

## BAGIAN LIMA PELAPIS DASAR DAN TANAH PENUTUP

### 1 UMUM

Pelapis dasar (*liner*) lahan-urug membutuhkan pemilihan bahan yang mempunyai sifat-sifat kimia dan kekuatan yang cocok. Ketebalannya mampu untuk mencegah kegagalan akibat gaya/tekanan dari luar atau dari dalam. Lapisan ini juga harus mampu menahan *settlement* atau pengembangan. Fungsi pelapis dasar adalah :

- Menahan aliran cemaran
- Menyerap atau mengurangi cemaran agar tidak terlarut maupun terlarut.

Pelapis dasar dapat dikelompokkan dalam beberapa cara, yaitu:

- a. Berdasarkan metode konstruksinya:
  - Secara on-site: bahan dari luar dan dipasang di tempat, atau tanah setempat dipadatkan, atau bahan dicampur di tempat atau disebar di tempat
  - Prefabricated: liner membrane
  - Campuran: dibawa dari luar dan dipasang pada site secara on-site
- b. Berdasarkan sifat-sifat strukturalnya:
  - kaku: tanah, semen
  - semi kaku: aspal
  - fleksibel: membrane polimer

Masing-masing jenis pelapis mempunyai sifat-sifat tertentu, seperti:

- Pelapis membrane: paling impermeabel (kedap), tetapi kapasitas sorpsinya kecil
- Tanah: kapasitas sorpsi untuk menangkap logam berat besar, tetapi lebih permeabel.

Liner sendiri dapat dibagi menjadi 6 katagori, yaitu:

- Sistem tanah dan tanah liat (clay) alamiah
- Liner tercampur: beton aspal, tanah semen, tanah aspal
- Pelapis ditebar: aspal dengan semburan udara (*air blown asphalt*), membran aspal yang teremulsi, aspal urethane yang dimodifikasi, lateks karet dan plastik
- Tanah-tanah *sealant*
- Membran polimer :
  - Butyl rubber
  - Chlorinated polyethylene (CPE)
  - Chlorosulfonated polyethylene (CSPE)
  - Elasticized polyolefin (ELPO)
  - Epichlorohydrin rubber (CO dan ECO)
  - Ethylene propylene diene mono rubber (EPDM)
  - Neoprene
  - Polyethylen
  - Polyvinyl chloride (PVC)
  - Thermoplastic elastomer (TPE)
- Liner komposit: campuran liner di atas

Komponen utama sistem *liner* paling tidak terdiri dari 3 jenis, yaitu:

- a. Lapisan kedap: lapisan terbawah yang berfungsi sebagai penahan resapan leachate ke lapisan tanah di bawahnya.
- b. Lapisan pasir: lapisan yang berfungsi sebagai tempat pengaliran lechate menuju ke saluran pengumpul
- c. Lapisan tanah pelindung: berfungsi sebagai pelindung lapisan kedap dari pelintasan kendaraan dan gangguan-gangguan lainnya.

## 2 SISTEM PELAPIS DASAR (*LINER*) DAN PENGUMPUL LINDI

Pada sebuah lahan-urug yang baik biasanya dibutuhkan sistem pelapis dasar, yang bersasaran mengurangi mobilitas lindi ke dalam air tanah. Sebuah *liner* yang efektif akan mencegah migrasi cemaran ke lingkungan, khususnya ke dalam air tanah. Namun pada kenyataannya belum didapat sistem *liner* yang efektif 100 %. Karena timbulan lindi tidak terelakkan, maka disamping sistem *liner*, maka dibutuhkan sistem pengumpul lindi. Oleh karenanya, dasar sebuah lahan-urug akan terdiri dari :

- Lapisan bahan *liner* untuk mencegah migrasi cemaran keluar lahan- urug,
- Sistem pengumpul lindi

Pelapis dasar yang dianjurkan, terutama untuk lahan-urug limbah B-3, adalah dengan geosintetis atau dikenal sebagai *flexible membrane liner (FML)*. Jenis geosintetis yang biasa digunakan sebagai pelapis dasar adalah :

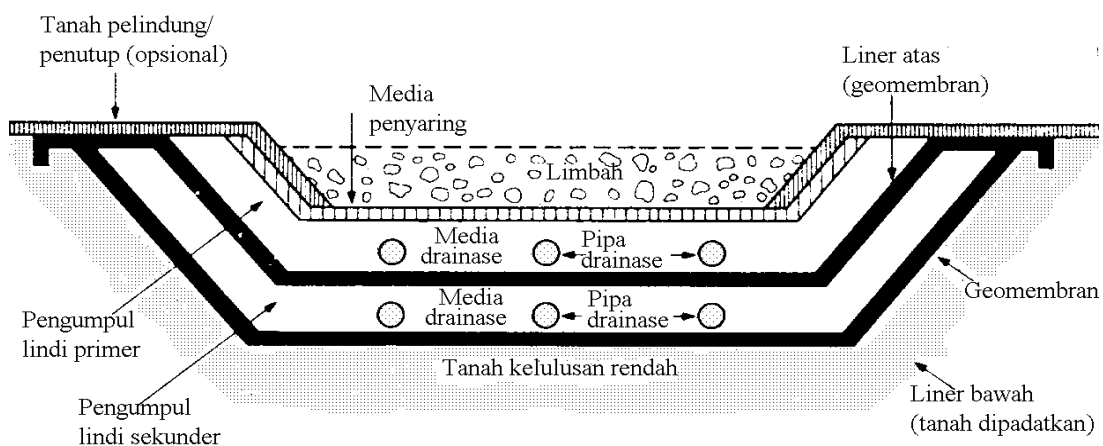
- Geotekstil sebagai filter,
- Geonet sebagai sarana drainase,
- Geomembran dan geokompisit sebagai lapisan penghalang.

Geotekstil merupakan jenis geosintetis yang dibuat agar permeabel, dengan sifat-sifat utama :

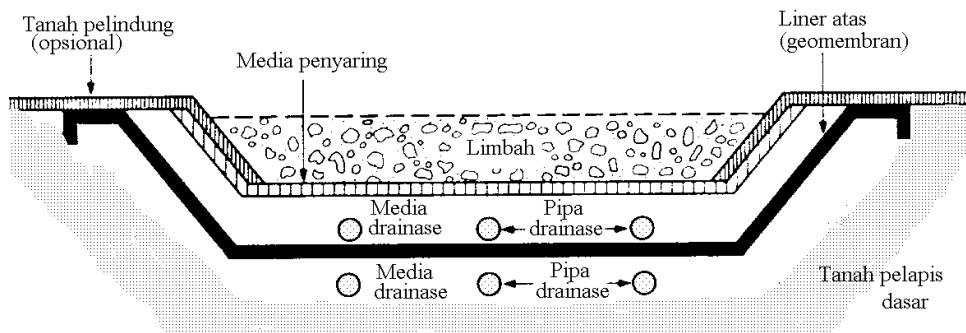
- filtrasi : menyaring materi tersuspensi dari limbah cair,
- drainase : memungkinkan aliran cairan melalui lapisan ini.

Geomembran, sebagai pelapis yang kedap, merupakan geosintetis dari bahan polimer yang dibuat kedap. Bahan yang dianggap baik adalah dari *high-density polyethylene (HDPE)* yang tahan terhadap reaksi kimia yang dijumpai pada limbah B3.

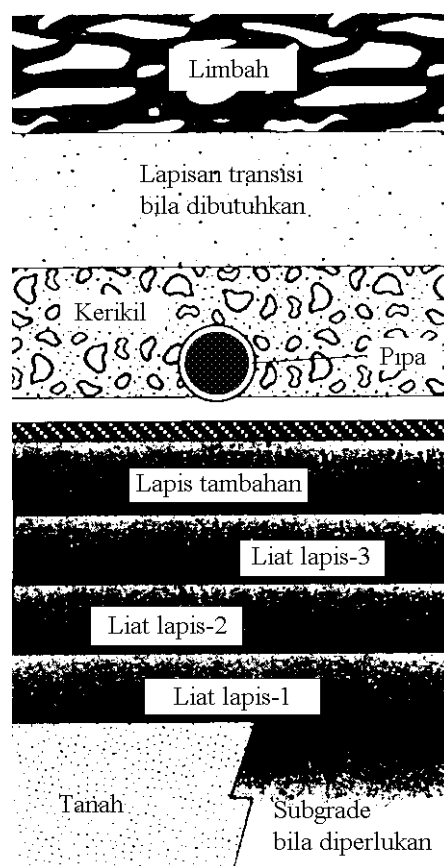
Dari susunan bahan pelapis yang biasa diterapkan, maka dikenal sistem pelapis dasar ganda (*double liner*), pelapis dasar tunggal (*single liner*) dan pelapis liat (*clay liner*). Skema 5.1 merupakan skema sistem pelapis dasar ganda, kombinasi FML dengan tanah dipadatkan, sedang Skema 5.2 adalah sistem pelapis dasar tunggal. Sistem tersebut merupakan cara pengedapan dasar yang biasa digunakan di Amerika Serikat. Sistem pelapis dengan tanah liat tetap membutuhkan sistem pengumpul lindi dan sistem pendeteksi kebocoran seperti sistem pelapis sebelumnya . Namun dalam hal ini tidak digunakan geomembran sebagai pembatas antara lapisan alamiah yang ada. Di Indonesia, sistem pelapis ini diterapkan sebagai landfill untuk limbah B3 kategori I (pelapis dasar ganda), landfill kategori II (pelapis dasar tunggal) dan landfill kategori III (pelapis dasar liat).



Gambar 5.1 : Skema sistem *liner* ganda FML dan tanah dipadatkan



Gambar 5.2: Tipikal sistem *liner* tunggal



Gambar 5.3 : Sistem *liner* di Eropa

Penggunaan material yang mempunyai kemampuan adsorpsi yang tinggi untuk mengurangi pencemaran sebetulnya sudah lama diterapkan pada lahan-urug sampah kota. Tanah *liner* yang dipilih adalah yang mempunyai kemampuan adsorpsi, biodegradasi, penukaran ion, pengenceran dan pengendapan. Contoh *liner* komposit adalah:

- Natrium bentonit dan zeolit: bahan yang dapat mengurangi transport cemaran anorganik,
  - Abu terbang (*fly ash*) berkarbon tinggi: bahan yang dapat menahan cemaran organik,
- Tanah liat dengan modifikasi kandungan organik: lebih efektif untuk menahan cemaran organik dengan berat molekul lebih tinggi.

Bahan dengan daya adsorpsi dapat dicampur dengan lempung atau di lapisan pada geomembran. Lapisan adsorptif ini diletakkan di bagian bawah dari geomembran, sebab

geomembran berfungsi sebagai penahan hidrolis yang pertama, sehingga beban adsorpsi pada media komposit di bawahnya bisa lebih ringan. Campuran tanah bentonit dengan tanah asli dapat mengurangi nilai permeabilitas sehingga dapat mengurangi transport cemaran secara advectif maupun secara diffusif.

Menurut kriteria negara industri, lahan untuk landfill sampah kota termasuk katagori kelas 2, yaitu lahan semi-permeable dengan nilai kelulusan antara  $10^{-5}$  sampai  $10^{-7}$  Cm/det . Untuk landfill sampah kota di Indonesia perlu dipertimbangkan hal-hal seperti:

- lahan biasanya terletak di luar kota, dimana kadangkala berdekatan dengan perumahan penduduk yang belum terjangkau oleh sistem PDAM yang baik, sehingga masalah pencemaran lindi (*leachate*) perlu dipertimbangkan
- intensitas hujan di Indonesia yang cukup tinggi

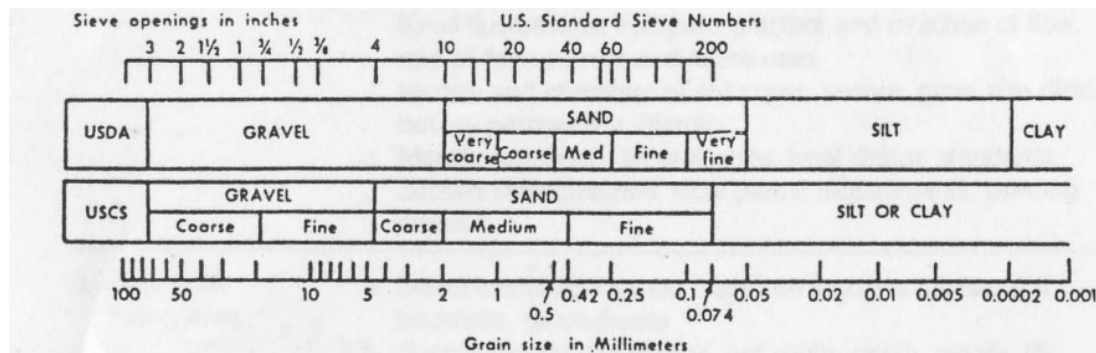
### 3 KARAKTER HIDROGEOLOGI DARI TANAH

Ketersediaan tanah (sebagai liner ataupun sebagai tanah penutup) memegang peranan penting dalam aplikasi landfill. Oleh karenanya data tentang karakteristik tanah melalui sampling (melalui pemboran) sangat diperlukan. *US Department of Agriculture* mengklasifikasi tanah seperti terlihat dalam Skema 6, sedang Unified Soil Classification System memperjelas masing-masing karakteristik tanah tersebut serta kaitannya dengan landfilling seperti tercantum dalam Tabel 2. Dilihat dari kecocokannya sebagai tanah penutup, maka Tabel 1 di bawah ini memberikan berbagai fungsi tanah untuk berbagai keperluan.

Terdapat 2 sistem klasifikasi tanah yang biasa digunakan, yaitu :

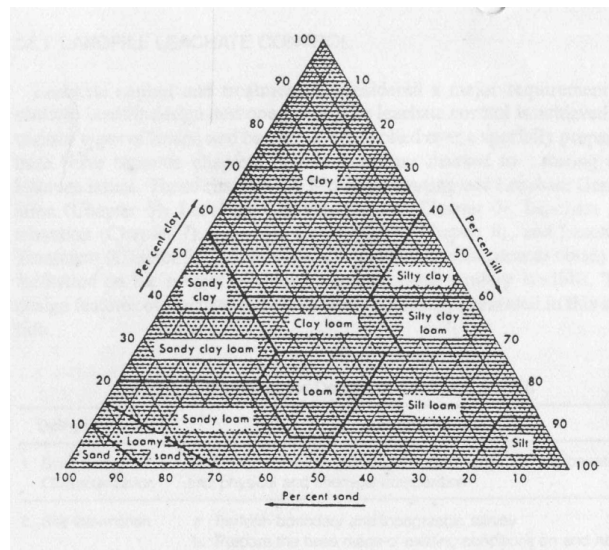
- US Department of Agriculture Soil Conservation Service (USDA)
- Unified Soil Classification System (USCS)

Gambar 5.4 menggambarkan pembagian berdasarkan ukuran butir pada kedua sistem tersebut. Sedang Gambar 5.5 adalah penentuan jenis tanah berdasarkan sistem USDA, dan Gambar 5.6 merupakan rangkuman aplikatif jenis tanah berdasarkan sistem USCS.



Gambar 5.4 : Ukuran butir dalam sitem USDA dan USCS [..]

Tanah liat (clay) sangat halus teksturnya, dan dapat mengandung sejumlah silt dan pasir . Sifat fisika dan kimianya sangat bervariasi. Dalam keadaan kering, tanah liat bersifat keras, dan dapat menahan beban yang berat. Bila basah, menjadi sangat lembut/lunak, licin dan sulit dipegang. Permeabilitas pada kondisis basah sangat rendah, dan pada saat kering akan pecah dan mengecil, menyerap air dan mengembang. Liat yang kedap sangat baik untuk digunakan sebagai pelapis dasar.



Gambar 5.5 : Penentuan jenis tanah berdasarkan kandungan versi USDA [..]

Beberapa karakteristik tanah yang terkait dalam aplikasi liner berbasis tanah adalah:

- Kelembaban tanah (soil moisture content) dinyatakan sebagai % : perbandingan volume air dalam tanah dengan total volume yang ditempati tanah, air dan rongga pori.
- Total porositas : kadar air yang tersimpan pada waktu jenuh. Pada 100 % saturasi, merupakan rasio volume air terhadap total volume :
- *Field capacity* : kadar air yang tersimpan setelah periode pengaliran gravitasi yang panjang dari kondisi jenuh, dinyatakan pula sebagai kandungan air pada tekanan kapiler 1/3 bar.
- *Wilting point* : Kandungan air terendah yang masih dapat dicapai tanaman dengan transpirasi atau pengeringan, yaitu kandungan air dimana tanaman akan secara permanen menjadi layu
- Kelulusan atau permeabilitas atau kadang disebut sebagai *hydraulic conductivity* : tingkat dimana air dialirkan melalui tanah jenuh dibawah unit tekanan gradient.

#### 4 SISTEM TANAH DAN TANAH LIAT ALAMIAH

Sistem liner ini perlu menjadi pertimbangan utama sebelum memilih alternatif liner yang lain. Tanah setempat merupakan pilihan pertama. Bila tidak layak, tanah dari luar perlu mendapat perhatian dan bila memungkinkan tanah setempat dicampur dengan tanah dari luar tersebut untuk memperoleh sifat-sifat liner yang baik. Bentonit dianggap mempunyai sifat-sifat yang baik sebagai campuran liner (disebar, dicampur atau dipadatkan) karena jenis liat yang sebenarnya porous ini mempunyai daya sorpsi yang besar, dan dapat menyimpan cairan sehingga sistem liner menjadi impermeabel.

Secara umum liner dari sistem tanah liat relatif lebih permeabel terhadap air dibanding liner sintetis dan tanah yang direkayasa akan lebih kedap dibanding tanah yang tidak dipadatkan. Permeabilitas tanah alamiah terhadap kimia organik akan tergantung pada variasi karakteristik dan komposisi bahan kimia, derajat kompaksi serta sifat-sifat tanahnya. Liner tanah liat yang dipadatkan dapat menyerap banyak cemaran organik pada lindi, namun kapasitas sorpsinya terhadap solven belum banyak diketahui. Sifat-sifat mekanis tanah liat tergantung banyak faktor yang saling berinteraksi, seperti komposisi, persentase materi amorf, sifat sorpsi terhadap kation, distribusi dan bentuk partikel, derajat saturasi. Liner tanah dapat menjadi kering bila sejenis solven yang tak larut dalam air (seperti xylene dan karbon tetraklorida) karena

keluarnya air dari liner tersebut. Bila hal ini terjadi, maka dapat timbul celah-celah retakan yang memungkinkan keluarnya lindi, terutama bila liner tersebut dipasang lapis per lapis. Kualitas masing-masing lapisan yang dipadatkan perlu mendapat perhatian.

Tanah yang digunakan untuk liner harus mengandung porsi bagian halus (lebih kecil dari 2  $\mu\text{m}$ ) yang cukup besar. Kriteria pemilihan tanah liat yang utama adalah didasarkan atas permeabilitas dalam kondisi lapangan. Menurut penelitian, sebuah tanah liat yang dapat mencapai permeabilitas sampai  $1 \times 10^{-7}$  cm/det bila dipadatkan sampai 90-95 % densitas bila dipadatkan sampai 90-95 % densitas kering Proctor dapat digunakan sebagai liner. Tanah liat dengan *liquid limit* (LL) yang tinggi cenderung menimbulkan *crack* (kering), sedang tanah dengan *plasticity index* (PI) atau *plastic limit* (PL) sangat rendah juga tidak bekerja baik. Rekomendasi pemilihan tanah liner adalah :

- PI = 10 - 15 %
- LL = 25-30 %
- fraksi partikel lebih kecil dari 0,074 mm = 40 - 50 %
- kandungan liat = 18 - 25 %

Pada dasarnya tanah mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi dan mendegradasi pencemar, namun adanya lapisan liner tambahan akan lebih menjamin hal tersebut di atas. Walaupun tanah dasar TPA relatif baik dilihat dari sudut kelulusan, maka tetap dibutuhkan penyiapan dasar TPA yang baik. Disarankan bahwa dasar TPA sampah di Indonesia dilapis 2 x 0,25 M 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 'karpet kerikil' setebal 20-30 Cm. Lindi akan terkumpul dengan lebih baik bila dasar TPA tersebut dilengkapi dengan pipa pengumpul lindi.

Sistem pelapis tercampur (*admixed*) yang dibentuk langsung di lapangan telah banyak digunakan, seperti beton aspal, semen tanah dan aspal tanah. Beton aspal merupakan campuran panas antara aspal dengan agregat kualitas baik, yang dipadatkan secara merata, seperti halnya beton aspal pada jalan raya, namun dengan porsi mineral pengisi dan semen aspal yang lebih banyak. Berikut adalah jenis tanah yang dapat digunakan sebagai bahan lapisan kedap. Tanah tersebut (Tabel 5.1) merupakan tanah lempung dan bentukannya.

Tabel 5.1: Karakteristik fisik tanah sebagai bahan lapisan kedap

Parameter	Persyaratan bahan pelapisan
Jenis tanah (USCS)	MH,ML,CH,CL
Butiran halus	> 50 %
Liquid limit	35 – 60
Indeks plastisitas vs liquid Limit	> garis A
Koefisien permeabilitas	$< 4 \times 10^{-5}$ (cm/detik)

Sumber : Parametrix, Inc. Hal 4-106

## 6. SISTEM PENUTUP AKHIR

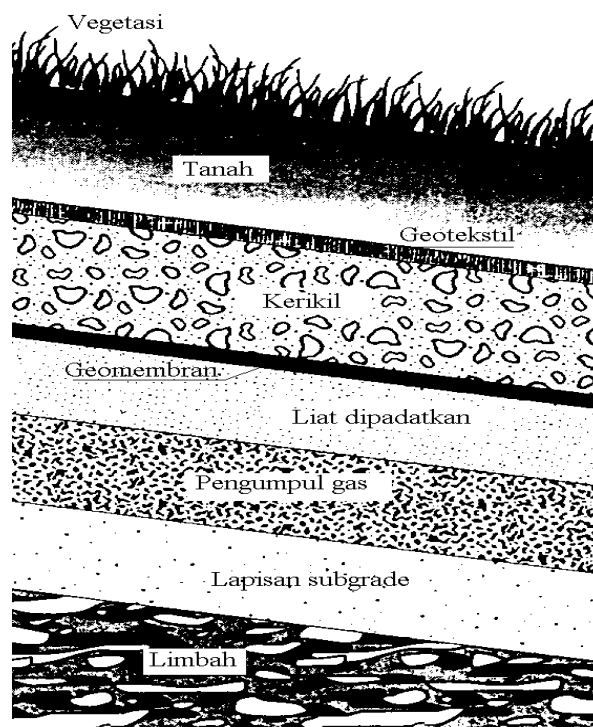
Sumber terbesar dari timbulnya lindi adalah akibat infiltrasi air melalui bagian atas lahan-urug, baik melalui presipitasi langsung atau melalui limpasan masuk (*runon*). Oleh karenanya, aplikasi penutup akhir pada lahan-urug akan memegang peranan penting. Rancangan penutup akhir hendaknya mempertimbangkan aspek kesehatan, keselamatan, estetika, permeabilitas, kekuatan dan pemanfaatan lahan setelah ditutup kelak. Penutup akhir ini diharapkan tetap berfungsi walaupun sarana ini sudah tidak digunakan lagi, yang mungkin membutuhkan waktu sampai lebih dari 30 tahun. Fungsi yang diharapkan adalah:

- Pengontrol gerakan air ke sarana supaya timbulan lindi dibatasi,
- Pengontrol limpasan air agar ke luar sarana,
- Pengontrol binatang atau vektor-vektor penyakit yang dapat memasukkan penyakit pada ekosistem,

- Pengaman terhadap adanya kontak langsung limbah dengan manusia,
  - Pengontrol terhadap gas yang terbentuk sehingga tidak menurunkan kualitas udara,
  - Pengurangan kemungkinan kebakaran dengan mencegah emisi udara ke dalam,
  - Penjamin stabilitas lahan-urug akibat kemungkinan Bergeraknya massa limbah,
  - Pencegah kemungkinan erosi,
  - Pengontrol terbangnya debu,
  - Pengatur tampilan lahan-urug dari sudut estetika,
  - Penjamin agar tanaman/tumbuhan dapat tumbuh secara baik setelah sarana ditutup.
- Adanya variasi musim (basah dan kering) diharapkan tidak merubah kondisi penutup tersebut. Skema 5.6 merupakan tipikal penutup final dari sebuah lahan-urug.

Drainase lateral dibawah media pendukung tanaman (*top soil*) terdiri dari media berpori, seperti kerikil, geonet atau geokomposit. Sasarannya adalah menyalurkan sebanyak mungkin presipitasi yang masuk sehingga tidak mengalir ke bawahnya. Dengan grading yang baik, maka air infiltrasi ini dapat dikumpulkan. Lapisan pendukung tanaman dan drainase lateral tersebut berfungsi untuk melindungi bagian bawahnya dari adanya variasi musim. Dalam beberapa kasus, drainase lateral ini dilengkapi pula dengan sistem perpipaan. Lapisan filter dari geotekstil dapat diletakkan di bawah topsoil atau di atas lapisan drainase. Geotekstil akan berperan untuk membatasi kedua media tersebut, serta mengurangi migrasi cemaran. Tanpa adanya lapisan geotekstil, partikel halus dari topsoil akan dapat bergerak ke bagian lapisan drainase yang dapat menyumbat lapisan drainase.

Di bawah lapisan drainase lateral, disusun satu atau lebih lapisan penahan lainnya. Lapisan tersebut dapat tersusun dari materi yang sama seperti yang telah diuraikan sebelumnya, yaitu geomembran, tanah liat atau bahan campuran. Biasanya lahan-urug yang menggunakan *liner* geomembran, menggunakan geomembran pula untuk sistem penutupnya. Laju infiltrasi akibat presipitasi yang berakibat pada timbulnya lindi tidak boleh melebihi kemampuan sistem pengumpul lindi tersebut. Bila hal ini terjadi, maka akan terjadi kenaikan tinggi hidrolis yang dapat membawa cemaran ke bagian di bawahnya. Rancangan lapisan drainase tersebut didasarkan atas kondisi yang terburuk dari curah hujan yang ada.



Gambar 5.6 : Sistem penutup akhir

Di bawah lapisan-lapisan penahan tersebut, dipasang sistem pengumpul gas, terbuat dari media berpori seperti pasir/kerikil atau sistem perpipaan. Pada lahan-urug sampah kota, sistem pengumpul gas ini merupakan keharusan karena limbah yang berada di sana adalah biodegradabel. Dengan kondisi yang bersifat anaerob, maka gas yang terbentuk sebagian besar adalah karbon dioksida dan metan; oleh karenanya, kemungkinan pemanfaatan gas bio tersebut menjadi salah satu pilihan. Bagian paling bawah dari sistem penutup ini adalah lapisan *subgrade* untuk menaggulangi apabila permukaan lahan-urug tidak stabil. Lapisan ini akan membantu pembentukan kemiringan (kontur) yang diinginkan untuk mempercepat drainase lateral dan mengurangi tinggi hidrolis.

Sistem penutup dapat pula menggunakan lapisan geogrid untuk menambah kesatuan dari sistem itu. Karena terjadinya penurunan permukaan tidak dapat dihindari dan besarnya tidak seragam di setiap titik, maka adanya geogrid akan menambah kapasitas tegangan pada penutup dengan mendistribusikan tegangan yang terjadi sehingga mengurangi *settlement* yang bersifat diferensial. Sistem penutup ini dapat pula memasukkan lapisan penahan tambahan di bawah topsoil, yang berperan mencegah penetrasi akar ke dalam lapisan di bawahnya. Lapisan ini biasanya terdiri dari materi semacam kerikil.

Disamping sistem penutup di atas, maka aliran limpasan dari luar dihindari dengan pengaturan drainase permukaan. Sasarannya adalah bagaimana menghindari sebanyak mungkin air masuk ke area penimbunan yang masih aktif. Kontrol aliran ini dapat pula dilakukan dengan pengaturan kemiringan serta penanaman tanaman.

Tanah penutup berfungsi untuk :

- mengontrol rodent
- mencegah lalat dan burung
- menumbuhkan tanaman
- mengatur kelembaban dan aliran gas
- lapisan dasar bagi jalan kerja

Bila pada landfill diinginkan air tidak boleh masuk, digunakan clay dengan permeabilitas rendah. Bila tanah berfungsi sebagai ventilasi, maka digunakan sifat yang berlawanan dengan di atas. Bila digunakan untuk jalan, maka harus disediakan drainase. Akan terdapat perbedaan tanah yang dibutuhkan sesuai dengan fungsinya. Umumnya tanah top soil dan berorganik tinggi dihindari, karena tanah tersebut sulit untuk dikompaksi dan lengket, serta mempunyai kelembaban yang bervariasi.

Terdapat tiga jenis penutupan sampah dengan lapisan tanah, yaitu :

- a. Lapisan harian: Pada setiap akhir hari operasi, diperlukan penutupan lapisan sampah padat dengan tanah. Lapisan ini mempunyai fungsi untuk kontrol kelembaban sampah, mencegah tersebarnya sampah, mencegah timbulnya bau, mencegah pertumbuhan binatang/vektor penyakit dan mencegah kebakaran. Ketebalan lapisan adalah 20-30 cm dalam keadaan padat.
- b. Lapisan antara (*intermediate cover*): selain fungsi-fungsi seperti lapisan harian di atas, lapisan antara ini mempunyai fungsi lain yaitu :
  - o Sebagai kontrol terhadap pembentukan gas akibat proses dekomposisi sampah yang memungkinkan pencegahan kebakaran.
  - o Pelintasan kendaraan di atasnya: lapisan ini mempunyai ketebalan antara 30 cm - 50 cm dalam keadaan padat. Lapisan ini dilakukan setelah telah terjadi tiga lapis sel harian. Lapisan antara ini dapat dibiarkan selama 1/2 sampai 1 tahun. Untuk perancangan ini direncanakan menggunakan pelapisan setebal 30 cm.
- c. Lapisan akhir (*final cover*): lapisan akhir merupakan penutupan tanah terakhir setelah kapasitas terpenuhi. Lapisan ini disesuaikan dengan tata guna lahan pasca operasi. Ketebalan minimum yang disyaratkan adalah 50 cm dalam keadaan padat. [24]

Tanah penutup akhir ini juga akan berfungsi sebagai tempat dari akar tumbuhan penutup bukit. Lapisan penutup tanah akhir terdiri dari :

1. Lapisan pendukung, berfungsi untuk meratakan muka tanah penutup timbunan antara sebelumnya dan memberikan kemiringan permukaan bukit. Memiliki ketebalan sampai



- dengan 10 cm dan menggunakan jenis tanah yang ada di sekitar lahan (tanpa memiliki persyaratan khusus).
2. Lapisan kedap, berfungsi untuk mencegah resapan air hujan atau air permukaan lainnya. Terdiri dari tanah lempung atau bentukannya dengan persyaratan yang sama dengan pembentukan lapisan dasar. Memiliki ketebalan lapisan 45 cm.
  3. Lapisan penutup, berfungsi untuk menunjang perkembangan tumbuhan penutup bukit. Kualitas tanah penutup yang diharapkan adalah mudah dalam pengerjaan, ikatan partikel cukup baik dan kuat. Untuk bahan yang sesuai adalah campuran antara pasir, lanau dan lempung dengan prosentase perbandingan lanau, lempung, dan pasir yang hampir sama. Tanah ini harus memiliki kapasitas kelembaban (Moisture holding capacity) yang tinggi. Tebal lapisan minimal 15 cm [21]. Sebaiknya lapisan ini diberikan tambahan kandungan bahan organik (pupuk). Namun demikian, pada pasca operasi direncanakan penanaman pohon dengan akar yang dalam, maka ketebalan harus mencapai (1,5 - 2 m) agar kondisi pohon cukup kuat dan pertumbuhan akarnya tidak terganggu oleh gas yang terperangkap dalam lapisan sampah. [10]

Jenis tanah untuk lapisan penutup TPA perlu diperhatikan dengan seksama untuk menjamin fungsinya. Kualitas tanah penutup yang baik akan meningkatkan stabilitas TPA dan mengurangi penurunan muka TPA. Pasir bercampur kerikil (dengan daya dukung lebih dari 5 ton/m<sup>2</sup>) diperlukan untuk lalu lintas kendaraan. Untuk bagian permukaan yang miring jenis tanah yang diperlukan adalah tanah dengan nilai kelekatan tinggi dan tahan terhadap air hujan. Kualitas tanah penutup yang diharapkan adalah mudah dalam pengerjaan, ikatan partikel cukup baik dan cukup kuat. Untuk ini bahan yang paling sesuai adalah campuran antara pasir, lanau dan lempung. Umumnya jenis berpasir sangat menguntungkan namun pasir saja tidak cukup karena mudah ditembus air. Tanah dengan ukuran partikel yang halus juga kurang menguntungkan karena sulit dalam pengerjaan. Tanah lempung saja juga tidak baik karena mudah mengalami retakan dalam keadaan kering. Tabel-tabel berikut akan memberikan penilaian jenis tanah tanah sebagai penutup timbunan.

Tabel 5.2: Penilaian jenis tanah sebagai penutup timbunan

Parameter fungsi	Jenis tanah	
	Pasir/Kerikil	Lempung/Lanau
Kemudahan penggalian	Baik	sedang/kurang
kemudahan perlintasan	Baik	kurang
pencegahan rembesan	Kurang	baik
kemudahan penanganan dalam kondisi basah	Sedang/baik	kurang
perembesan gas	Baik	kurang
pencegahan bau	Kurang	sedang/baik

#### Rekapitulasi Rencana Penutupan :

- o Tanah penutup dengan kelulusan maksimum  $1 \times 10^{-6}$
- o Tanah penutup final dengan kelulusan maksimum  $10^{-7}$
- o Tebal tanah penutup harian = 0.20 - 0.30 m ;
- o Tebal tanah penutup antara = 30 - 50 cm ;
- o Tebal tanah penutup final = 0.50 - 0.60 m ;
- o Tebal tanah setelah penutup akhir = 0.40 m ;
- o Rasio tanah penutup = 15-20 %
- o Tanah penutup mempunyai grading dengan kemiringan tidak lebih dari 30° untuk mencegah terjadinya erosi.
- o Tanah penutup merupakan campuran antara clay, silt dan sand dengan perbandingan yang kurang lebih sama.
- o Kemiringan lapisan sampah adalah 15 -25 % untuk lapisan harian dan lapisan antara.
- o Lapisan akhir memiliki kemiringan 30 % dan meskipun permukaan yang datar kemiringan 3% tetap diperlukan.