tanah di suatu tempat dengan tempat yang lain. Sifat-sifat tanah itu meliputi fisika dan sifat kimia. Beberapa sifat fisika tanah antara lain tekstur, struktur dan kadar lengas tanah. Untuk sifat kimia menunjukkan sifat yang dipengaruhi oleh adanya unsur maupun senyawa yang terdapat di dalam tanah tersebut.

Tanah merupakan suatu benda alam yang tersusun dari padatan (bahan mineral dan bahan organik), cairan dan gas, yang menempati permukaan daratan, menempati ruang, dan dicirikan oleh salah satu atau kedua berikut: horison-horison, atau lapisan-lapisan, yang dapat dibedakan dari bahan asalnya sebagai hasil dari suatu proses penambahan, kehilangan, pemindahan dan transformasi energi dan materi, atau berkemampuan mendukung tanaman berakar di dalam suatu lingkungan alami (*United States Department of Agriculture, 1999*).

Pengertian tanah menurut Bowles (1984), tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis unsur-unsur sebagai berikut :

1. Berangkal (*Boulder*) adalah potongan batuan batu besar, biasanya lebih besar dari 200 mm - 300 mm dan untuk kisaran ukuran-ukuran 150 mm-250 mm, batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).
2. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm-5 mm, yang berkisar dari kasar (3 mm – 5 mm) sampai halus (< 1 mm).
3. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm-0,074mm.

Lempung (*clay*) adalah partikel yang berukuran lebih dari 0,002 mm, partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi dari tanah yang kohesif.

Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam, berukuran lebih dari 0,01 mm



Terdapat beberapa definisi tanah bergantung dengan beberapa disiplin ilmu (*United States Department of Agriculture, 2006*), yaitu :

1. Geologis

Permukaan tanah yang berongga yang berbeda dengan batuan dasar.

2. Tradisional

Material yang menyuburkan dan mendukung pertumbuhan tanaman (meliputi batuan, air, dan udara yang berpotensi mendukung kehidupan tanaman).

3. Komponen

Campuran dari materi mineral, bahan organik, air, dan udara. (misalnya tanah lempung terdiri dari 45% materi mineral, 5% materi organik, 25% air, dan 25% udara).

4. Taksonomi tanah

Kumpulan dari badan alami atau buatan manusia di permukaan bumi, yang mengandung materi hidup dan berpotensi mendukung kehidupan tanaman. Batasan atasnya adalah udara atau permukaan air dangkal. Sedangkan batasan bawahnya adalah batas bawah dari aktivitas biologis yang umumnya sama dengan kedalaman dari akar-akar tanaman, yaitu kedalaman dimana pelapukan batuan terjadi secara efektif.

E. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah

menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa rincian yang terinci (Das, 1995).

Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap penggunaan tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu



daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

Cara klasifikasi yang umum yang digunakan yaitu sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) dan sistem klasifikasi *American Association Of State Highway and Transporting Official* (AASHTO). Sistem klasifikasi tanah *unified* atau USCS diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE). Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam dua kategori utama yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil dan S untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi. Sistem klasifikasi USCS dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 1. Simbol Pada Klasifikasi Tanah *Unified*

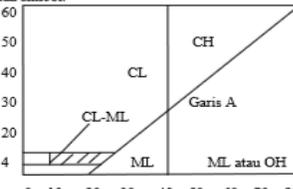
Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi Baik	W



Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
		Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	LL < 50%	L
Organik	O	LL > 50%	H
Gambut	Pt		

(Sumber : Bowles, 1991)

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

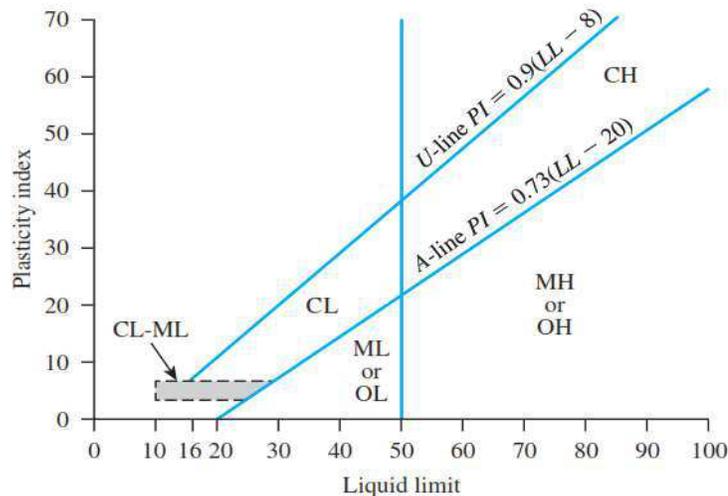
Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar > 50% butiran terahan saringan No. 200 Kerikil 50% fraksi kasar terahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Batas Cair LL (%) Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$	
	GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		
	GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Tanah berbutir kasar < 50% butiran terahan saringan No. 200 Pasir 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	SW		Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		SP		Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		SM		Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
		SC		Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair < 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clay</i>)	
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clay</i>)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Sumber : Hary Christady, 1992.



Optimization Software:
www.balesio.com

Dari nilai yang didapatkan, diketahui hubungan yang menunjukkan nilai batas cair dengan indeks plastisitas tanah untuk menentukan penggolongan jenis tanah. Hubungan yang menunjukkan nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Sumber: Braja M. Das (1995)

Gambar 1. Diagram Plastisitas (ASTM, Cassagrande)

Sistem klasifikasi AASHTO berkembang tahun 1929 kemudian mengalami beberapa kali perbaikan hingga tahun 1945. Sistem klasifikasi AASHTO masih dipergunakan hingga sekarang ini, diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO model M145). Sistem klasifikasi AASHTO berdasarkan kriteria berikut (Bowles, 1989) :

1. Ukuran butir

Ukuran butir dibagi menjadi empat kategori, yaitu kerikil, pasir, lanau, dan lempung. Kerikil merupakan bagian tanah yang lolos saringan 75 mm dan tertahan disaringan 2 mm (No. 10) sedangkan pasir merupakan bagian tanah yang lolos saringan 2 mm dan tertahan saringan 0,0075 mm (No. 200). Untuk lanau dan lempung memiliki diameter lolos saringan yang sama, yaitu 0,0075 mm (No. 200).



2. Plastisitas

Bagian-bagian halus dari tanah yang memiliki indeks plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang, maka disebut dengan istilah berlanau. Sedangkan untuk bagian-bagian halus dari tanah yang memiliki indeks plastisitas (IP) sebesar 11 atau lebih, maka disebut berlempung.

3. Jika dalam contoh tanah yang akan diuji terdapat batuan dengan ukuran lebih besar dari 75 mm, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Persentasi batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Tanah dibagi menjadi 7 kelompok pada sistem klasifikasi AASHTO, yaitu A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, dan A-7. Tanah yang berbutir 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah, lolos ayakan No. 200 dan diklasifikasikan kelompok A-1, A-2 dan A-3. Tanah yang berbutir lebih dari 35% butiran tanah, lolos ayakan No. 200 dan diklasifikasikan kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7.

Pada butiran kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7 sebagian besar merupakan lempung dan lanau. Dalam mengklasifikasikan tanah, data yang diperoleh dari sebuah percobaan di laboratorium selanjutnya dicocokkan dengan Tabel 3. Kelompok tanah dari sebelah kiri merupakan tanah baik sedangkan semakin ke kanan kualitasnya berkurang. Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3. (Das, 1995)

Tabel 3. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO

Klasifikasi tanah	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A - 1		A - 3	A - 2			
Klasifikasi kelompok	A - 1 - a	A - 1-b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Analisa ayakan (% lolos)							
No.10	Maks.50						
No.40	Maks.30	Maks.50	Maks.51				
No.200	Maks.15	Maks.25	Maks.10	Maks.35	Maks.35	Maks.35	Maks.35



Klasifikasi tanah	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)							
	A - 1		A - 3	A - 2				
Klasifikasi kelompok	A - 1 - a	A - 1-b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7	
Sifat fraksi yang lolos Ayakan No.40								
Batas cair (LL)								
Indeks plastisitas (PI)	Maks. 6		NP	Maks.40 Maks.10	Min. 41 Maks.10	Maks.40 Min. 11	Min. 41 Min. 11	
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				
Penilaian sebagai bahan tanah dasar			Baik sekali sampai baik					
Klasifikasi kelompok	A - 4		A - 5	A - 6	A - 7 A - 7-5* A - 7-6**			
Analisa ayakan (% lolos)								
No.10								
No.40								
No.200	Min. 36		Min. 36	Min. 36	Min. 36			
Sifat fraksi yang lolos								
Ayakan No.40	Maks. 40		Min. 41	Maks. 40	Min. 41			
Batas cair (LL)	Maks. 10		Maks. 10	Min. 11	Min. 11			
Indeks Plastisitas (IP)								
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau			Tanah berlempung				
Penilaian sebagai bahan tanah dasar			Biasa sampai jelek					

(sumber : Braja M. Das, 1995)

Secara garis besar sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah menjadi dua kelompok (tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus) yang dipisahkan saringan No. 200. Pada tabel 3 ditunjukkan rentang nilai batas cair (*liquid limit*) dan indeks plastisitas (*plasticity index*) untuk tanah kelompok A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, dan A-7.



F. Gambaran Umum Tanah TPA

Untuk kriteria lahan *landfill* sampah kota negara industri termasuk kategori kelas 2, yaitu lahan semi-permeabel dengan nilai kelulusan air antara 10^{-5} - 10^{-7} cm/dt. Untuk *landfill* sampah kota di Indonesia perlu dipertimbangkan hal-hal seperti : (Damanhuri, 1990)

1. Lahan biasanya terletak di luar kota, dimana kadangkala berdekatan dengan perumahan yang belum terjangkau oleh sistem PDAM yang baik, sehingga masalah pencemaran lindi perlu dipertimbangkan.
2. Intensitas hujan di Indonesia yang cukup tinggi.

Pada dasarnya tanah mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi dan mendegradasi pencemar, namun adanya lapisan liner tambahan akan lebih menjamin hal tersebut (Chow, V.T., 1988). Walaupun tanah dasar TPA sampah relative baik jika dilihat dari sudut kelulusan, maka tetap dibutuhkan penyiapan dasar TPA yang baik. Disarankan bahwa dasar TPA sampah di Indonesia di lapisi 2x0,25 meter tanah yang relatif kedap. Dan dipadatkan sampai densitas proctor 95%. Disarankan pula bahwa kemiringan dasar TPA mengarah ke titik tertentu yaitu tempat lindi terkumpul untuk ditangani lebih lanjut. Guna memperlancar aliran serta menjaga agar liner tersebut tidak rusak, maka diperlukan “karpas kerikil” setebal 20-40 cm. Lindi akan terkumpul dengan baik bila dasar TPA tersebut dilengkapi dengan pipa pengumpul lindi.

Menurut Damanhuri E., (1990) beberapa alasan mengapa sebuah parameter serta kriterianya penting untuk dipertimbangkan dalam pemilihan sebuah calon lokasi yang diuraikan di bawah ini. Parameter penyaring yang sering digunakan adalah :

1. Geologi

Fasilitas pembuangan sampah tidak dibenarkan berlokasi di atas daerah yang mempunyai sifat geologi yang dapat merusak keutuhan sarana tersebut nanti. Daerah yang dianggap tidak layak adalah daerah dengan formasi batuan berupa batu pasir, batu gamping atau dolomite berongga dan batuan berkekar lainnya. Hal ini disebabkan batuan yang berpori akan dengan



mudah meloloskan air, sehingga larutan yang terbentuk dari penguraian sampah organik akan memasuki zona air tanah bebas.

Biasanya batu lempung dan batuan kompak yang bersifat kedap terhadap air (*impermeable*) lainnya dinilai layak untuk lokasi lahan urug atau lokasi TPA sampah. Daerah geologi lainnya yang perlu dievaluasi adalah daerah yang mempunyai potensi gempa, misalnya zona vulkanik yang aktif akan dapat menimbulkan bahaya pada penduduk di sekitar lokasi serta daerah longsor (Alzwar M., 1998).

2. Hidrogeologi

Dalam tinjauan hidrogeologi akan diuraikan tentang air, pengaruh topografi, dan pengaruh batuan penyusun kerak bumi. Kandungan air dalam tanah berasal dari resapan sebagian air hujan ke dalam celah dan rongga batuan dan selanjutnya beredar di dalamnya, sehingga menjadi jenuh atau mengisi penuh seluruh rongga dan celah-celah batuan (Allen J.R.L. 1984). Air yang berada di dalam tanah ada yang diserap oleh mineral menjadi air Kristal atau tetap tinggal di dalam tanah sebagai air tanah. Sebagian lagi akan muncul dari dalam tanah atau batuan yang mempunyai kemungkinan sebagai suatu sumber dan selanjutnya akan beredar bersama air permukaan lainnya. Topografi merupakan bentuk-bentuk roman muka bumi, dimana kebanyakan bentuk topografi suatu daerah akan berpengaruh terhadap keadaan air tanah yang terdapat di dalamnya. Resapan air hujan yang masuk, banyak dipengaruhi oleh sudut lereng dan faktor vegetasi yang menutup lahan tersebut (Chay A., 1995). Secara sektoral maupun regional kenampakan topografi suatu daerah akan memberikan gambaran tentang letak garis pemisah air (*water divide*), serta cekungan hidrografi ke arah mana akumulasi air tanahnya. Jika topografi menunjukkan ketidakaturan, maka muka air tanah akan terpengaruh (Verhoef, P.N.W, 1989). Resapan air hujan kedalam air tanah akan dipengaruhi oleh jenis batuan penyusun lapisan tanah tersebut. Sifat atau kemampuan porositas dan permeabilitas



tanah dikendalikan oleh granulometrik batuan penyusunnya. Makin kasar butiran makin besar pula kemungkinan untuk bersifat permeable. Daya serap antara batuan satu dengan lainnya juga akan berbeda, hal ini tergantung dari jenis tekstur dan struktur dari masing-masing batuan tersebut. Struktur batuan yang berpengaruh terhadap resapan air serta akuifer adalah pada struktur batuan sedimen. Keberadaan air tanah dalam akuifer dapat dibedakan menjadi dua macam yakni : air tanah bebas dan air tanah tertekan. Air tanah bebas terdapat pada akuifer yang tidak dibatasi oleh lapisan yang akuiklud sehingga air tanah masih berhubungan dengan udara yang mempunyai tekanan 1 atmosfer. Air tanah tertekan menempati akuifer yang tertutup oleh lapisan yang kedap air, tidak berhubungan dengan udara sehingga tekanan lebih besar dari 1 atmosfer (Asdak, 1995).

3. Topografi

Tempat pengurungan sampah tidak boleh terletak pada suatu bukit dengan lereng yang tidak stabil. Suatu daerah dinilai lebih baik terletak di daerah landai. Sebaliknya suatu daerah tidak layak bila terletak pada daerah depresi yang berair, lembah-lembah yang rendah dan tempat-tempat lain yang berdekatan dengan air permukaan dan kemiringan alami lebih besar dari 20%. Topografi dapat menunjang secara positif maupun negatif pada pembangunan sarana ini. Lokasi yang tersembunyi di belakang bukit atau lembah mempunyai dampak visual yang kurang, disbanding tempat yang berlokasi di lapangan datar tanpa penghalang pandangan. Di sisi lain, suatu lokasi di tempat berbukit mungkin lebih sulit untuk dicapai karena adanya lereng-lereng yang curam dan mahalnya pembangunan jalan pada daerah berbukit. Pada lokasi dengan relief yang cukup untuk mengisolir atau menghalangi pemandangan dan member perlindungan terhadap angin dan sekaligus mempunyai jalur yang mudah untuk aktivitas operasional dianggap lebih bagus dari daerah-daerah yang diurai sebelumnya. Topografi dapat juga mempengaruhi biaya bila dikaitkan dengan kapasitas



tamping. Suatu lahan yang cekung dapat dimanfaatkan secara langsung akan sangat disukai, disebabkan volume lahan untuk pengurungan sampah sudah tersedia tanpa harus mengeluarkan biaya operasi untuk penggalian yang mahal. Pada dasarnya, dalam masa layan 5-10 tahun akan dapat bertahan.

4. Tanah

Tanah dibutuhkan baik dalam tahap pembangunan maupun dalam tahap operasi sebagai lapisan dasar (*liner*), lapisan atas, penutup antara dan harian atas untuk tanggul-tanggul dan jalan-jalan dengan jenis tanah yang berbeda. Beberapa kegiatan memerlukan tanah berdeb atau tanah liat, misalnya untuk *liner* dan tanah penutup final, sedangkan aktifitas lainnya memerlukan tanah permiabel seperti pasir dan kerikil, misalnya untuk ventilasi gas dan sistem pengumpulan lindi (Damanhuri, 2008).

Tanah penutup dibutuhkan untuk mencegah sampah berserakan, bahaya kebakaran, timbulnya bau, berkembang biaknya lalat atau binatang pengerat dan mengurangi timbulan lindi.

- a) Periode penutupan tanah harus disesuaikan dengan metode pembuangannya, untuk lahan urug saniter penutupan tanah dilakukan setiap hari, sedangkan untuk lahan urug terkendali penutupan tanah dilakukan secara berkala.
- b) Tahapan penutupan tanah untuk lahan urug saniter terdiri dari penutupan tanah harian (setebal 15-20 cm), penutupan antara (setebal 30-40 cm) dan penutupan tanah akhir (setebal 50-100 cm, bergantung pada rencana peruntukan bekas TPA nantinya).
- c) Kemiringan tanah penutup harian harus cukup untuk dapat mengalirkan air hujan keluar dari atas lapisan penutup tersebut.
- d) Kemiringan tanah penutup akhir hendaknya mempunyai grading dengan kemiringan tidak lebih dari 30 derajat (perbandingan 1:3) untuk menghindari terjadinya erosi:



- Diatas tanah penutup akhir harus dilapisi dengan tanah media tanam (*top soil/vegetable earth*).
- Dalam kondisi sulit mendapatkan tanah penutup, dapat digunakan reruntuhan bangunan, sampah lama atau kompos, debu sapuan jalan, hasil pembersihan saluran sebagai pengganti tanah penutup.

Masalah ketersediaan material tanah penutup merupakan kendala yang berkaitan dengan biaya operasional. Lapisan penutup harian mempunyai fungsi untuk kontrol kelembaban sampah, mencegah tersebarnya sampah, mencegah timbulnya bau, mencegah pertumbuhan binatang atau vektor penyakit dan mencegah kebakaran. Ketebalan lapisan adalah 20-30 cm dalam keadaan padat. Bila dalam sebuah lahan-urug belum dapat mensyaratkan aplikasi tanah penutup harian, maka paling tidak aplikasi tanah penutup dilaksanakan setidaknya-tidaknya sebelum 5 hari. Nilai kelulusan antara 10-4 sampai 10-5 cm/det cukup baik untuk itu. Di samping itu agar tanah penutup tidak retak pada saat panas, maka Indeks Plastisitas (IP) tanah yang baik adalah lebih kecil dari 40%. Bila tidak, maka sebaiknya tanah tersebut dicampur dengan tanah tertentu (seperti pasir) agar memperkecil IP tersebut (Damanhuri, 2010).

Ketersediaan tanah penutup memegang peranan sangat penting agar *landfilling* tersebut dapat beroperasi secara baik. Permasalahan yang biasanya timbul pada *landfill* adalah masalah tanah penutup. Masalah tanah penutup ini menjadikan *landfill* yang dirancang untuk TPA Tamangapa menjadi tipe *open dumping*. Salah satu kendala penutup harian adalah terbatasnya material penutup, sehingga diperlukan material alternatif. Salah satu material alternatif adalah campuran tanah-kompos dimana material ini murah dan mudah diperoleh.



5. Tata Guna Tanah

Tempat pegurugan sampah yang menerima sampah organik dapat menarik kehadiran burung, sehingga tidak boleh diletakkan dalam jarak 300 meter dari landasan lapangan terbang yang digunakan oleh penerbangan jenis piston. Disamping itu lokasi yang tidak boleh terletak pada kawasan hutan lindung atau taman nasional, jenis penggunaan tanah lainnya yang biasanya dipertimbangkan kurang cocok untuk lokasi lahan urug adalah wilayah konservasi lokal. Sedangkan daerah yang dianggap lebih baik adalah pada daerah yang diperuntukkan untuk pertanian jika dibandingkan dengan tanah untuk perumahan (Soemarwoto O., 1985).

6. Lindi

Air tanah atau air permukaan yang berinfiltrasi kedalam timbunan sampah akan menghasilkan lindi, larutan yang mengandung suspended solid halus yang terlarut dan hasil buangan mikroba. Lindi dapat mengalir keluar dari timbunan ke permukaan tanah sebagai mata air atau perlokasi melalui tanah dan batu dibawah timbunan. Dalam keadaan normal lindi ditemukan pada dasar TPA, dimana dari dasar TPA lindi dapat bergerak pada arah horizontal atau vertikal tergantung dari krakteristik meterial penyusun tanah atau batuan sekitarnya. Permeabilitas tanah dipengaruhi oleh : ukuran partikel, perbandingan ruang, derajat kejenuhan dan temperatur. Selama pengaliran lindi di dalam air tanah, nilai Koefisien permeabilitas tanah akan menurun sesuai dengan waktu, karena reaksi yang memperkecil ukuran pori tergantung dari waktu (Eagleson P.S., 1970). Secara umum mekanisme-mekanisme yang terjadi dalam pembentukan lindi adalah : oksidasi biologi aerobik, dekomposisi anaerobik, pelarutan, oksidasi dan reduksi, dan perombakan mineral tanah (Linsley, 1982).

Daerah Banjir

Sarana yang terletak didaerah banjir harus tidak membatasi aliran banjir serta tidak mengurangi kapasitas penyimpanan air sementara dari daerah



banjir, atau menyebabkan terbilasnya sampah tersebut, sehingga menimbulkan bahaya terhadap kehidupan manusia, satwa liar tanah atau sumber air yang terletak berbatasan dengan lokasi tersebut. Untuk memenuhi kebutuhan ini, suatu serana yang berlokasi pada daerah banjir memerlukan perlindungan yang lebih kuat dan lebih baik. Diperlukan pemilihan periode ulang banjir yang sesuai dengan jenis sampah yang akan datang (Dune. T & Leopold L.B., 1978).

G. Pengertian Kompos

Kompos merupakan bahan yang dihasilkan dari proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme yang dapat berguna bagi tanah pertanian seperti memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi tanah, sehingga produktivitas tanaman menjadi lebih tinggi. Kompos umumnya berbentuk senyawa organik kompleks yang lambat melepaskan unsur haranya. Hal ini dikarenakan mikroba tanah perlu waktu untuk menguraikan unsur hara sebelum unsur hara ini digunakan oleh tanaman, sehingga dalam penggunaannya perlu dicampur dengan tanah (Djaja Wilyan, 2008). Kompos menurut Wilyan (2008) dinilai baik karena dapat memberikan beberapa manfaat untuk tanah dan juga tanaman, antara lain:

1. Kompos memperkaya mikroba tanah. Di dalam kompos terdapat sejumlah mikroba, sehingga pemberian kompos berarti menambah atau memasukkan mikroba ke dalam tanah.
2. Kompos meningkatkan unsur hara tanah karena kompos mengandung unsur hara makro dan mikro yang penting bagi pertumbuhan tanaman.
3. Kompos dapat memperbaiki struktur tanah karena material seperti tanah.

Kompos dapat menyehatkan tanah dan tanaman karena tanaman memperoleh unsur hara yang cukup sehingga dapat tumbuh dengan baik dan sehat, sehingga tahan terhadap serangan penyakit.



Setiap mikroorganisme dekomposer membutuhkan kondisi lingkungan dan bahan yang berbeda-beda. Apabila kondisinya sesuai, maka proses dekomposisi akan bekerja dengan baik. Apabila kondisinya kurang sesuai, maka dekomposer akan berpindah ke tempat lain (selain tumpukan kompos) atau bahkan mati. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain rasio C/N, susunan bahan dan ukuran partikel, aerasi dan kelembaban, suhu, dan nilai pH.

1. Rasio C/N

Rasio C/N merupakan salah satu faktor penting karena dalam proses pengomposan bergantung pada kegiatan mikroorganisme yang membutuhkan karbon sebagai sumber energi dan pembentuk sel bersamaan dengan nitrogen yang merupakan unsur penting dalam pembentukan selnya. Menurut Haga (1990), rasio C/N yang cocok untuk proses pengomposan adalah 20-30, Rasio C/N yang rendah akan meningkatkan emisi nitrogen sebagai amoniak karena tingginya kandungan unsur N, sedangkan rasio C/N yang terlalu tinggi dari kondisi ideal tersebut akan menyebabkan proses pengomposan menjadi lebih lambat (Haga, 1990). Hal ini disebabkan karena bahan yang mengandung nitrogen terlalu sedikit tidak mampu menghasilkan panas yang cukup untuk membusukkan bahan baku kompos dengan cepat.

2. Ukuran partikel

Ukuran partikel bahan berpengaruh pada kegiatan mikroorganisme dan pergerakan udara (aerasi) pada suatu proses pengomposan. Semakin halus partikel bahan tersebut, maka semakin luas permukaan yang terbuka untuk kegiatan mikroorganisme dalam proses dekomposisi aerob. Semakin kecil ukuran partikel, maka jumlah pori-pori pun akan bertambah sehingga aerasinya lancar.

Aerasi dan kelembaban

Proses pengomposan secara aerobik membutuhkan oksigen yang cukup untuk kegiatan mikroorganismenya. Secara alami, aerasi terjadi akibat



meningkatnya suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara dingin masuk ke dalam tumpukan bahan. Aerasi dapat dibantu dengan penentuan bahan yang memiliki ukuran-ukuran partikel kecil, mengaduk dan membalikkan tumpukan kompos, atau memberi celah pada bahan maupun wadah kompos agar aerasi dapat dipaksa masuk (Haga, 1990). Kelembaban atau kadar air juga perlu diperhatikan dalam proses pengomposan.

4. Suhu

Suhu merupakan faktor penting untuk menentukan kematangan suatu kompos. Biasanya suhu merupakan parameter utama yang diukur dan dianalisa tiap harinya selama proses pengomposan. Suhu juga mempengaruhi konsumsi oksigen oleh mikroorganismenya. Semakin tinggi maka konsumsi oksigen meningkat dan proses dekomposisi juga semakin cepat. Apabila suhu tumpukan bahan kompos semakin turun dan mendekati angka yang stabil, maka proses pengomposan dapat dianggap selesai atau matang.

5. Nilai pH

Nilai pH yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6-9. Menurut Hadiwiyoto (1983), pengontrolan pH dapat dilakukan dengan penambahan kotoran hewan, urea, atau pupuk nitrogen untuk menurunkan pH dan pemberian kapur untuk menaikkan pH.

H. Kepadatan Tanah

Dalam konsep, pemadatan adalah proses yang sederhana dimana energi dalam bentuk diterapkan pada material lepas untuk membawa densifikasi agar massa tanah dengan sifat rekayasa dikendalikan. Pemadatan mekanik untuk membentuk mengisi koheren dan tanggul. Tanah diletakkan dalam



lapisan tipis dan kemudian mengalami aplikasi sesaat beban (melalui bergulir, tamping, atau getaran) (Sarsby, Robert. 2013).

Pada awal proses pemadatan, berat volume tanah kering (γ_d) bertambah seiring dengan ditambahkan kadar air. Pada kadar air nol ($w=0$), berat volume tanah basah (γ_b) sama dengan berat volume tanah kering (γ_d). Ketika kadar air berangsur-angsur ditambah (dengan usaha pemadatan yang sama), berat butiran tanah padat per volume satuan (γ_d) juga bertambah. Pada kadar air lebih besar dari kadar air tertentu, yaitu saat kadar air optimum, kenaikan kadar air justru mengurangi berat volume keringnya. Hal ini karena, air mengisi rongga pori yang sebelumnya diisi oleh butiran padat. Kadar air pada saat berat volume kering mencapai maksimum (γ_{dmak}) disebut kadar air optimum (Hardiyatmo, 2002).

Untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan pemadatan, maka umumnya dilakukan pengujian pemadatan. Proctor (1933) dalam Hardiyatmo (2002), telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering yang padat. Untuk berbagai jenis tanah pada umumnya salah satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya (γ_{dmaks}).

Menurut SNI 1742:2008, Pemadatan tanah di laboratorium dilakukan untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum. Untuk peralatan yang digunakan berupa cetakan diameter 101,60 mm mempunyai kapasitas $943 \text{ cm}^3 \pm 8 \text{ cm}^3$ dengan diameter dalam $101,60 \text{ mm} \pm 0,41 \text{ mm}$ dan tinggi $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$ dan cetakan diameter 152,40 mm mempunyai kapasitas $2124 \pm 21 \text{ cm}^3$ dengan diameter dalam $152,40 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$ dan tinggi $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$. Pemadatan tanah dalam cetakan yang akan dipadatkan menggunakan beberapa alat penumbuk, yaitu :

1. Alat penumbuk tangan (*manual*), Penumbuk dengan massa $2,495 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ dan mempunyai permukaan berbentuk bundar dan rata, diameter $50,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$.

Alat penumbuk mekanis, Alat penumbuk mekanis dilengkapi alat pengontrol tinggi jatuh bebas $305 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ di atas permukaan tanah yang akan dipadatkan dan dapat menyebarkan tumbukan secara merata di



atas permukaan tanah. Alat penumbuk harus mempunyai massa $2,495 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ dan mempunyai permukaan tumbuk berbentuk bundar dan rata, berdiameter $50,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$.

I. Kuat Geser Tanah

Suatu beban yang dikerjakan pada suatu masa tanah akan selalu menghasilkan tegangan dengan intensitas yang berbeda-beda di dalam zona berbentuk bola lampu di bawah beban tersebut (Bowles, 1993).

Kekuatan geser suatu tanah dapat juga didefinisikan sebagai tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser di bawah suatu kondisi yang diberikan (Smith, 1992). Kuat geser tanah sebagai perlawanan internal tanah terhadap persatuan luas terhadap keruntuhan atau pengerasan sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud (Das, 1994).

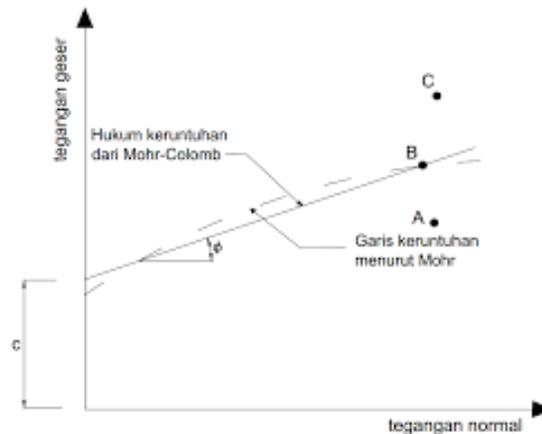
Kekuatan geser tanah (*soil shear strength*) dapat di definisikan sebagai kemampuan maksimum tanah untuk bertahan terhadap usaha perubahan bentuk pada kondisi tekanan (*pressure*) dan kelembapan tertentu (Head, 1982). Kekuatan geser dapat diukur dilapangan maupun di laboratorium. Pengukuran dilapangan antara lain dapat dilakukan menggunakan *vane shear*, *plate load* dan test penetrasi. Pengukuran di laboratorium meliputi penggunaan miniatur *vane shear*, *direct shear*, *triaxial compression* dan *unconfined compression* (Sallberg, 1965).

Menurut teori Mohr (Mohr, 1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser.

Garis keruntuhan (*failure envelope*) menurut Coulomb (1776) berbentuk garis lengkung seperti pada Gambar 2 dimana untuk sebagian besar masalah-masalah tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan kekuatan geser (Das, 1995). Seperti halnya bahan padat, akan runtuh karena tarikan maupun geseran. Tarikan tarik dapat menyebabkan retakan pada suatu keadaan praktis yang penting.



Walaupun demikian, sebagian besar masalah dalam teknik sipil dikarenakan hanya memperhatikan tahanan terhadap keruntuhan oleh geseran.



Gambar 2. Garis keruntuhan menurut Mohr dan Hukum keruntuhan Mohr – Coulomb (Hary Cristady, 2002).

Jika tegangan-tegangan baru mencapai titik A, keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan-tegangan mencapai titik B yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik C tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangan yang terjadi mencapai titik C, bahan sudah mengalami keruntuhan.

Menurut SNI 3638:2012, pengujian kuat tekan bebas tanah di laboratorium dilakukan untuk menentukan nilai kuat tekan bebas (q_u). Pengujian kuat tekan bebas dilakukan dengan mempersiapkan benda uji yang sesuai dengan kadar air dan densitas yang ditentukan. Setelah benda uji dicetak, raihkan penampang ujungnya, keluarkan dari dalam cetakan, dan tentukan massa dan dimensi benda uji. Setelah itu, pasang benda uji pada alat pembebanan sedemikian sehingga tepat pada pusat pelat dasar. Alat pembebanan digerakkan dengan hati-hati sedemikian sehingga pelat atas menyentuh benda uji. Arloji ukur deformasi dinolkan, kemudian dilakukan pembebanan sehingga menghasilkan regangan aksial dengan kecepatan 1/2% s.d 2% per menit. Catat beban, σ , dan waktu pada interval yang sesuai untuk mendapatkan bentuk kurva σ -regangan (umumnya cukup 10 sampai 15 titik). Kecepatan regangan $\dot{\sigma}$ dipilih sedemikian sehingga waktu yang dibutuhkan sampai benda uji runtuh



tidak melebihi sekitar 15 menit. Pembebanan terus dilakukan sampai nilai beban berkurang sesuai meningkatnya regangan, atau sampai tercapai regangan aksial 15%. Kecepatan regangan yang digunakan untuk pengujian terhadap benda uji yang dibungkus dapat dikurangi (minimum 1/2%) jika dianggap perlu sekali untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih baik. Kecepatan regangan harus dicantumkan dalam laporan data hasil pengujian.

Untuk skema proses kuat geser yang terjadi pada tanah TPA akan ditampilkan pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Skema Proses Kuat Geser Pada Tanah TPA

Berdasarkan gambar diatas, dapat dijelaskan bahwa sampah yang menimbun tanah penutup TPA akan menimbulkan gaya tekan pada tanah sedangkan tanah penutup TPA akan menimbulkan gaya tekan pada sampah yang ada di atasnya sehingga gaya yang ditimbulkan akan saling bertabrakan yang menyebabkan terjadinya proses geser tanah, dimana tanah bergeser kearah kiri dan kanan pada lapisan tersebut.

