

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Sampah

Undang-undang nomor 18 Tahun 2008 Pasal 1 ayat 1 menyebutkan bahwa sampah merupakan residu berbentuk padat dari proses alam maupun aktivitas manusia setiap harinya. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI-19-2454-2002 tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan mendefinisikan sampah sebagai sesuatu bersifat padat, mencakup bahan organik dan anorganik yang tidak dibutuhkan lagi serta memerlukan pengelolaan dengan harapan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan melindungi investasi pembangunan.

Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993 (xvii) mendefinisikan limbah sebagai semua jenis limbah berbentuk padat yang berasal dari aktivitas manusia dan hewan, dan dibuang karena sudah tidak digunakan lagi. Sedangkan menurut PP no 18/1999 Pasal 1 ayat 1 mengenai pengelolaan limbah berbahaya dan beracun memaparkan bahwa limbah merupakan sisa dari suatu aktivitas maupun hasil produksi.

2.2 Dampak Pencemaran Akibat Sampah

Berdasarkan Direktorat Pengembangan PLP (2011 : Bab 4 hal. 1-2) terdapat banyak kendala dalam pengelolaan kebersihan antara lain tidak adanya sarana dan prasarana, sumber daya manusia, regulasi dan anggaran yang sesuai dan berujung pada pelayanan yang kurang maksimal, sehingga terjadi peningkatan pencemaran lingkungan yang menimbulkan berbagai dampak meliputi :

2.2.1 Perkembangan vektor penyakit

Tempat sampah dan *container* adalah pilihan yang sangat tepat untuk bertumbuh dan kembangnya sumber penyakit yang di dominasi oleh lalat dan tikus pada tumpukan sampah didalamnya. Vektor penyakit lebih berkembang di kawasan TPA yang disebabkan oleh ketidaksesuaian frekuensi penutupan sampah terhadap ketetapan. Ketidaknyamanan akibat

dari lalat pada tumpukan sampah umunya dapat dirasakan sampai jarak 1-2 km dari kawasan TPA.

2.2.2 Pencemaran udara

Bau tidak sedap yang bersumber dari tumpukan limbah tidak tertutup, berserakan, serta tidak diangkut dalam waktu dekat dapat menyebarkan bau sepanjang perjalanan. Tidak hanya itu, proses dekomposisi sampah di TPA secara konstan dapat memberikan hasil berupa gas CO, CO₂, CH₄, H₂S dan lainnya sehingga udara tercemar, parahnya dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca yang lambat laun berpengaruh terhadap terjadinya *Global Warming*.

2.2.3 Pencemaran air

Tempat pembuangan yang terbuka pada saat terjadi hujan, berpotensi menghasilkan lindi. Lindi yang mengalir tidak pada tempatnya seperti di tanah atau sekitarnya dapat menjadi penyebab pencemaran.

2.2.4 Pencemaran tanah

Tumpukan sampah organik yang kemungkinan mengandung bahan buangan berbahaya dapat terjadi oleh karena sampah yang dibuang secara sembarangan pada beberapa lahan tertentu.

2.2.5 Gangguan estetika

Lingkungan yang pada tempatnya terdapat sampah yang dibiarkan terbuka tanpa tutup mengganggu pandangan dan berdampak pada keindahan kawasan disekelilingnya. Selain itu, ceceran sampah di sepanjang TPA juga mengganggu pandangan.

2.2.6 Kemacetan lalu lintas

Tata letak sarana dan prasarana pengumpul sampah di dekat lokasi yang strategis seperti pasar, pertokoan, dan bongkar muat sampah bisa mengganggu lalu lintas. Kawasan TPA yang terletak dekat jalan umum dengan frekuensi kedatangan truk sampah yang tinggi pada jam puncak menyebabkan kemacetan.

2.2.7 Polusi Suara

Polusi suara terjadi disebabkan karena adanya kegiatan pada TPA seperti keluar masuk kendaraan truk sampah, beroperasinya alat-alat yang ada di TPA.

2.2.8 Dampak Sosial

Setiap orang merasa kurang nyaman apabila terdapat pembangunan TPA di sekitar tempat tinggalnya, keresahan tersebut disebabkan oleh dampak-dampak yang telah disebutkan sebelumnya.

2.3 Sumber sampah

Menurut Damanhuri, dalam Diktat Kuliah TL-3104 (2010), sumber sampah diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar, yaitu :

- a) Limbah dari pemukiman, atau sampah rumah tangga
- b) Limbah dari non pemukiman, seperti rumah sakit, hotel, pasar, daerah komersial lainnya.

Bagian di atas termasuk ke dalam sampah domestik, dalam Bahasa Inggris disebut *municipal solid waste* (MSW). Sedangkan limbah dari proses industri disebut sampah non-domestik. Berdasarkan hal tersebut, pengelolaan sampah kota terbagi menjadi : pasar, pemukiman, pertokoan, kantor, taman, restoran, hotel, penyapuan jalan.

2.4 Timbulan sampah

Berdasarkan SNI 19-2454-2002 timbulan sampah dapat diartikan jumlah limbah yang dihasilkan penduduk dalam per kapita perhari, atau perarea bangunan, ataupun permeter jalan. Patokan pengukuran timbulan sampah mengacu pada berat dan volume. Satuan berat yang digunakan adalah kilogram (kg) dan ton. Satuan volume yang digunakan adalah m³ dan liter. Besaran dari timbulan sampah dibedakan menjadi dua, yakni berdasar nilai timbulan sampah dan komposisi sumber limbah. Pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 menunjukkan banyaknya timbulan sampah.

Tabel 2.1 Nilai Timbulan Sampah Mengacu pada Klasifikasi Kota

Klasifikasi Kota	Jumlah Jiwa	Timbulan sampah (l/o/h)	Timbulan sampah (kg/o/h)
Sedang	100.000 – 500.000	2,75 – 3,25	0,70 – 0,80
Kecil	< 100.000	2,5 – 2,75	0,625 – 0,70

Sumber : SNI 19-3983-1995

Tabel 2.2 Nilai Timbulan Sampah Mengacu pada Penyusun Sumber Timbulan

Komponen Sumber Sampah	Satuan	Volume (liter)	Berat (kg)
Rumah Permanen	/orang/h	2,25 – 2,5	0,350 – 0,400
Rumah non permanen	/orang/h	1,75 – 2,00	0,250 – 0,300
Rumah Semi Permanen	/orang/h	2,00 – 2,25	0,300 – 0,350
Sekolah	/murid/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,020
Jalan arteri sekunder	/m/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,100
Kantor	/pegawai/hari	0,50 – 0,75	0,025 – 0,100
Jalan kolektor non sekunder	/m/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,050
Pasar	/m ² /hari	0,20 – 0,60	0,1 – 0,3
Toko/Ruko	/petugas/hari	2,50 – 3,00	0,150 – 0,350

Sumber : SNI 19-3983-1995

2.5 Pengelolaan limbah

Pengelolaan limbah diuraikan sebagai aktivitas yang meliputi pengurangan, pembatasan, pendaur ulang, penggunaan kembali limbah serta kegiatan pengurusan sampah berupa pengumpulan, penyortiran, transmisi, kodifikasi dan pemrosesan akhir sampah yang sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan. (Pasal 20 ayat 1 dan Pasal 22 ayat 1).

2.6 Pemrosesan akhir sampah

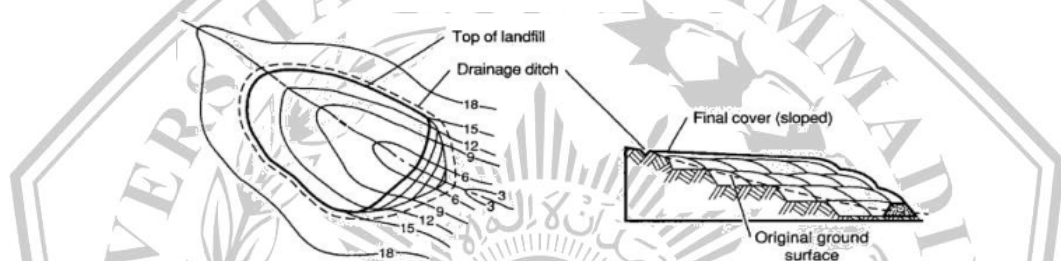
Tahap akhir dari pemrosesan final sampah bermuara di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Aktivitas yang dilakukan di TPA berupa pengurangan sampah atau *landfilling*. Situasi TPA di Indonesia berdasarkan data SLHI tahun 2007 dalam Direktorat Pengembangan PLP (2011) mengatakan bahwa 90% dari TPA yang dikelola masih menerapkan sistem *open dumping* yang memicu pencemaran lingkungan dan sisanya menerapkan sistem urung terkendali dan saniter.

2.7 Tipe Urug Saniter

Pengurugan sampah padat pada tanah dikenal dengan *landfilling*. Apabila posisi muka air tanah cukup dalam, maka lahan dapat dikeruk dan penimbunan sampah dapat dilakukan. Penimbunan dengan tanah dilakukan berlapis-lapis pada sampah yang dibuang ke lokasi penampungan sampah sehingga sampah tersebut tidak dibiarkan terbuka. (Tchobagnoglous, 1993:362). Peletakan sampah pada tipe urug saniter diklasifikasikan menjadi 3 bagian, antara lain :

a) Metode depresi

Cara pengurugan ini umumnya dilakukan di daerah cekungan, bekas galian, jurang, tebing, lembah. Gambar 2.1 merupakan gambaran dari *depression method*.

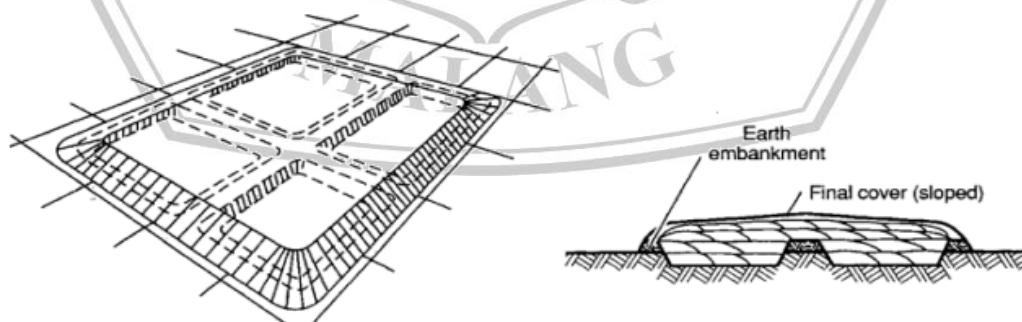


Gambar 2.1 Metode Depresi

Sumber : Tchobanoglous, Theisen dan Vigil (1993 : 375)

b) Mengeruk lokasi secara berjenjang

Pengurugan dilakukan dengan membuat parit-parit tempat penimbunan sampah yang posisi muka air tanah dalam pada lokasinya. Metode *trench* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

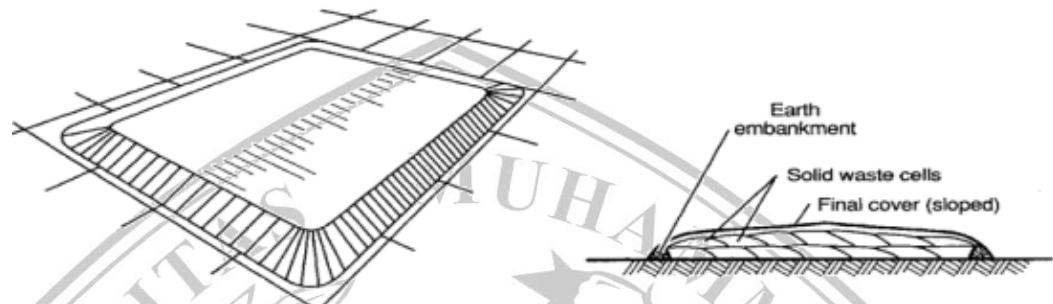


Gambar 2.2 Peletakan Metode Trench

Sumber : Tchobanoglous, Theisen dan Vigil (1993 : 375)

c) Mengubur limbah di atas lahan

Penimbunan yang dikenal sebagai metode area dimana penutupan dengan tanah penutup setebal 150 hingga 200 mm tiap tingkatnya dilakukan terhadap hamparan sampah pada permukaan lokasi. Metode ini tepat diterapkan pada lokasi dengan posisi muka air tanah yang tinggi dan kondisi tanah relatif landai. Gambar 2.3 merupakan gambaran penerapan metode area.



Gambar 2.3 Penimbunan Area

Sumber : Tchobanoglous, Theisen dan Vigil (1993 : 375)

2.8 Langkah-langkah perencanaan urug saniter :

2.8.1 Analisa Timbulan Sampah

Berdasarkan SNI 19 – 3964 - 1994, informasi timbulan sampah diperoleh selama survei 8 hari terus – menerus dari sejumlah sampel. Penentuan sampel dihitung sesuai dengan persamaan di bawah :

$$S = Cd \cdot \sqrt{Ps} \dots\dots\dots (2.a)$$

Diketahui :

S = akumulasi penduduk

Cd = Koefisien perumahan (dipakai 0,5 untuk kota menengah)

Ps = Penduduk (jiwa)

KK yang disurvei :

$$K = \frac{S}{N} \dots\dots\dots (2.b)$$

Dimana :

K = Akumulasi populasi (KK)

N = Anggota dalam satu keluarga

Perhitungan timbulan sampah yang berasal dari perumahan:

$$\text{Hunian permanen} = [S_1 \times K]$$

$$\text{Hunian semi permanen} = [S_2 \times K]$$

$$\text{Hunian tak permanen} = [S_3 \times K]$$

Dimana:

$$S_1 = \text{Kuantitas KK hunian permanen dalam persen} \quad [25]$$

$$S_2 = \text{Kuantitas KK hunian semi permanen dalam persen} \quad [30]$$

$$S_3 = \text{Kuantitas KK hunian non permanen persen} \quad [45]$$

Akumulasi penduduk berpengaruh terhadap jumlah timbulan sampah dan laju produksi limbah setiap penduduk tiap harinya. Taksiran jumlah penduduk dapat diketahui dengan menghitung pertambahan populasi pada tahun terdahulu. Berdasarkan Direktorat PLP dalam modul 1 (2011) perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dibagi menjadi 3, yaitu :

a. Aritmatika

Perhitungan ini berperan untuk memprediksi akumulasi populasi suatu distrik yang menemui pertumbuhan secara lurus.

$$P_n = P_o + r (dn) \dots\dots\dots(2.c)$$

Keterangan :

P_n = Akumulasi penduduk pada penghujung periode

P_o = Akumulasi penduduk pada awal rentang waktu proyeksi

r = Rerata pertambahan penduduk per tahun

dn = durasi proyeksi dalam tahun

b. Geometri

Perhitungan ini berfungsi untuk menghitung pertumbuhan penduduk secara eksponensial.

$$P_n = P_o (1 + r)^{dn} \dots\dots\dots(2.d)$$

Keterangan :

P_n = Akumulasi penduduk pada penghujung periode

P_o = Akumulasi penduduk pada awal rentang waktu proyeksi

r = Rerata kenaikan jumlah penduduk setiap tahun

dn = durasi proyeksi dalam tahun

c. *Least Square*

Formula yang diterapkan adalah :

$$P_n = a + (b \cdot t) \dots\dots\dots(2.e)$$

Keterangan :

t = Akumulasi tahun dari perhitungan awal

$$a = \frac{\sum p \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum x \cdot p}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(2.f)$$

$$b = \frac{n \sum px - \sum x \sum p}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(2.g)$$

perhitungan yang nantinya digunakan ialah metode dengan perolehan nilai koefisien korelasi (r) mendekati 1.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum Y)(\sum X)}{\sqrt{\{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2\}\{n(\sum X^2) - (\sum X)^2\}}} \dots\dots\dots(2.h)$$

$$\text{Tingkat Pelayanan} = \frac{\text{jumlah sampah yang masuk ke TPA}}{\text{jumlah volume sampah daerah pelayanan}} \times 100 \%$$

2.8.2 Persiapan lahan

Berdasarkan Tchobanoglous, Theisen, Vigil (1993 : 378-381), kawasan penimbunan diharuskan menyanggupi ketentuan berikut :

1. Ketersediaan lahan

Periode perencanaan 10 tahun digunakan sebagai acuan dalam pemilihan lokasi penimbunan.

2. Sifat tanah dan topografi

Informasi mengenai sifat tanah sekitar lokasi dibutuhkan untuk memberikan material lapisan penutup timbunan sampah.

3. Keadaan cuaca

Data krusial yang memengaruhi operasional *sanitary landfill* antara lain intensitas penyinaran matahari, curah hujan, kapasitas evapotranspirasi.

4. Keadaan geohidrologi

Data permeabilitas diperlukan guna mengetahui konstruksi batuan yang ada di lokasi penimbunan.

5. Hidrologi

Data hidrologi diperlukan guna mengestimasi kemungkinan banjir, karakteristik limpasan, mekanisme drainase, kedalaman, kualitas, dan arah gerak air tanah lokasi pemrosesan akhir sampah.

6. Plan pemanfaatan final

Perencanaan sistem urug saniter perlu memerhatikan plan pemanfaatan final sebelum *layout* selesai dikarenakan berpengaruh terhadap plan pelaksanaan kedepannya.

2.8.3 Penyusunan lapisan landasan tempat pemrosesan akhir

Berdasarkan modul 1 PLP,(2011 : Bab 4 hal.45) tahapan perencanaan konstruksi pelapis dasar (*liner*) TPA adalah sebagai berikut :

- a) Lapisan bawah TPA harus tertutup rapat guna mencegah lindi keluar dari jalur yang telah ditentukan. Nilai permeabilitas landasan lokasi penimbunan sampah harus kurang dari 10^{-7} cm/detik.
- b) Penutup kedap air dapat dibuat dengan menutup dasar TPA oleh tanah liat yang dikompaksi minimal dua lapis dengan tebal minimal 250 mm atau *geomembrane* tergantung kondisi lahan.
- c) Dasar timbunan wajib dilengkapi akses pengumpul lindi dan kelandaian minimal 2% menuju kolam lindi.
- d) Lapisan penangkap dan pengumpul lindi berupa kerikil dengan tebal 300 mm, berdiameter 30 s/d 50 mm yang mengelilingi pipa *High Density Polyethylene* berjarak 50 mm antar lubang.

2.8.4 Pengurugan Sampah

Petak harian merupakan tumpukan sampah yang dibentuk dalam 1 hari dan ditutup dengan tanah setiap hari sesuai kebutuhan. Volume sel harian dipengaruhi oleh posisi sel dalam lapisan baris sel, total sampah harian, kepejalan limbah yang dapat dijangkau. se usai dilakukan *planing*, langkah berikutnya ialah peletakan sampah pada lokasi penimbunan. Limbah dituangkan pada sel, dipadatkan, ditutup lalu dikompaksi kembali. Umumnya apabila timbunan sudah mencapai ketinggian 1,5 m baru dipadatkan oleh *steel compactor* atau *bulldozer* 4 hingga 6 kali kemudian ditutup dengan tanah minimal 150 mm setiap hari.

2.8.5 Tanah Penutup

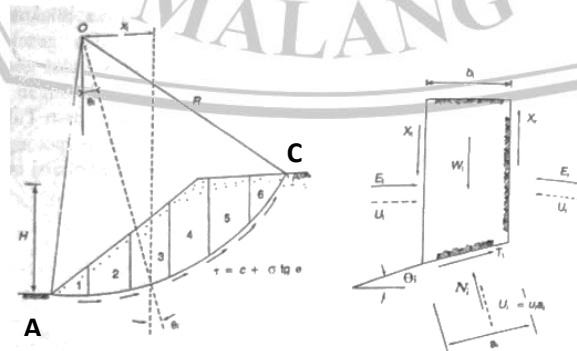
Berdasarkan modul 1 PLP (2011 : Bab 4.hal.67-68), sistem penutup akhir pada urug saniter terbagi dari bawah sampai atas:

- Di atas tumpukan sampah : tanah penutup harian dan antara. Apabila penutupan tidak dilakukan dalam waktu 1 bulan perlu penutupan tanah tebal 30 cm dan dikompaksi.
- Lapisan kerikil berdiameter 30 sampai 50 mm sebagai penahan gas horizontal setebal 200 mm, yang dihubungkan dengan perpipaan penangkapan gas vertikal.
- Lempung setebal 200 mm dengan permeabilitas maksimal sebesar 1×10^{-7} cm/detik.
- Lapisan kerikil *under-drain* penangkap air infiltrasi terdiri dari material kerikil berdiameter 30-50 mm tebal 20 cm, menuju sistem drainase. Apabila dibutuhkan untuk menghalau tanah masuk di lapisannya, dapat dipasang lembaran geotekstile.
- Tanah kompos tebal minimal 600 mm.

2.8.6 Analisa Stabilitas Lereng

Komponen gravitasi cenderung menggerakkan permukaan tanah yang miring untuk turun. Apabila gaya tarik melebihi gaya geser pada timbunan, mengakibatkan timbunan longsor. Menurut Hary Christady Hardiyatmo, 2010:404 kondisi lokasi timbunan disebut aman jika angka keamanan diperoleh 1,5 dalam situasi stabil dan 1,0 dalam keadaan gempa.

Analisa stabilitas lereng dihitung menggunakan mekanisme potongan *Fellenius* yang dijabarkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Potongan *Fellenius*

(Sumber : Mekanika Tanah 2, Hary Christady Hardiyatmo, 2010 hal.360)

Proporsional arah vertikal dan gaya yang beroperasi dengan memerhatikan tekanan air pori adalah

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i \dots \dots \dots (2.i)$$

Faktor aman dideskripsikan sebagai,

$$F = \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}} \dots \dots \dots (2.j)$$

$$= \frac{\sum M_r}{\sum M_d}$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$, maka :

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i \dots \dots \dots (2.k)$$

Keterangan :

R = radius bagian longsor

n = total potongan

W_i = *massa* tanah potongan ke- n

θ_i = sudut dalam derajat gambar 2.5

langkah yang sama, momen yang menanggulangi tanah akan longsor, adalah :

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \operatorname{tg} \varphi) \dots \dots \dots (2.l)$$

Sehingga persamaan faktor aman menjadi,

$$F = \sum_{i=1}^{i=n} \left[\frac{ca_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \operatorname{tg} \varphi}{W_i \sin \theta_i} \right] \dots \dots \dots (2.m)$$

Keterangan :

SF = *Safety factor*

c = nilai kohesi sampah (kN/m^2)

φ = sudut geser dalam sampah (derajat)

a_i = panjang lengkung lingkaran potongan ke- i (m)

W_i = berat potongan tanah ke- i (kN)

u_i = tekanan air pori pada potongan ke-i (kN/m^2)

θ_i = sudut yang dimaksud gambar 2.4 dalam derajat

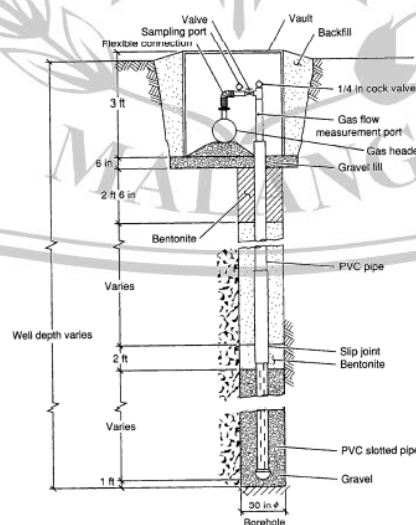
2.8.7 Tata Pengelolaan Gas

Gas di lokasi penimbunan dihasilkan dari penguraian limbah yang terkubur di TPA akibat aktivitas mikroba. Partikel penyumbang hasil gas didominasi oleh metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Gas-gas tersebut ditampung kemudian dipergunakan sebagai bahan bakar rumah tangga dan apabila tidak diatur dengan benar menyebabkan polusi.

Gas yang terbentuk sewaktu reaksi dekomposisi tidak diperbolehkan lepas ke udara dengan bebas, harus ada pengendalian gas agar tidak meledak jika bersentuhan dengan udara lebih dari 5%. Pengendalian gas pada dasarnya bersifat aktif atau pasif. Metode pasif diterapkan dengan cara memasang saluran kendali gas di TPA secara vertikal maupun horizontal.

A. Penempatan pipa pengumpul gas secara vertikal

Pendekatan pertama adalah memasang sumur vertikal. Setelah seluruh TPA mencapai ketinggian akhir, lubang akan dibor dan pipa serta material dengan permeabilitas sedang seperti kerikil dan batu akan dipasang. Sumur vertikal ini biasanya mencapai kedalaman limbah 60 hingga 90 persen dan dilubangi hingga kedalaman 50 hingga 66 persen apabila digunakan untuk penyimpanan dan pemanfaatan gas. Jika perigi hanya digunakan untuk ventilasi, lubang dibor sepanjang selubung.

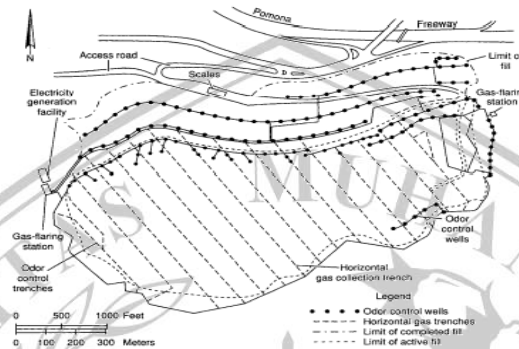


Gambar 2.5 Penempatan Pipa Gas Vertikal

(Sumber : Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993) hal.408)

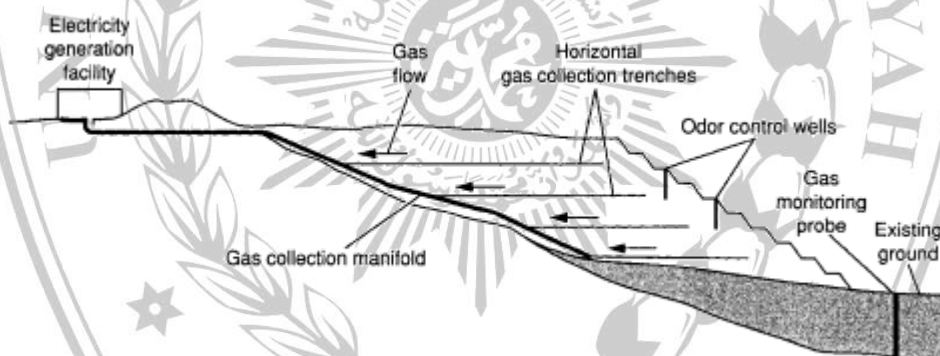
B. Penempatan pipa secara horizontal

Pemasangan pipa horizontal dicapai dengan menempatkan tabung pengumpul udara jenuh. Dasar tabung dilengkapi dengan pengendali bau. Tumpukan limbah digali hingga kedalaman tertentu kemudian di isi dengan kerikil dan dipasang pipa untuk dioperasikan. Instalasi pipa horizontal disajikan pada Gambar 2.6 dan 2.7.



Gambar 2.6 Sketsa Penempatan Pipa Penadah Gas Horizontal

(Sumber : Tchobanoglous, Theisen dan Vigil (1993)hal.412))



Gambar 2.7 Spesimen Rancangan Penempatan Pipa Pengumpul Gas Horizontal dalam TPA (Sumber : Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993)hal.412))

2.8.8 Sistem Pengolahan Lindi

Berdasarkan Direktorat PLP 2011 Bab 4 hal.15, secara umum lindi mencakup cairan hasil penguraian sampah dan cairan asing yang masuk ke TPA seperti air permukaan, air tanah, air hujan dan lainnya.

2.8.8.1 Konstruksi Pengumpul Lindi

Media pengumpul *leachate* meliputi saluran penadah sekunder dan primer.

- a) Parameter saluran pengumpulan sekunder : rangkaian pipa PVC dipasang di samping *receiver* di tengah area penimbunan, menerima aliran dari dasar tanah kelandaian minimum 2 persen yang dilapisi lembaran anti air.
- b) Tolok ukur saluran pengumpul utama : pipa polietilena berdenditas tinggi dengan jari-jari minimum 150 mm. Pipa khusus menuju kolam pengumpul tidak boleh berlubang. Saluran utama dapat dihubungkan ke saluran hilir melalui tangki pengondisian.
- c) Saluran penadah mencakup kumpulan pipa HDPE.
- d) Menghitung desain pembuangan lindi menggunakan perhitungan berdasarkan asumsi konsentrasi hujan dalam 4 jam mencapai 90 persen (Van Breen) sehingga keefisien puncak = 5,4. Paling banyak 20 hari hujan dalam satu bulan dengan asumsi 20 hingga 30 persen akan menjadi lindi. Data yang diperlukan maksimal terjadi 5 tahun kebelakang Thornthwaite digunakan sebagai acuan perhitungan drainase lindi. Perhitungan memerlukan data klimatologi berikut :

1. Informasi curah hujan (rerata bulanan tahunan)
2. Data suhu (rerata tahunan dan bulanan)
3. Lokasi geografis stasiun cuaca lokal

Metode neraca air Thornthwaite mengasumsikan bahwa air lindi dihasilkan semata-mata dari curah hujan yang merembes ke dalam limbah. Berikut *input-output* sistem neraca air dengan persamaan 2.n hingga 2.q :

$$\text{PERC} = \text{P} - (\text{RO}) - (\text{AET}) - (\Delta\text{ST}) \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\text{I} = \text{P} - (\text{R/O}) \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\text{APWL} = \sum \text{NEG} (\text{I} - \text{PET}) \dots \dots \dots (2.16)$$

$$\text{AET} = (\text{PET}) + [(\text{I} - \text{PET}) - (\Delta\text{ST})] \dots \dots \dots (2.17)$$

Dengan :

PERC = perkolasi

P = presipitasi rerata bulanan dari data tahunan

RO = *runoff* rerata bulanan dihitung dari presipitasi serta koefisien limpasan

AET = sejumlah besar air hilang dari bulan ke bulan

ΔST = perubahan simpanan air tanah dari bulan ke bulan, berhubungan dengan kemampuan tanah menyimpan air.

ST = cadangan kelembaban tanah pada keadaan seimbang

I = Infiltrasi

$APWL$ = potensi kehilangan air kumulatif, yaitu nilai negative yang berhubungan dengan kehilangan air kumulatif.

$I-PET$ = nilai infiltrasi dikurangi potensi evapotranspirasi ; nilai negatif menunjukkan jumlah infiltrasi air yang tidak dapat mengisi kembali tanah, sedang nilai positif adalah kelebihan air dalam jangka waktu tertentu untuk mengisi kembali tanah.

PET = evapotranspirasi potensial.

2.8.8.2 Kalkulasi Curah Hujan

Untuk mengetahui besarnya debit yang mengalir ke saluran drainase, persamaan yang dipakai adalah :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.r)$$

Keterangan: Q = debit (m^3/dt)

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = area pelayanan setiap saluran (Ha)

0,278 = faktor konversi

Tabel 2.3 Nilai Koefisien Limpasan (C)

Penutupan Lahan	C
Lahan terbuka:	
Tanah berpasir, lahan datar, 2%	0,05 – 0,10
Tanah berat, lahan datar, 2%	0,13 – 0,17
Tanah berpasir, lahan miring, >7%	0,15 – 0,20
Tanah berpasir, lahan landai, 2% - 7%	0,10 – 0,15
Tanah berat, lahan landai, 2% - 7%	0,18 – 0,20
Kantor, rumah jaga, bengkel, gudang, garasi, bangunan tertutup lainnya	0,6 – 0,75
Taman	0,10 – 0,40
Tanah berat, lahan miring, > 7%	0,25 – 0,35
Jalan lingkungan, lahan parkir:	
Batu bara / paving stone	0,60 – 0,85
Aspal	0,70 – 0,95
Beton	0,80 – 0,95

Sumber : Direktorat PPLP-2011, Bab 4 hal.20

2.8.8.3 Perencanaan saluran drainase

Rumus menghitung ukuran saluran drainase :

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.s)$$

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{0.5} \dots\dots\dots(2.t)$$

Keterangan :

Q = debit aliran hujan (m³/dt)

V = laju aliran air dalam saluran (m/dt)

A = luas saluran basah (m²)

n = koefisien kekasaran saluran (tabel 2.4)

R = radius hidrolik = A/P

S = kemiringan kurva energi (m/m)

P = keliling basah (m)

Nilai konstanta kekasaran saluran (n) dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Konstanta Kekasaran saluran (n)

Bahan Saluran	n
Beton cetak tidak dihaluskan (<i>unfinished</i>)	0,014 – 0,02
Beton pada galian beton yang rapi	0,017 – 0,02
Pasangan batu bata tidak diplester	0,012 – 0,018
Beton dihaluskan (<i>finished</i>)	0,011 – 0,015
Galian pada batuan keras	0,025 – 0,04
Beton pada galian beton yang tidak dirapikan	0,022 – 0,027
Pasangan batu kali tidak dihaluskan	0,023 – 0,035
Tanah galian berbatu yang dirapikan	0,022 – 0,03
Pasangan batu bata diplester halus	0,01 – 0,015
Tanah galian yang rapi	0,016 – 0,02
Pasangan batu kali dihaluskan	0,017 – 0,03
Tanah galian yang sedikit ditumbuhi rumput	0,022 – 0,033

(Sumber: Direktorat PLPP-2011 bab 4 hal.21)

Mengantisipasi fluktuasi aliran air dan ketinggian air akibat peningkatan curah hujan dan efek gelombang, ketinggian railing dapat diperkirakan dengan persamaan :

$$F = c \cdot h \dots\dots\dots(2.u)$$

Keterangan :

F = tinggi *railing* (m)

H = kedalaman air dalam saluran (m)

C = koefisien dengan nilainya 0,5 – 0,3

2.8.8.4 Pengiraan Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan dapat diketahui melalui *rainfall period*. Jika informasi ini tidak tersedia, metode yang umum digunakan adalah menyelidiki korelasi antara curah hujan dan durasi curah hujan. Metode Bell digunakan dengan durasi hujan 60 menit dan periode ulang hujan 10 tahun.

$$R_t = (0,2 \cdot \ln. T + 0,52)(0,54 t 0,25 - 0,5) \cdot R_{kala\ ulang\ 10\ tahun} \dots\dots\dots(2.v)$$

Informasi :

Rt = curah hujan (mm)

T = periode ulang (tahun)

t = waktu hujan (menit)

untuk intensitas curah hujan digunakan perhitungan :

$$I_t = \frac{60}{t} R_t \dots\dots\dots(2.w)$$

I_t = intensitas hujan (mm/jam)

Penataan kolam penampung lindi

Air lindi yang terkumpul akan dialirkan melalui saluran utama menuju tangki penampung lindi. Kemudian diolah sebelum dibuang ke sumber air terdekat. Pengolahan dilakukan di Instalasi Pengolahan Air Limbah yang mencakup rangkaian kolam stabilitas anaerobik, fakultatif, maturasi. Karakteristik yang digunakan dalam perencanaan IPAL disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Perbandingan Karakteristik Rancangan

Parameter	Unit	Dimensi
Kolam Anaerobik		
Detensi	hari	20 -50
Kedalaman	m	2,5 – 5,0
Kolam Fakultatif		
Detensi	hari	3 -30
Kedalaman	m	1,5-2,5
Kolam Maturasi		
Detensi	hari	5 - 20
Kedalaman	m	1,0 – 1,5

Sumber : Lampiran III Permen PU No.3 Tahun 2013 hal.49