

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pengelolaan Sampah

Sampah adalah istilah umum yang sering digunakan merujuk kepada limbah padat. Sampah merupakan limbah yang bersifat padat yang terdiri dari zat organik dan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (SNI 19-2454-2002 tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan). Dari definisi yang telah dijelaskan pada SNI, dapat disimpulkan bahwa sampah merupakan benda (padatan) yang dapat terhubung langsung maupun tidak langsung dengan manusia serta tidak disenangi atau tidak dapat digunakan kembali.

Karena sampah memiliki hubungan yang langsung maupun tidak langsung dengan manusia, maka keberadaan manusia mempengaruhi banyak tidaknya sampah. Dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka makin meningkat juga keberadaan sampah tersebut. Karena itu, dengan meningkatnya sampah, maka diperlukan pengelolaan persampahan di kota. Pengelolaan sampah ini bertujuan untuk mengurangi dampak sampah terhadap kesehatan serta keestetikan lingkungan sekitarnya. Menurut UU Nomor 18 tahun 2008, Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah.

Sampah terdiri dari 2 jenis, yaitu sampah domestic dan sampah spesifik. Sampah domestik terdiri dari sampah organik dan non-organik, sedangkan sampah spesifik merupakan sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus seperti limbah bahan berbahaya dan beracun

(B3). Pengelolaan sampah tiap jenisnya juga harus berbeda. Pada umumnya pengelolaan dilakukan setelah limbah sudah terbentuk atau mengelola pada pendekatan akhir (end-of-pipe), dan pengelolaan lainnya adalah dengan menerapkan teknologi pada prosesnya sehingga limbah yang terbentuk mejadi seminimal mungkin (Damanhuri, 2012).

Berdasarkan SNI 19-2454-2002 tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan, teknik operasional pengelolaan sampah dimulai dari pemilahan, pewadahan serta pengolahan di sumber kemudian dilanjutkan ke tempat pengumpulan sampah, yang kemudian akan ada pemindahan/pengangkutan sampah ke tempat pembuangan akhir. Beberapa factor yang dapat mempengaruhi pengelolaan sampah diantaranya,

- Kepadatan penduduk dan penyebarannya
- Karakteristik fisik lingkungan dan social ekonomi
- Timbulan dan karakteristik sampah
- Budaya sikap serta oerilaku masyarakat
- Jarak dari sumber sampah ke tempat pembuangan akhir sampah
- Rencana tata ruang dan pengembangan kota
- Sarana pengumpulan, pengangkutan, pengolahan serta pembuangan akhir
- Biaya yang tersedia
- Peraturan daerah setempat

Pengelolaan sampah dengan paradigma baru tersebut dilakukan dengan kegiatan pengurangan dan penanganan sampah. Pengurangan sampah meliputi kegiatan pembatasan, penggunaan kembali, dan pendauran ulang, sedangkan kegiatan penanganan sampah meliputi pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir. Berikut merupakan penjelasan dari pengelolaan sampah; (SNI 19-2454-2002 tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan)

1. Pewadahan sampah

Pewadahan merupakan aktivitas menampung sampah yang bersifat sementara dalam suatu wadah individual atau komunal di tempat sumber sampah

2. Pengumpulan sampah

Pengumpulan sampah merupakan aktivitas penanganan yang tidak hanya mengumpulkan sampah dari wadah individual dan atau dari wadah komunal (bersama) melainkan juga mengangkutnya ketempat terminal tertentu, baik dengan pengangkutan langsung maupun tidak langsung

3. Pemindahan sampah

Pemindahan sampah merupakan kegiatan memindahkan sampah hasil pengumpulan ke dalam alat pengangkut untuk dibawa ke tempat pembuangan akhir

4. Pengangkutan sampah

Pengangkutan merupakan kegiatan membawa sampah dari lokasi pemindahan atau langsung dari sumber sampah menuju ke tempat pembuangan akhir

5. Pengolahan sampah

Pengolahan sampah adalah proses yang bertujuan untuk mengurangi volume sampah dan/atau mengubah bentuk sampah menjadi yang bermanfaat (pembakaran, pengomposan, pemadatan, penghancuran, pengeringan dan daur ulang)

6. Pemilahan sampah

Pemilahan sampah merupakan proses pemisahan sampah berdasarkan jenisnya yang dilakukan di sumber hingga ke pembuangan akhir

7. Pembuangan akhir sampah

Pembuangan akhir sampah merupakan tempat dimana dilakukan kegiatan untuk mengisolasi sampah sehingga aman bagi lingkungan

II.2 Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

Berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008, pengertian TPA yang dulu adalah tempat pengolahan sampah, berganti menjadi tempat pemrosesan akhir. Tempat

pemrosesan akhir merupakan tempat untuk memroses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan. Tempat pemrosesan akhir sampah ini merupakan kegiatan akhir dari tempat pengolahan sampah. Terdapat beberapa pilihan proses pengolahan sampah untuk dapat diterapkan di TPA. Pengolahan tersebut diantaranya adalah pengomposan, insenerasi atau pembakaran, daur ulang, pengurangan volume sampah dengan dicacah atau dipadatkan, serta biogasifikasi atau memanfaatkan energi hasil pengolahan sampah (SNI).

Setelah dilakukan pengolahan, sampah akhir yang sudah tidak terpakai atau tidak bisa diolah lagi pada pengolahan akan dilakukan pembuangan. Pembuangan akhir harus memenuhi syarat yang berlaku serta kesehatan sekitarnya. Menurut data Status Lingkungan Hidup Indoensia (SLHI) tentang kondisi TPA di Indonesia, diketahui bahwa 90% TPA dioperasikan dengan sistem open dumping dan sisanya dioperasikan dengan controlled landfill dan sanitary landfill (Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2008).

Berdasarkan sistemnya, terdapat 3 sistem pembuangan akhir sampah, yaitu

1. Open dumping, yaitu dengan membuang sampah pada suatu tempat tanpa ada penanganan lebih lanjut yang dapat menyebabkan lingkungan sekitar menjadi tercemar dan menjadi sumber penyakit.
2. Sanitary landfill, yaitu lahan yang diurug dengan memperhatikan aspek sanitasi lingkungan. Sampah akan diletakkan pada lahan cekung kemudian sampah dipadatkan dan dilapisi dengan tanah penutup harian setiap hari. Kemudian tanah akan dipadatkan kembali setebal 10% - 15% dari ketebalan lapisan sampah untuk mencegah berkembangnya vector penyakit, penyebaran debu dan sampah ringan yang dapat mencemari lingkungan sekitarnya. Pada bagian atas timbunan tanah penutup harian akan dihamparkan lagi sampah hingga terbentuk lapisan sampah dan tanah. Pada bagian dasarnya dibuat lapisan kedap air yang dilengkapi dengan pipa pengumpul dan penyalur air lindi (leachate) yang terbentuk dari proses penguraian sampah organik. Terdapat juga saluran penyalur

gas untuk mengolah gas metan yang dihasilkan dari proses degradasi limbah organic.

3. Controlled landfill, merupakan lahan urug terkendali yang diperkenalkan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada awal 1990-an, dimana tujuannya adalah untuk memperbaiki atau meningkatkan open dumping, tetapi belum sebaik sanitary landfill. Pada sistem ini, pelapis dasar berupa lapisan geomembrane, dimana lapisan tanah penutup harian dilakukan setiap 5-7 hari.

Berikut merupakan tabel perbandingan sistem lahan urug:

Tabel 2.1 Perbandingan Sistem Lahan Urug

Skema Lahan Urug	Kelebihan	Kekurangan
Open Dumping	<ul style="list-style-type: none"> - Teknik pelaksanaan mudah - Personil lapangan relative sedikit - Biaya operasi dan perawatan yang relative rendah 	<ul style="list-style-type: none"> - Terjadi pencemaran udara oleh gas, bau dan debu - Pencemaran air tanah oleh air lindi - Resiko kebakaran cukup besar - Mendorong tumbuhnya sarang vector penyakit (tikus, lalat, nyamuk) - Mengurangi estetika lingkungan - Lahan tidak dapat digunakan kembali
Sanitary Landfill	<ul style="list-style-type: none"> - Timbulan gas metan dan air lindi terkontrol dengan baik sehingga tidak mencemari lingkungan - Timbulan gas metan dapat 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplikasi sistem pelapisan dasar (liner) yang rumit - Aplikasi tanah penutup harian yang mahal - Aplikasi sistem penutup

	<p>dimanfaatkan sebagai sumber energi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Setelah selesai pemakaiannya, area lahan dapat urug dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti area parkir, lapangan golf, dan kebutuhan lain - Biaya investasi lebih rendah dibandingkan metode lain - Dapat menerima berbagai tipe sampah - Fleksibel terhadap fluktuasi kuantitas sampah - Lahan dapat digunakan kembali setelah pemakaian 	<p>akhir</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biaya aplikasi pipa penyalur gas metan dan instalasi pengkonversian gas metan menjadi sumber energi - Biaya aplikasi pipa pengumpul dan penyalur air lindi (leachate) dan instalasi pengolah air lindi - Meningkatnya populasi mengakibatkan sulitnya penentuan lahan - Jika operasi tidak sesuai dapat berubah seperti metode open dumping - Lahan dapat mengalami penurunan dan memerlukan perawatan yang periodic - Gas yang dihasilkan dapat meledak (metan) jika tidak dikelola dengan baik
Controlled Landfill	<ul style="list-style-type: none"> - Dampak negative terhadap lingkungan dapat diperkecil - Lahan dapat digunakan kembali setelah dipakai - Estetika lingkungan cukup baik 	<ul style="list-style-type: none"> - Operasi lapangan relative lebih sulit - Biaya operasi dan perawatan cukup besar - Memerlukan personalia lapangan yang cukup terlatih

Sumber: Damanhuri, 2004

Pada sistem controlled landfill dan sanitary landfill, pengoperasian dan pemeliharaan lahannya harus dapat menjamin fungsi: (Damanhuri, 2012)

- Sistem pengumpulan dan pengolahan leachate
- Penanganan gas metan
- Pemeliharaan estetika sekitar lingkungan
- Pengendalian cektor penyakit
- Pelaksanaan keselamatan kerja
- Penanganan tanggap darurat bahaya kebakaran dan kelongsoran

II.3 Sanitary Landfill

Salah satu metode yang dapat digunakan pada tempat pembuangan akhir adalah sanitary landfill. Sanitary Landfill merupakan metode dengan mengurug tanah dan menyebarkan sampah per-lapis kemudian dipadatkan dengan alat berat, dan pada akhir hari operasi sampah ditutup dengan tanah yang dipadatkan juga (Tchobanoglous, 1993). Metode ini merupakan perkembangan dari open dumping. Hal ini dikarenakan open dumping memiliki dampak negative bagi lingkungan sekitar, dimana udara tercemar, sebagai tempat berkembangnya vector pembawa penyakit menular (tikus, lalat) serta keestetikan lingkungan berkurang. Namun, tidak dapat dihindari bahwa walaupun tempat pembuangan akhir telah menggunakan metode sanitary landfill tetap mencemari badan air. Terdapat 2 sistem sanitary landfill yaitu:

1. Sistem Improved Sanitary Landfill

Sistem ini merupakan sistem yang dikembangkan dari sistem sanitary landfill, dimana lindi yang dihasilkan akan dikumpulkan yang kemudian ditampung untuk dilakukan pengolahan di lokasi (on site) atau dialirkan ke sistem sewerage, bersama-sama dengan air limbah domestic pada suatu instalansi air limbah terpusat (off site) sebelum dibuang ke badan air. Sistem ini dibuat kedap air dengan cara diberi lapisan tanah liat serta

plastic atau lembaran karet. Pada bagian dasar dipasang pipa untuk mengumpulkan lindi serta menyalurkan ke pengolahan air lindi.

2. Sistem Semi Aerobica Sanitary Landfill

Sistem ini merupakan sistem improved sanitary landfill yang dikembangkan. Pada sistem ini ditambahkan oksigen pada timbunan sampah. Penambahan oksige bertujuan untuk mempercepat dekomposisi sampah pada TPA.

Menurut Damanhuri (2012), landfill dibutuhkan karena; 1) pengurangan limbah di sumber, daur ulang serta mnimasi limbah tidak dapat menyingkirkan semua limbah, 2) pengolahan limbah biasanya menghasilkan residu yang harus ditangani lebih lanjut, serta 3) sebagai tempat bagi limbah yang tidak mudah diurai baik secara biologi maupun kimia, sertaa untuk limbah yang tidak mudah dibakar.

Tempat Pembuangan Akhir sampah dengan menggunakan meetode sanitary landfill tentunya tidak dibuat tanpa rencana. Hal yang dilakukan pada awal perencanaan, salah satunya adalah menentukan lokasi dimana TPA akan dibangun. Dalam penentuan lokasi terdapat beberapa kriteria. Menurut SNI 19-32141-1994 tentang Tata cara pemilihan lokasi TPA, pemilihan lokasi TPA secara umum harus memenuhi ketentuan sebagia berikut:

- 1) TPA sampah tidak boleh berlokasi di danau, sungai dan laut;
- 2) Disusun berdasarkan 3 tahapan, yaitu:
 - (1) Tahap regional yang merupakan tahapan untuk menghasilkan peta yang berisi daerah atau tempat dalam wilayah tersebut yang terbagi menjadi beberapa zona kelayakan;
 - (2) Tahap penyisih yang merupakan tahapan untuk menghasilkan satu atau dua lokasi terbaik diantara beberapa lokasi yang dipilih dari zona-zona kelayakan pada tahap regional;
 - (3) Tahap penetapan yang merupakan tahap penentuan lokasi terpilih oleh Instansi yang berwenang;

- 3) dalam hal suatu wilayah belum bisa memenuhi tahap regional, pemilihan lokasi TPA sampah ditentukan berdasarkan skema pemilihan lokasi TPA sampah ini dapat dilihat pada lampiran criteria yang berlaku pada tahap penyisih. (SNI 19-3241-1994 tentang Tata cara pemilihan lokasi Tempat Penbuangan Akhir Sampah

Selain itu, pemilihan lokasi ini juga memiliki kriteria yang harus terpenuhi, yaitu:

- 1) Kriteria regional, yaitu criteria yang digunakan untuk menentukan zona layak atau zona tidak layak sebagai berikut :
 - (1) Kondisi geologi
 - a) tidak berlokasi di zona Holocene fault;
 - b) tidak boleh di zona bahaya geologi
 - (2) Kondisi hidrogeologi
 - a) tidak boleh mempunyai muka air tanah kurang dari 3 meter;
 - b) tidak boleh kelulusan tanah lebih besar dari 10-6cm/det;
 - c) jarak terhadap sumber air minum harus lebih besar dari 100 meter dihilir aliran;
 - d) dalam hal tidak ada zona yang memenuhi kriteria-kriteria tersebut di atas, maka harus diadakan masukan teknologi;
 - (3) kemiringan zona harus kurang dari 20%
 - (4) jarak dari lapangan terbang harus lebih besar dari 3.000 meter untuk penerbangan turbo jet dan harus lebih besar dari 1.500 meter untuk jenis lain;
 - (5) tidak boleh pada daerah lindung/cagar alam dan daerah banjir dengan periode ulang 25 tahun;
- 2) Criteria penyisih yaitu kriteria yang digunakan untuk memilih lokasi terbaik yaitu terdiri dari kriteria regional ditambah dengan kriteria berikut :
 - (1) iklim :
 - a) hujan : intensitas hujan makin kecil dinilai makin baik;

- b) angin : arah angin dominant tidak menuju kepemukiman dinilai makin baik;
 - (2) utilitas : tersedia lebih lengkap dinilai makin baik;
 - (3) lingkungan biologis :
 - a) habitat : kurang bervariasi, dinilai makin baik;
 - b) daya dukung : kurang menunjang kehidupan flora dan fauna, dinilai makin baik;
 - (4) kondisi tanah :
 - a) produktifitas tanah : tidak produktif dinilai lebih tinggi;
 - b) kapasitas dan umur : dapat menampung bahan lebih banyak dan lebih lama dinilai lebih baik;
 - c) ketersediaan tanah penutup : mempunyai tanah penutup yang cukup, dinilai lebih baik;
 - d) status tanah : makin bervariasi dinilai tidak baik;
 - (5) demografi : kepadatan penduduk lebih rendah, dinilai makin baik;
 - (6) batas administrasi : dalam batas administrasi dinilai semakin baik;
 - (7) kebisingan : semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik;
 - (8) bau : semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik;
 - (9) estetika : semakin tidak terlihat dari luar dinilai semakin baik;
 - (10) ekonomi : semakin kecil biaya satuan pengelolaan sampah (per m³ /ton) dinilai semakin baik;
- 3) kriteria penetapan yaitu kriteria yang digunakan instansi yang berwenang untuk menyetujui dan menetapkan lokasi terpilih sesuai dengan kebijaksanaan instansi yang berwenang setempat dan ketentuan yang berlaku

Pada perencanaan pemilihan lokasi TPA, dapat diuji dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya: (Damanhuri, 2012)

1) Metode Le Grand (Knight, 1984)

Metode ini merupakan metode “numerical rating” yang dimodifikasi oleh Knight, dan telah digunakan oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan untuk mengevaluasi pendahuluan dari lokasi pembuangan limbah di Indonesia. Berikut merupakan parameter yang digunakan dalam analisisnya:

- Jarak antara lokasi (sumber pencemar) dengan sumber air minum
- Kedalaman muka air tanah terhadap dasar lahan-urug
- Kemiringan hidrolis air tanah dan arah alirannya dalam hubungan dengan pusat sumber air minum atau aliran air sungai
- Permeabilitas tanah dan batuan
- Sifat-sifat tanah dan batuan dalam meredam pencemaran, dan
- Jenis limbah yang akan diurug pada sarana tersebut.

Metode ini terdiri dari 4 tahap, yaitu:

Tahap 1: deskripsi hidrogeologis lokasi

Tahap 2: derajat keseriusan masalah

Tahap 3: gabungan tahap 1 dan tahap 2

Tahap 4: penilaian setelah perbaikan

2) Metode Hagerty (Hagerty et al., 1981)

Evaluasi dengan metode ini mengandalkan pada tiga karakteristik umum dari sebuah lahan, yaitu: -

- Potensi infiltrasi air eksternal ke dalam sub-permukaan,
- Potensi transportasi cemaran menuju air tanah,
- Mekanisme lain yang berkaitan dengan transportasi cemaran ke luar.

Pertimbangan yang digunakan dalam sistem pembobotan ini adalah:

- Parameter-parameter yang langsung berpengaruh pada transmisi cemaran dianggap sebagai parameter dengan prioritas pertama, misalnya potensi infiltrasi, potensi bocornya dasar lahan-urug, dan

kecepatan air tanah. Nilai maksimum adalah 20 SRP (satuan rangking prioritas).

- Parameter-parameter yang mempengaruhi transportasi cemaran setelah terjadinya kontak dengan air dianggap sebagai prioritas kedua, seperti kapasitas penyaringan dan kapasitas sorpsi. Nilai maksimum adalah 15 SRP.
- Parameter-parameter yang mewakili kondisi awal dari air tanah dikenal sebagai prioritas ketiga. Nilai maksimum adalah 10 SRP.
- Parameter-parameter yang mewakili faktor-faktor lain, dikenal sebagai prioritas keempat, seperti jarak potensi cemaran, arah angin dan populasi penduduk. Nilai maksimum adalah 5 SRP.

Pada sistem sanitary landfill, yang merupakan lahan urug, dibutuhkan sistem pelapis dasar. Pelapis dasar dilakukan untuk mengurangi mobilitas/masuknya lindi ke air tanah yang kemudian mencemari tanah serta untuk mengurangi pencemar yang terkandung pada lindi agar tidak terlarut (seperti logam berat). Sistem pelapis dasar atau liner ini terdiri atas beberapa komponen utama. Komponen utama minimal terdiri atas 3 lapisan, yaitu: (Damanhuri, 2012)

1) Lapisan kedap

Lapisan ini merupakan lapisan terbawah yang berfungsi untuk menahan resapan lindi/leachate ke lapisan tanah di bawahnya

2) Lapisan drainase pengumpul lindi

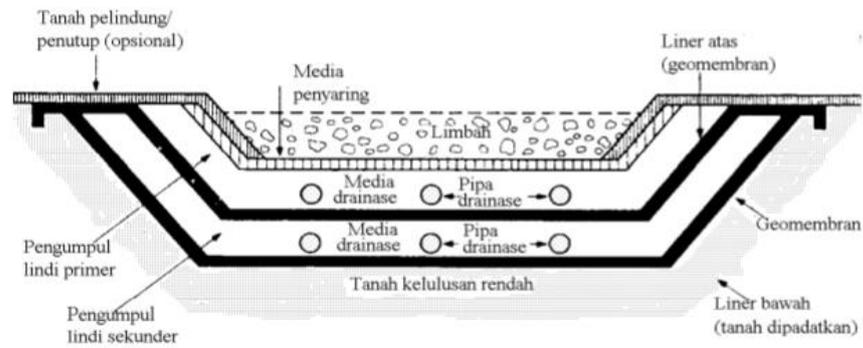
Lapisan ini berfungsi sebagai tempat pengaliran leachate menuju saluran pengumpul

3) Lapisan media pelindung

Lapisan ini berfungsi untuk melindungi lapisan kedap dari perlintasan kendaraan serta gangguan lainnya.

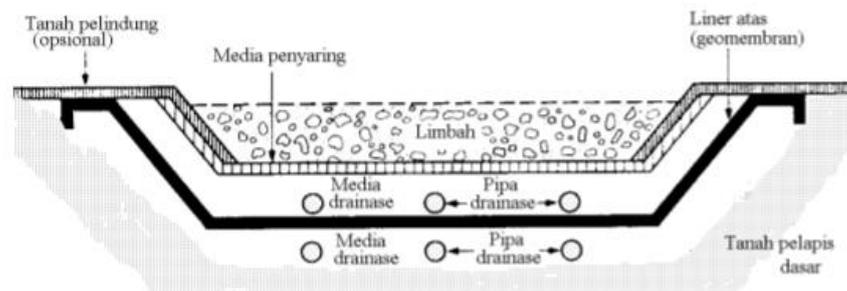
Menurut susunan bahan pelapis yang biasa diterapkan, diketahui terdapat 3 sistem pelapis dasar, yaitu:

1. Sistem pelapis dasar ganda (double liner)



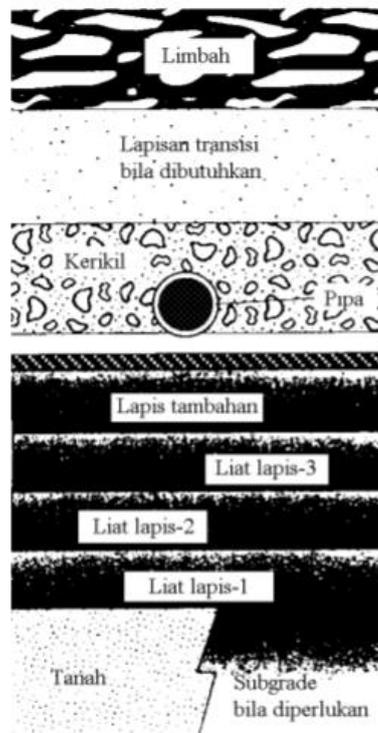
Gambar 2.1 Sistem liner ganda FML dan tanah dipadatkan (Freeman, 1988)

2. Sistem pelapis dasar tunggal (single liner)



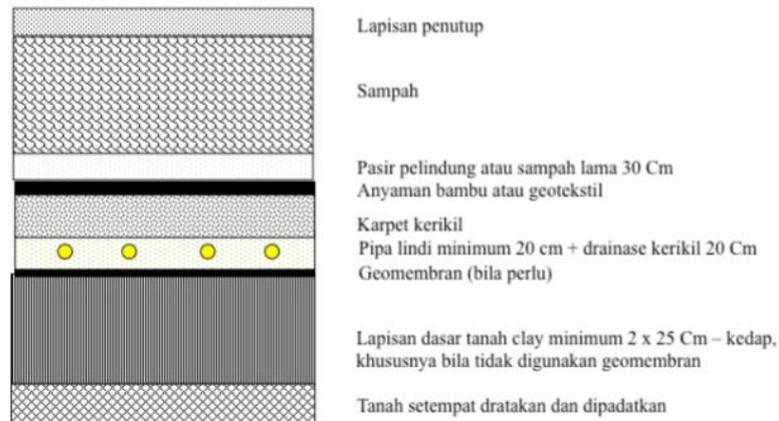
Gambar 2.2 Sistem liner tunggal (Freeman, 1988)

3. Sistem pelapis liat (clay liner)



Gambar 2.3 Sistem liner di Eropa (La Grega, 1994)

Perbedaan dari ketiga susunan sistem pelapis dasar di atas adalah penggunaan atau penerapannya. Di Indonesia sendiri, sistem pelapis dasar ganda biasa digunakan untuk limbah B3. Hal ini dikarenakan sistem liner ganda terdapat lapisan dengan geosintetis atau dikenal dengan flexible membrane liner (FML) yang memiliki sifat menyaring materi tersuspensi serta memungkinkan aliran air atau lindi untuk melalui lapisan ini. Sedangkan sistem pelapis dasar tunggal dan pelapis liat digunakan untuk landfill kategori II dan III. Berikut merupakan contoh susunan lapisan yang digunakan di sanitary landfill Indonesia:



Gambar 2.4 Lapisan dasar sanitary landfill

Pelapis dasar memiliki prinsip:

- Tidak tergerus selama menunggu penggunaan, seperti terpapar hujan dan panas
- Tidak tergerus akibat operasi rutin, khususnya akibat truk pengangkut sampah dan operasi alat berat yang lalu di atasnya
- Sampah halus tidak ikut terbawa ke dalam sistem pengumpul lindi, dan tetap memungkinkan lindi mengalir dan terarah ke bawahnya

Penutupan sampah merupakan proses yang dilakukan setelah kapasitas lahan urug terpenuhi. Hal ini dilakukan agar sarana (TPA) yang tidak terpakai masih tetap berfungsi. Beberapa fungsi yang diharapkan:

- Mengontrol pergerakan air ke sarana agar timbulan lindi dibatasi
- Mengontrol vector penyakit
- Mengontrol gas yang terbentuk sehingga tidak terlepas ke udara yang berakibat pada gas rumah kaca
- Sebagai penjamin agar tanaman/tumbuhan dapat tumbuh dengan baik setelah sarana ditutup

Pada penutupan sampah, terdapat 3 jenis penutupan, yaitu:

1) Lapisan harian

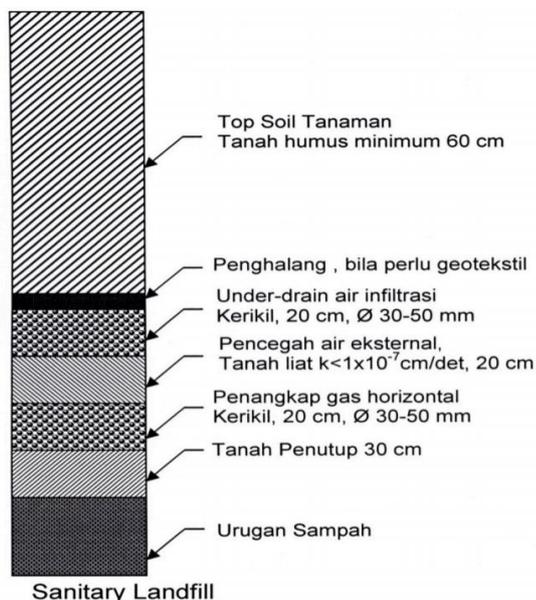
Pentupan dilakukan setiap hari pada akhir operasi. Pentupan ini mempunyai fungsi untuk mengontrol kelembaban sampah, mencegah tersebarnya sampah, mencegah adanya bau, mencegah pertumbuhan vector penyakit serta mencegah adanya kebakaran. Lapisan ini memiliki ketebalan 20-30 cm dalam keadaan padat.

2) Lapisan antara (intermediate cover)

Pelapisan ini dilakukan setelah adanya 3 lapis pada lapisan sel harian. Lapisan ini digunakan sebagai kontrol terhadap gas yang terbentuk akibat adanya proses dekomposisi sampah yang memungkinkan pencegahan kebakaran. Tebal lapisan ini antara 30-50 cm dalam keadaan padat.

3) Lapisan akhir (final cover)

Merupakan lapisan terakhir setelah lahan urug terisi penuh dengan sampah. Lapisan ini memiliki ketebalan minimal 50 cm dalam keadaan padat.



Gambar 2.5 Sistem penutup sanitary landfill

Sistem penutup pada sanitary landfill terdiri atas beberapa lapis, yaitu:

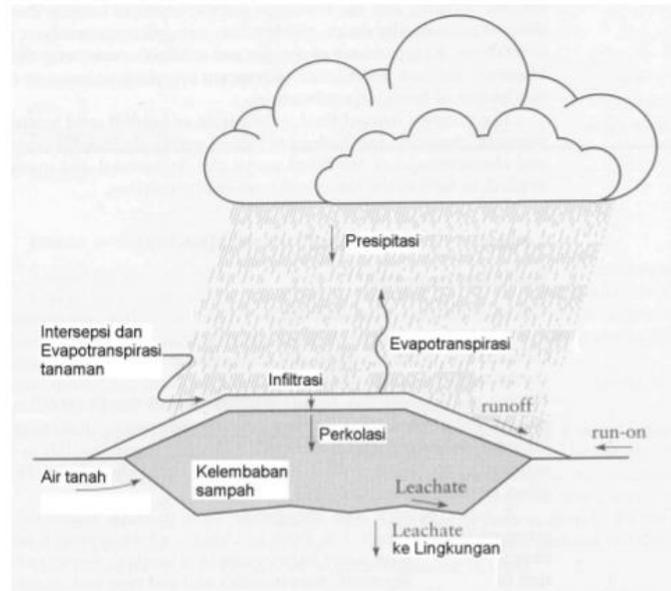
- 1) Lapisan tanah (harian atau antara). Lapisan ini merupakan lapisan pertama yang berkontak langsung dengan limbah. Jika lapisan tanah tidak dilakukan dalam jangka waktu lebih dari 1 bulan, maka dibutuhkan penutup setebal 30 cm dengan bentuk padat.
- 2) Lapisan karpet kerikil. Lapisan ini memiliki diameter 30-50 mm sebagai penangkap gas horizontal dengan tebal 20 cm. Lapisan ini juga terhubung dengan pipa penangkap gas vertical.
- 3) Lapisan tanah liat. Lapisan dengan tebal 20 cm ini memiliki fungsi untuk mencegah air masuk ke dalam tanah urug
- 4) Lapisan karpet kerikil under-drain. Lapisan yang berfungsi menangkap air infiltrasi yang terdiri dari media kerikil dengan diameter 30-50 mm serta tebal 20 cm, untuk selanjutnya dialirkan ke sistem drainase. Jika diperlukan, dapat ditambah dengan lapisan geotekstil untuk mencegah masuknya tanah di atasnya.
- 5) Lapisan tanah humus. Lapisan terluar ini memiliki ketebalan minimum 60 cm. Lapisan ini berfungsi sebagai tempat tumbuhnya tumbuhan. Sehingga walaupun sudah tidak beroperasi, sanitary landfill masih memiliki fungsi untuk lingkungan sekitarnya.

II.4 Penanganan Lindi

Lindi atau leachate merupakan cairan yang dihasilkan dari timbunan sampah. Air ini berasal dari sampah yang terpapar air hujan maupun dari sampah yang basah (m mengandung air). Lindi memiliki bau yang tidak sedap karena sudah bercampur dengan sampah. Cairan ini termasuk berbahaya karena mengandung senyawa organik dan anorganik yang tinggi, tergantung dari jenis sampah yang ada. Pada landfill, lindi terbentuk pada dasar landfill karena adanya air hujan yang masuk ke dalam landfill.

Sistem drainase lindi dilakukan agar tidak terjadi kumulasi air sampah di dasar landfill. Pada pengembangannya, sistem drainase ini memiliki kesatuan

dengan sistem gas. Sistem drainase bersifat ganda, dimana selain mengalirkan air lindi ke penampung atau instalasi pengolahnya juga berfungsi untuk menyalurkan saluran pemasok udara menuju ventilasi gas vertical.



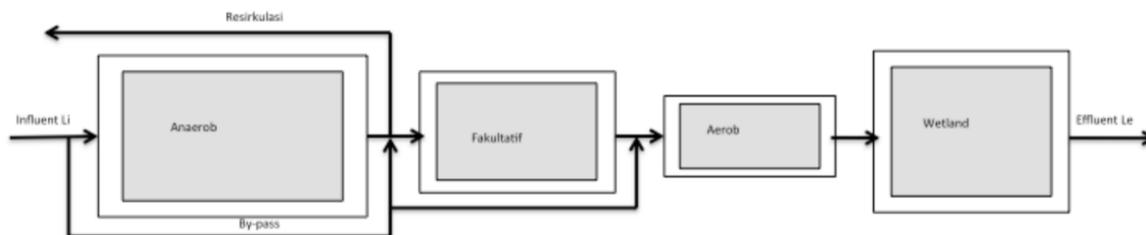
Gambar 2.6 Skema terjadinya lindi (Vesilind, 2002)

Kualitas air lindi pada tiap TPA sangat bervariasi dan berfluktuasi. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya materi organik hasil proses dekomposisi biologis, masuknya air dari luar (hujan), serta kemampuan tanah dan sampah untuk menahan air dimana air yang tidak tertahan akan menguap. Penanganan yang dapat dilakukan agar lindi tidak langsung menyerap dan mencemari tanah dan air, diantaranya:

- Mengisolasi lahan urug agar air dari luar tidak masuk dan air lindi tidak ke luar (misalnya dengan penggunaan geomembrane)
- Mengalirkan lindi menuju pengolahan lindi
- Mengembalikan lindi (resirkulasi) ke lahan urug atau ke timbunan sampah

Pengolahan lindi yang dianggap cocok di Indonesia adalah dengan Sistem kolam. Hal ini dikarenakan sistem kolam memiliki desain yang sederhana, pengoperasiannya yang relative mudah, fleksibel dalam pengaturan aliran dan beban, menggunakan sinar matahari, dapat dibangun secara bertahap mulai dari

yang sederhana hingga pengembangannya yang disesuaikan. Namun, pengolahan ini membutuhkan lahan yang luas.



Gambar 2.7 Skema pengolahan lindi sistem kolam

Sistem kolam ini terdiri dari kolam penampung untuk pengatur aliran, kolam anaerob, kolam fakultatif, kolam maturase (aerob), wet-land, sistem by-pass serta sistem resirkulasi. Sistem kolam ini tidak menggunakan bahan kimia pada pengolahannya.

II.5 Penanganan Gas Landfill

Gas landfill merupakan gas yang berasal dari landfill yang merupakan timbunan sampah yang menghasilkan gas karena reaksi yang terjadi akibat pemanasan di dalam tumpukan. Gas landfill ini mengandung metan yang di produksi oleh proses degradasi aerobik oleh limbah organik. Gas metan merupakan gas penyebab efek rumah kaca yang besar dan landfill merupakan salah satu dari sumber utama antropogenic metan di udara. Methan yang berada di landfill bisa saja dioksidasi oleh mikroorganisme metanotropic di tanah. Komponen utama pada gas landfill adalah metan dan karbon dioksida. Produksi gas landfill ini dapat terus berlanjut hingga sumber utama dari material organik telah habis didegradasi, yang dapat memakan waktu beberapa dekade.

Hasil akhir dari proses anaerob adalah terbentuknya gas metan (CH_4). Produk yang dihasilkan sebelum terbentuknya fase metanogen adalah asam-asam organik yang menyebabkan leachate (lindi) dari timbunan tersebut bercirikan COD atau BOD yang tinggi dengan pH yang rendah, serta penyebab timbulnya

bau khas sampah yang membusuk. Bila tahap ini lebih dipersingkat lagi keberadaannya dalam sistem, dengan mengkonversi segera asam-asam tersebut menjadi metan, maka beban organik dalam lindi akan menjadi berkurang, yang secara tidak langsung akan mengurangi kelarutan mineral dalam lindi. Factor yang mempengaruhi dekomposisi ini adalah temperature, kelembaban, pH, Nutrisi, serta densitas sampah.

Gas methan (CH_4) mempunyai potensi gas rumah kaca 22 kali disbanding CO_2 , dimana gas ini memiliki kapasitas yang besar untuk menyerap radiasi yang terefleksi dari permukaan bumi. Karene itu, gas metan harus dikonversi menjadi CO_2 sebelum dilepas dengan cara membakarnya. Walaupun tekanan gas methan rendah, namun gas ini dapat bermigrasi secara horizontal. Migrasi gas dapat dilakukan dengan memompa gas melalui pipa pengumpul gas di sekeliling landfill. Penyaluran gas berupa:

- Ventilasi horizontal
Ventilasi dengan tujuan membentuk aliran gas dalam satu sel
- Ventilasi vertical
Ventilasi yang berfungsi mengarahkan gas yang terbentuk mengalir ke udara bebas
- Ventilasi akhir
Ventilasi yang dibuat setelah kapasitas lahan urug penuh.

Pipa ventilasi ini memiliki beberapa kriteria sebagai berikut: (W. Astono et al., 2015)

- Pipa ventilasi gas berupa pipa berlubang atau perforasi berukuran 10 mm yang dilindungi oleh kerikil dan casing dipasang sesuai dengan ketinggian lapisan timbunan sampah
- Jarak antara ventilasi vertical 50 m
- Lubang diisi batu pecah berdiameter 50-100 mm untuk mencegah pipa tertumpuk dengan sampah dan memiliki ketinggian tinggi timbunan sampah ditambah 50 cm

Lapisan impermeable akan membatasi dan mengisolasi sampah yang ditimbun sehingga dapat membantu pengaliran gas. Selain itu, tanah penutup

lahan urug harus dipelihara guna mencegah adanya retakan yang menyebabkan gas dapat terlepas. Gas yang terkumpul ini dapat digunakan sebagai: (P. Isworo, 2017)

- Digunakan secara langsung: sebagai bahan bakar pengganti LPG
- Pembangkit listrik melalui generator: dimana listrik yang dihasilkan dapat langsung dipakai atau diintegrasikan dengan PLN sebagai penyedia jaringan listrik
- Flaring: membakar gas metan tanpa dimanfaatkan.