

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sampah

Menurut definisi World Health Organization (WHO) sampah (waste) adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya (Chandra, 2006). Undang-Undang Pengelolaan Sampah Nomor 18 tahun 2008 menyatakan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau dari proses alam yang berbentuk padat.

Menurut American Public Health Association, sampah (waste) diartikan sebagai suatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang, berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Menurut Mustofa (2000) sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembikinan atau pemakaian, barang rusak atau bercacat dalam pembikinan atau materi berkelebihan atau ditolak atau buangan.

Menurut Juli Soemirat (1994) berpendapat bahwa sampah adalah sesuatu yang tidak dikehendaki oleh yang punya dan bersifat padat. Azwar (1990) mengatakan yang dimaksud dengan sampah adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan manusia (termasuk kegiatan industri) tetapi bukan biologis karena kotoran manusia (human waste) tidak termasuk

kedalamnya. Manik (2003) mendefinisikan sampah sebagai suatu benda yang tidak digunakan atau tidak dikehendaki dan harus dibuang, yang dihasilkan oleh kegiatan manusia. Berdasarkan (TIM Penulis Penebar Swadaya, 2008: 6) sampah (waste) adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun alam yang belum memiliki nilai ekonomis.

Menurut (Sukandarrumidi, 2009: 61) definisi dari sampah ialah suatu benda padat yang tidak dipakai lagi oleh yang empunya atau sudah tidak dimanfaatkan lagi. (Kuncoro Sejati, 2009: 12) mengatakan sampah ialah suatu bahan yang terbuang atau dibuang, merupakan hasil aktivitas manusia maupun alam yang sudah tidak dapat digunakan lagi karena sudah diambil unsur atau fungsi utamanya.

Berdasarkan berbagai pengertian tersebut, maka sampah didefinisikan sebagai suatu zat atau benda-benda yang tidak terpakai lagi yang bersumber dari aktivitas manusia dan proses alam baik yang bersifat zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan.

2.2 Jenis-jenis Sampah

Menurut Hadiwiyoto 1983: 3 dalam Kuncoro Sejati (2009), ada beberapa macam penggolongan jenis sampah. Penggolongan ini dapat didasarkan atas beberapa kriteria, yaitu: asal, komposisi, bentuk, lokasi, proses, terjadinya, sifat, dan jenisnya. Secara garis besar, jenis sampah yang dikenal oleh masyarakat hanya ada tiga jenis saja, yaitu:

- 1) Sampah organik/basah

Sampah basah adalah sampah yang berasal dari makhluk hidup, seperti daun-daunan, sampah dapur, sampah restoran, sisa sayuran, sisa buah, dan lain sebagainya. Sampah jenis ini dapat terdegradasi (membusuk/hancur) secara alami.

2) Sampah anorganik/kering

Sampah kering adalah sampah yang tidak dapat terdegradasi secara alami. Contohnya: logam, besi, kaleng, plastik, karet, botol.

3) Sampah berbahaya (B3)

Sampah jenis ini berbahaya bagi manusia, binatang, ataupun tumbuhan, dapat terdiri dari:

- a) Sampah pantogen, yaitu sampah yang berasal dari rumah sakit dan klinik.
- b) Sampah beracun, yaitu sisa pestisida, insektisida, kertas bungkus bahan beracun.
- c) Sampah radioaktif, yaitu sampah bahan-bahan radioaktif, sisa pengolahan nuklir.
- d) Sampah ledakan, yang berasal dari ledakan petasan, mesiu sampah perang. Sampah jenis ini memerlukan penanganan khusus.

2.3 Pengertian TPA (Tempat Pemrosesan Akhir)

TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya sejak mulai timbul di sumber, pengumpulan, pemindahan/pengangkutan, pengolahan dan pembuangan. TPA merupakan tempat dimana sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan

gangguan terhadap lingkungan sekitarnya. Karenanya diperlukan penyediaan fasilitas dan perlakuan yang benar agar keamanan tersebut dapat dicapai dengan baik.

2.4 Jenis - jenis TPA (Tempat Pemrosesan Akhir)

Jenis tempat pemrosesan akhir (TPA) itu biasanya ditentukan berdasarkan cara pembuangan atau penimbunan dan pengelolaan sampah sebagai berikut:

1) TPA dengan sistem control landfill

Pengurugan berlapis terkendali (control landfill) adalah sarana pengurugan sampah yang bersifat sementara sebelum mampu melaksanakan operasi pengurugan berlapis bersih tempat sampah yang telah diurug dan dipadatkan diarea pengurugan ditutup dengan tanah, sedikitnya satu kali setiap tujuh hari.

2) TPA dengan sistem sanitary landfill

Pengurugan berlapis bersih (sanitary landfill) adalah sarana pengurugan sampah ke lingkungan yang disiapkan dan dioperasikan secara sistematis, dengan penyebaran dan pemadatan sampah pada area pengurugan, serta penutupan sampah setiap hari.

3) TPA dengan sistem open dumping

TPA dengan teknik (open dumping) biasanya sampah hanya ditempatkan atau ditumpuk begitu saja hingga kapasitasnya tidak lagi terpenuhi, dan biasanya teknik ini memanfaatkan topografi alam, misalnya di daerah cekungan.

4) TPA dengan sistem open trench dumping

TPA dengan teknik ini, penimbunan sampah dengan cara membuang sampah ke parit-parit alam yang tidak digunakan oleh masyarakat atau parit-parit

bekas tempat penambangan bahan galian. Dalam waktu lama bila parit telah penuh dengan abu sisa pembakaran, ditimbun dengan tanah, dan lokasi dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian atau perkebunan, dengan pertimbangan abu sisa pembakaran membuat tanah menjadi subur dan menyerap air.

5) TPA dengan sistem dumping on sea

TPA ini menggunakan cara pembuangan atau penimbunan sampah di pantai. Pantai-pantai yang dangkal dan tidak berombak, jauh dari muara sungai, bukan sebagai tempat pendaratan kapal nelayan, dapat dipergunakan sebagai tempat menimbun sampah. Caranya adalah dengan membuat tanggul-tanggul pemisah terlebih dahulu di pantai tersebut, terpisah dan terhalang dari laut bebas, dengan pertimbangan sampah tidak hayut ke mana-mana terbawa gelombang, kemudian sampah dimasukkan ke pantai yang telah diberi tanggul tersebut. Dalam waktu lama bila tanggul tersebut telah penuh, atau tumpukan sampah telah tinggi, tumpukan sampah diratakan, dipadatkan dan ditimbun dengan tanah. Beberapa bulan setelah penimbunan, tempat tersebut cukup baik untuk usaha kegiatan pertanian atau sebagai tempat pemukiman terbatas.

2.5 Persyaratan Teknis

Kriteria teknis yang akan digunakan sebagai data untuk detail rinci pembangunan TPA Kabupaten Barito Selatan yang akan menjadi panduan dalam penulisan ini. Kriteria teknis TPA yang disusun, antara lain meliputi: kapasitas lahan efektif TPA, Pengupasan dan Pelapisan Dasar Lahan, Sel Timbunan, Tanah

Penutup, Jalan Akses, Jalan Operasi, Drainase Air Hujan, Drainase Lindi, Bangunan Pengolahan Lindi, Pengelolaan Biogas, Perencanaan Sarana Penunjang.

2.5.1 Kapasitas Lahan Efektif TPA

Dalam penentuan kapasitas lahan efektif TPA, maka kriteria yang digunakan akan mencakup :

1. Waktu pemakaian lahan antara 5 hingga 15 tahun
2. Densitas sampah mula-mula $0.15-0.18 \text{ ton/m}^3$
3. Densitas sampah di truk $0.30-0.35 \text{ ton/m}^3$
4. Densitas sampah pada set timbunan $0.65-0.70 \text{ ton/m}^3$
5. Lahan efektif adalah 70-80 % dari total kapasitas lahan
6. Tinggi timbunan disesuaikan dengan kondisi geomorfologi tapak TPA

Data kuantitas sampah akan menjadi dasar untuk memperhitungkan kebutuhan lahan TPA. Pada umumnya parameter yang menentukan kapasitas serta jangka waktu pemakaian suatu lahan untuk digunakan sebagai TPA yaitu :

- Luas lahan
- Ketebalan/kedalaman penimbunan yang direncanakan
- Laju timbulan sampah
- Jumlah penduduk yang dilayani
- Kepadatan/berat jenis sampah sebelum dipadatkan
- Prosentase pengurangan volume sampah setelah dipadatkan
- Volume tanah penutup

2.5.1.1 Luas Lahan Efektif

Luas lahan efektif di TPA berdasarkan perhitungan kebutuhan lahan TPA, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \left\{ \frac{R}{D} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \right\} \times C_v \quad (1)$$

$$A = V \times \frac{N}{D} \quad (2)$$

(Ref : the Solid Waste Handbook, William D. Robinson, P.E, 1986)

dimana :

V = volume sampah padat dan tanah penutup per orang per tahun
(m³/orang/thn)

R = laju timbulan sampah per orang per tahun (kg/orang/thn)

D = kepadatan sampah sebelum dipadatkan

P = % pengurangan volume sampah karena pemadatan dengan alat berat
sebanyak 3-5 kali lintasan pemadatan (50-70%)

C_v = volume tanah penutup

A = luas lahan TPA yang diperlukan per tahun

N = jumlah penduduk yang dilayani

D = tinggi atau kedalaman sampah padat dan tanah penutup (m)

Jika perbandingan tanah penutup padat dan sampah padat 1 : 4, maka rumus

(1) dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$V = 1,25 \left\{ \frac{R}{D} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \right\}$$

Produksi sampah yang dihasilkan oleh sektor non domestik belum diperhitungkan dalam rumus tersebut. Agar produksi sampah dari sektor

non domestik dapat dihitung dengan menggunakan rumus tersebut, dilakukan pendekatan dengan merubahnya kedalam satuan *Population Equivalent* (PE). Penulis akan menggunakan pendekatan tersebut sehingga estimasi produksi sampah non domestik dapat dihitung secara ilmiah.

2.5.1.2 Perkiraan Jumlah Penduduk

Perkiraan jumlah penduduk dilakukan dengan menggunakan metode terpilih dari 3 (tiga) metode proyeksi yang diperbandingkan yaitu metode aritmatik, metode geometrik, dan metode eksponensial.

- Metode Aritmatik

Dengan menggunakan metode aritmatik, penambahan penduduk wilayah perencanaan dilakukan dengan rumus berikut :

$$P_n = P_o + R_t$$

dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun proyeksi (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun proyeksi (jiwa)

R = Pertumbuhan penduduk rata-rata (jiwa/tahun)

t = Jumlah tahun proyeksi

- Metode Geometrik

Dengan menggunakan metode geometrik, penambahan penduduk wilayah perencanaan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$P_n = P_o (1 + r)^t$$

dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun proyeksi (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada akhir tahun proyeksi (jiwa)

r = Persentase pertumbuhan penduduk rata-rata per tahun (%)

t = Jumlah tahun proyeksi

- Metode Eksponensial

Perkiraan penambahan penduduk dengan metode Least Square, dilakukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$P_t = Ae^{Bt}$$

dimana :

P_t = Jumlah penduduk tahun ke t Konstanta

A = Konstanta

B = Tingkat pertumbuhan penduduk

t = Tahun ke t

Pemilihan metode untuk proyeksi dilakukan dengan memilih metode yang memiliki nilai rata-rata simpangan terkecil (D) terhadap data historik asli, koefisien korelasi (r) mendekati 1, dan standar deviasi terkecil.

2.5.1.3 Proyeksi Timbulan Sampah

Perhitungan perkiraan timbulan sampah saat ini dan masa yang akan datang merupakan langkah awal yang harus dikerjakan dalam perencanaan pengelolaan sampah. Satuan timbulan sampah diukur dalam satuan volume atau berat. Umumnya, pada waktu pelaksanaan survey, timbulan sampah dihitung dalam satuan volume, setelah di analisis baru diubah dalam satuan berat berdasarkan berat jenis atau satuan volume.

Berat jenis sampah dapat ditentukan berdasarkan beberapa hasil studi empiris, yang secara umum spesifik terhadap waktu dan lokasinya. Berat jenis sampah baru lebih kecil dibanding dengan sampah yang sudah berumur 1 hari. Sampah berumur 1 hari berat jenisnya lebih kecil dibanding dengan sampah yang dipadatkan secara manual.

Sampah dengan berat jenis terbesar adalah sampah di TPA yang sudah dipadatkan secara mekanis. Proyeksi timbulan sampah dihitung berdasarkan data proyeksi penduduk dan proyeksi aktivitas daerah sumber sampah yang berdampak terhadap peningkatan timbulan sampah.

Dalam memperhitungkan volume sampah yang akan masuk TPA perlu diperhatikan adanya pemadatan baik di sumber, pada perjalanan menuju TPA dan di TPA itu sendiri. Pemadatan hasil proses pengangkutan diperhitungkan dengan membandingkan antara densitas sampah di sumber dan densitas sampah di TPA.

Densitas sampah di sumber diperkirakan sebesar 0,2 ton/m³. Pemadatan pada TPA diakibatkan oleh adanya proses penimbunan dan pemadatan menggunakan alat berat. Akibat penimbunan dan pemadatan yang dilakukan diperkirakan densitas sampah sebesar 0,6 ton/m³. Sehingga volume sampah akhir yang masuk TPA akan mengalami penyusutan menjadi sepertiga dibandingkan volume sampah yang terangkut dari sumber. Hasil perhitungan timbulan sampah yang dilakukan oleh LPM-ITB pada tahun 1989 di beberapa kota di Indonesia yaitu kota Cianjur, Denpasar, Sumedang, Tabanan, Pekanbaru, Tanjung Pinang, Cimahi, dan Cirebon dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1
Timbulan Sampah kota kecil dan sedang di Indonesia

Sumber sampah	Satuan	Volume (liter)	Berat (Kg)
Rumah permanen	Per orang/hari	2.25 – 2.50	0.300– 0.400
Rumah semi permanen	Per orang/hari	2.00 – 2.25	0.300 – 0.350
Rumah non-permanen	Per orang/hari	1.75 – 2.00	0.250 – 0.300
Kantor	Per orang/hari	0.50 – 0.75	0.025 – 0.100
Toko	Per orang/hari	2.50 – 3.00	0.150 – 0.350
Sekolah	Per orang/hari	0.10 – 0.15	0.010 – 0.020
Jalan klas 1	Per m panjang/hari	0.10 – 0.20	0.020 – 0.100
Jalan klas 2	Per m panjang/hari	0.10 – 0.15	0.010 – 0.050
Jalan klas 2	Per m panjang/hari	0.05 – 0.10	0.005 – 0.025

Sumber : Diskripsi Analisis Survey Timbulan Sampah di Indonesia (kota kecil dan sedang), LPM-ITB, Bandung, Januari 1989.

Beberapa model matematik untuk perhitungan timbulan sampah adalah sebagai berikut :

- Dengan menyertakan faktor kepadatan penduduk kota.

$$Q = 1,54 \log (PD) - 0,68$$

dimana:

Q = Jumlah sampah total

PD = Kepadatan penduduk kota (orang/mil²), dengan nilai : 500 < PD < 12.000

- Berkaitan dengan jumlah penduduk

$$Y = 2,707 \cdot 10^5 \cdot X^{1.262}$$

dimana:

Y = Timbulan sampah per hari

X = Jumlah penduduk

Sedangkan sampling hanya akan dilakukan apabila jumlah penduduk yang akan di survey sangat besar sehingga berdasarkan pertimbangan waktu, energi dan biaya maka tidak dapat dilaksanakan. Kondisi seperti ini juga terjadi pada penyusunan studi pengelolaan sampah kota dimana, sebagai contoh, jumlah penduduk dan berkembangnya wilayah urban suatu kota akan sangat sulit untuk menghitung timbulan sampah. Metoda “Selective random sampling” dipakai untuk mengatasi kesulitan dalam menentukan kualitas sample sebagai berikut :

$$S = Cd \cdot \sqrt{Ps}$$

Dimana:

S = kualitas sampel

Ps = coefficient domestic dengan nilai 0,5 untuk kota sedang

Contoh :

Untuk kota dengan penduduk 1.000.000 orang dan 1 KK = 6 orang, maka :

$$S = 1 \cdot \sqrt{1000000} = 1000 / \sqrt{6 \text{ KK}} = 166 \text{ KK}$$

Hasil penentuan jumlah sample kemudian disebar ke beberapa katagori pemukiman secara proporsional, sebagai contoh untuk Katagori High Income = 20 % , jadi jumlah sampel untuk katagori ini adalah 35 KK, begitu juga untuk Middle Income dan Low Income.

Efisiensi Sistem transportasi sampah dari sumber ke TPA merupakan bagian penting dari seluruh sistem pengelolaan sampah kota. Beberapa data empiris mengindikasikan bahwa faktor terbesar pada biaya operasional dan perawatan

adalah pada sistem transportasi. Perbandingan bobot antara operasional pengumpulan, operasional transportasi dan operasional TPA adalah sebagai berikut :

- Operasional pengumpulan dengan kontainer : 10 – 20 %
- Operasional transportasi : 40 – 60 %
- Operasional TPA : 20 – 30 %

Efisiensi dari operasional transportasi dapat diawali dengan upaya untuk meningkatkan kinerja sistem pengelolaan sampah kota secara keseluruhan. Pada dasarnya kinerja operasional transportasi sampah tergantung pada beberapa parameter sebagai berikut :

- Tipe peralatan yang digunakan.
- Jumlah pekerja yang menggunakan peralatan tersebut.
- Kondisi jalan yang dilalui secara fisik (lebar dan kualitas konstruksi) dan tingkat kepadatan lalu lintas.
- Distribusi Tempat Pengumpulan Sampah.
- Rute yang dipilih.

Sedangkan efisiensi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\text{Man} \times \text{Hour}}{\text{Ton} \times \text{Km}}$$

Man = Jumlah pekerja pada transportasi Truk

Hour = Jumlah penggunaan waktu untuk trip transportasi.

Ton = Berat sampah yang diangkut dalam 1 trip

Km = Jarak yang dilalui dalam 1 trip

2.5.2 Pengupasan dan Pelapisan Dasar Lahan

Pengupasan lahan akan mempertimbangkan dengan seksama muka air tanah maksimum pada dasar tapak TPA. Pertimbangan tersebut adalah :

- a) Jarak muka air tanah dengan dasar landfill minimum 3 m, jika
 - Kelulusan (permeabilitas) tanah pada dasar tapak $< 10^{-7}$ cm/det, dan
 - Tidak terdapat sumber air bersih di sekitarnya
- b) Pelapisan lahan dikriteriakan sebagai berikut :
 1. Tanah yang digunakan adalah tanah lempung (*clay*)
 2. Ketebalan lapisan lempung adalah 2 x 25 cm
 3. Kemiringan diatas lapisan lempung adalah 5%
 4. Lapisan lempung diharapkan berasal dari tanah setempat

Terdapat kemungkinan pula digunakan geomembran dan atau geotekstil sebagai liner (lahan pelapis), apabila kondisi tapak mengharuskan demikian. Penyiapan lapisan dasar merupakan faktor yang sangat penting dalam penyiapan lahan efektif. Lapisan ini harus mampu menahan pencemaran agar tidak keluar dari lokasi landfill. Pencegahan ini terutama untuk menghindari kontaminasi terhadap air tanah yang digunakan oleh penduduk sebagai salah satu sumber air bersih. Dasar sebuah lahan-urug akan terdiri dari :

1. Lapisan-lapisan bahan liner untuk mencegah migrasi cemaran keluar lahan-urug.
2. Sistem pengumpul lindi.

Ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi oleh tanah yang akan digunakan sebagai lapisan dasar lahan efektif. Kriteria tersebut dituangkan dalam Tabel 2.2.

Selain itu, Brunner & Keller menetapkan syarat minimal pelapisan dasar TPA sebesar 45 cm. Lapisan tanah dasar (liner) adalah lapisan yang terbuat dari bahan yang kedap air, lapisan tersebut dapat berupa :

- Lapisan karet sintetis
- Lapisan polimer sintetis
- Lapisan aspal
- Lapisan tanah lempung
- Lapisan beton tumbuk

Tabel 2.2.

Karakteristik Fisik Tanah sebagai Bahan Lapisan Kedap

Parameter	Persyaratan Bahan Pelapisan
Jenis Tanah	MH, ML, CH, CL
Prosentase butiran halus	>50 %
Liquid limit	35 - 60
Indeks plastisitas VS liquid limit	> garis A
Koefisien permeabilitas	< 4×10^{-5} cm/detik

Sumber : Parametrix, Inc

Keterangan : Jenis tanah berdasarkan Unified Solid Classification

- Lapisan Karet Sintetis

Terbuat dari bahan karet sintetis yang relatif fleksibel dengan ketebalan 1,5 mm. Tersedia di pasaran dengan berbagai merk dan memiliki ukuran lebar bervariasi 5,3 m; 6,8 m; 10,5 m; dan seterusnya, dengan panjang yang juga bervariasi antara 55 m – 381 m.

Untuk mencegah terjadinya kerusakan atas lapisan karet sintetis ini dipasang terlebih dahulu lapisan tanah sebelum sampah diratakan di atasnya.

Penyambungan antar lapisan memerlukan pekerjaan yang teliti untuk menghindari terjadinya kebocoran.

- Lapisan Polimer Sintetis

Seperti halnya lapisan karet sintetis, lapisan polimer sintetis juga tersedia di pasaran. Lapisan dengan ukuran dan penangan yang sama tetapi terbuat dari bahan polimer sintetis. Bahan ini relatif lebih kaku dibanding karet sintetis. Dipasaran lapisan polimer sintetis disebut juga lapisan geomembran. Lapisan geomembran banyak tersedia di pasaran dengan ukuran yang bervariasi baik lebar maupun panjangnya. Untuk menutupi permukaan tanah TPA yang umumnya lebar maka lapisan sintetis tersebut perlu disambung satu dengan yang lain. Teknis pelaksanaan pelapisan dapat diuraikan sebagai berikut :

- Lapisan kedap yang dibeli dari produsen umumnya berupa lapisan roll dengan sumbu berupa kelos yang dapat dihubungkan dengan dengan alat standarnya sehingga dapat berputar sewaktu lapisan ditarik.
- Untuk menarik lembaran kedap air tersebut diperlukan tenaga manusia paling tidak untuk setiap jarak (3 – 4) meter agar lembaran dapat ditarik dengan rapi dan tidak terseret pada permukaan yang mungkin tajam dan dapat menyebabkan lembaran menjadi tersayat atau robek.
- Lembaran dijejer dan pada bagian yang akan disambung, lembaran saling menindih dengan lebar sekitar 5 cm. Pada bagian inilah nantinya akan dilakukan penyambungan.
- Pada penyambungan menggunakan alat las/pemanas maka pemanasan dilakukan tepat diatas bagian yang saling bertindihan tersebut dengan

cara yang harus disesuaikan dengan manual alat penyambung yang digunakan. Hal yang sangat penting dalam proses penyambungan adalah kebersihan dari permukaan yang hendak disambung dari debu, tanah maupun air/kelembaban. Permukaan yang tidak bersih saat penyambungan akan sangat mengurangi kualitas sambungan nantinya. Dan apabila terjadi kebocoran pada sambungan maka dapat dikatakan bahwa seluruh pelapisan kedap air hampir tidak dapat berfungsi sama sekali.

- Pada penyambungan dengan menggunakan semacam perekat (selotape khusus) maka perekat ditempelkan tepat pada sambungan antara dua lembaran yang hendak digabung. Pada penyambungan metode inipun kebersihan permukaan yang hendak disambung merupakan syarat mutlak bagi keberhasilan proses penyambungan

- Lapisan Aspal

Suatu cairan aspal khusus, juga dapat digunakan sebagai lapisan kedap di TPA, umumnya dilakukan dengan menyemprot permukaan yang keras (tanah keras berbatu/padas) sampai ketebalan (3 – 5) mm. Hal yang perlu diperhatikan adalah ketersediaan tenaga pelapis disamping karakteristik sampah yang dibuang.

- Lapisan Tanah Lempung

Lapisan lempung yang dipadatkan secara berlapis-lapis hingga 1 m juga memiliki efisiensi yang tinggi sebagai media kedap air.

Lapisan kedap air yang terbuat berupa lapisan lempung memerlukan pemasangan yang hati-hati agar terjamin kededapan lapisan tersebut untuk menahan kemungkinan rembesan lindi ke lingkungan sekitarnya.

Untuk pelaksanaan pekerjaan pelapisan dasar dengan menggunakan tanah lempung dapat dilakukan sebagai berikut :

- Cadangan tanah lempung harus disiapkan dengan baik. Diperlukan pengaturan transportasi dan cadangan (stockpile) yang baik agar pelaksanaan pekerjaan ini dapat berlangsung dengan lancar.
- Pemasangan lempung dimulai pada bagian dasar sel dengan menghamparkan lapisan lempung dari truk pengangkut ke seluruh permukaan TPA menggunakan bulldozer. Perataan tanah ini sebaiknya dilakukan secara bertahap per lahan/kaveling dengan ukuran lebar sekitar (2 – 3) kali lebar bagian pendorong bulldozer dan panjangnya sekitar (20 – 30) meter.
- Ketebalan lapisan saat diratakan sebaiknya sekitar 10 cm dan dipadatkan dengan melintasinya sebanyak 5 kali maju-mundur.
- Untuk mencegah tanah liat menempel pada rantai bulldozer akan diperlukan penyiraman dengan air selama proses perataan dan pemadatan terutama pada lapisan pertama yang berhubungan langsung dengan tanah asli.
- Setelah seluruh permukaan kaveling selesai dilapisi tanah liat pada lapis yang pertama, perataan dilanjutkan dengan 10 cm yang kedua lalu

dipadatkan dengan cara yang sama, demikian seterusnya hingga terpasang lapisan tanah liat dengan ketebalan 50 cm.

- Pelapisan pada bagian dinding sel dilakukan dengan menggunakan alat berat excavator dengan cara menekan lapisan demi lapisan dengan punggung bucket-nya.
- Lapisan Beton Tumbuk

Lapisan beton tumbuk adalah lapisan dasar TPA yang menggunakan bahan beton tumbuk dengan campuran rapat air, dengan kedalaman sekitar 0,30 meter.

2.5.3 Sel Timbunan

Kriteria perancangan sel timbunan pada lahan TPA akan meliputi :

1. Lebar working face = 1.5 - 3 kali lebar sel
2. Panjang working face disesuaikan dengan volume sampah harian yang masuk
3. Jumlah working face untuk setiap unloading sesuai dengan volume sampah harian yang masuk
4. Tinggi timbunan lapis per lapis antara 50 - 60 cm
5. Tebal/tinggi tiap sel adalah 1.2 m dan dapat dibuat 3 lapisan sebelum dilakukan penutupan antara Kemiringan timbunan 20-30° (1 bagian vertikal : (2-3) bagian horizontal)



Gambar 2.1

Ilustrasi Pembuangan dan Penataan Sel Timbulan Sampah di TPA

2.5.4 Penataan Sistem Pengumpul Lindi

Guna mengumpulkan lindi yang timbul, maka diperlukan sistem pengumpul lindi. Pada dasarnya terdapat 2 (dua) kemungkinan kondisi lindi yang muncul, yakni :

1. Timbulan lindi terjadi setelah saluran penimbunan sampah selesai
2. Timbulan lindi pada masa pengoperasian berlangsung

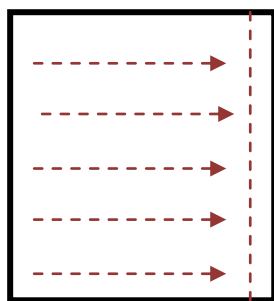
Alternatif sistem pengumpulan lindi :

- Menggunakan pipa berlubang, kemudian diselubungi dengan batuan.
Cara ini banyak dipergunakan dalam konstruksi pipa lindi di beberapa TPA dengan sistem lahan urug.
- Membuat saluran yang diberi pelapis, dan di dalamnya disusun batu kali kosong. Sesuai dengan sifat air yang selalu mengalir ke bagian yang lebih rendah, maka lindi yang terbentuk dalam timbunan sampah dan merembes mencapai permukaan sel dapat diatur untuk mengalir ke suatu arah tertentu yang direncanakan. Untuk menciptakan kondisi ini maka diperlukan

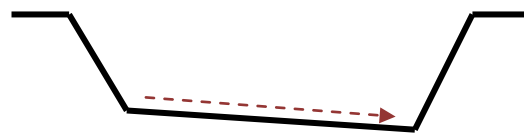
kemiringan dasar sel yang konstan ke suatu titik tertentu dengan kemiringan sebesar 1 % atau lebih besar.

Arah pengaliran/kemiringan dasar sel dapat dibuat satu arah atau beberapa arah (berbelok) sesuai dengan besaran sel yang direncanakan. Untuk sel yang bentuknya memanjang misalnya, lebih mudah membuat kemiringan ke satu arah tertentu, sementara sel yang terlalu lebar akan memerlukan perubahan arah aliran agar kedalaman sel dapat dijaga dengan lebih baik. Beberapa alternatif arah aliran adalah sebagai berikut :

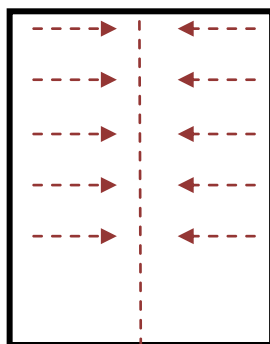
- Kemiringan dasar ke salah satu sisi Sel
- Kemiringan ketengah Sel
- Dasar Sel dengan pengaturan kemiringan



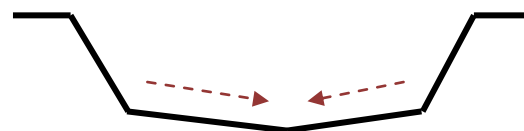
Pengaturan Kemiringan Dasar Kesalah Satu Sisi



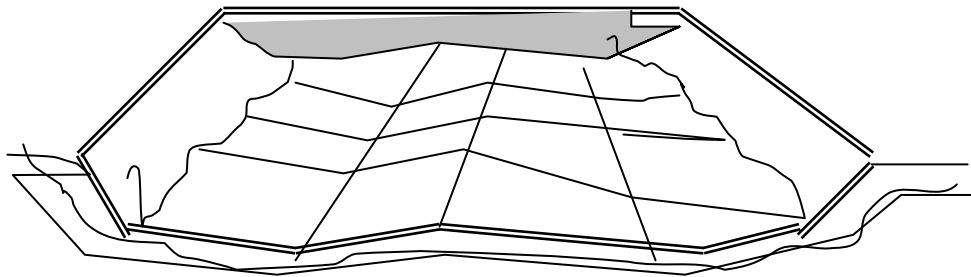
Gambar 2.2



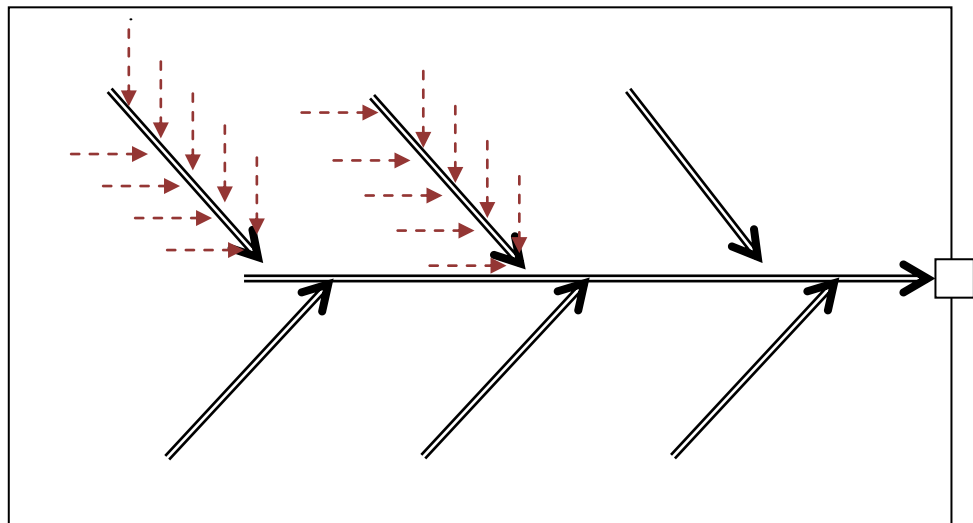
Pengaturan Kemiringan Dasar Ketengah Sel



Gambar 2.3



Gambar 2.4
Dasar Sel Dengan Pengaturan Kemiringan

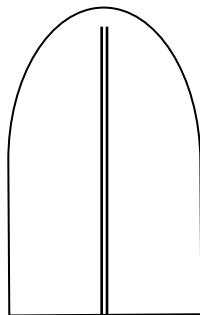


Gambar 2.5
Pengaturan Kemiringan Pada Sel Yang Luas

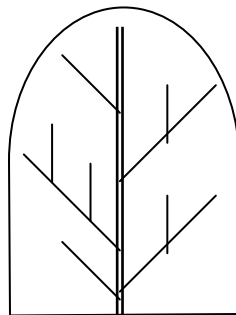
Pada saluran pengumpul untuk meningkatkan kelancaran aliran lindi ke sumur pengumpul maka pada TPA yang luas, selain pengaturan kemiringan dasar sel juga diperlukan pembuatan saluran pengumpul lindi berupa saluran perkerasan yang berfungsi menyalurkan lindi yang tertampung pada saluran tersebut ke sumur pengumpul. Saluran pengumpul juga hendaknya dibuat dengan kemiringan sama minimal 1 %. Umumnya saluran dibuat dengan lebar dasar dan kedalaman sekitar 50 cm.

Bentuk atau pola saluran sangat bervariasi dan penentuannya tergantung pada bentuk dan luas sel yang akan digunakan. Berbagai bentuk pola saluran pengumpul lindi misalnya dapat dilihat pada gambar berikut.

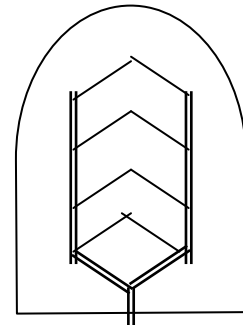
a. Model Linier



b. Model Cabang



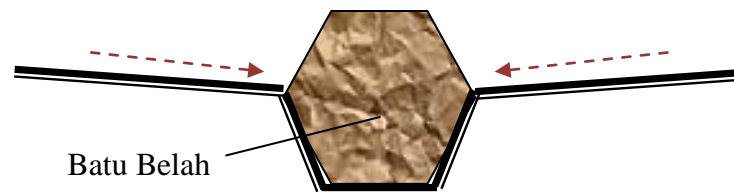
c. Model Tangga



Gambar 2.6

Pola Saluran Pengumpul Lindi

Sedangkan untuk mencegah agar saluran tidak tertutup sampah maka kedalam saluran tersebut ditempatkan batu pecah dengan ukuran sekitar 10 cm dan disusun hingga menutup seluruh permukaan saluran hingga ke bagian atasnya dengan ketinggian sama dengan dasar saluran seperti dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.7

Penampang Saluran Pengumpul Lindi

Pada perpipaan pengumpul untuk lebih memperlancar aliran lindi dalam saluran pengumpul, terutama bila kemiringan yang tersedia relatif kecil (area datar dan air tanah relatif dangkal sehingga tidak dapat dilakukan penggalian lebih dalam untuk mendapatkan slope yang cukup), maka dalam saluran pengumpul dapat dipasang pipa pengumpul yang umumnya terbuat dari pipa PVC yang dibuat berlubang-lubang untuk menampung lindi yang terkumpul. Ukuran pipa pengumpul bervariasi tergantung pada kapasitas lindi yang ada, namun dalam banyak contoh sering digunakan pipa dengan ukuran (200 – 300) mm. Untuk lebih jelasnya pipa pengumpul lindi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.8
Pipa Pengumpul Lindi

Pengumpul lindi tergantung pada kondisi tersaturasi. Tipikal dimensi pipa adalah (6–8) inch atau (15–20) cm. Penggunaan diameter tersebut memperhatikan kemudahan pembersihan. Pipa 8 inch dipandang lebih baik dalam efisiensi pembersihan.

Diameter yang lebih besar memungkinkan, berdasarkan aliran maksimum dalam pipa. Sedang menurut Tchobanoglous, pipa dengan diameter 4 inch (100 mm) masih memenuhi untuk drainase genangan lindi yang terbentuk.

Kriteria desain untuk slope pipa pengumpul adalah (1,2 - 1,8) % dan (0,5 – 1) %, namun adanya penyiapan lahan memungkinkan untuk penyesuaian slope dasar. Kontrol diberikan dengan kontrol kecepatan pada pipa.

2.5.5 Tanah Penutup

Tanah penutup yang baik dapat mencegah atau meminimasi air yang masuk ke dalam lahan urug, terutama berasal dari air hujan. Penetrasi air yang masuk merupakan sumber terbentuknya lindi yang merupakan pencemar bagi lingkungan. Semakin banyak air yang masuk maka semakin banyak pula lindi yang ditimbulkan dan yang harus dikelola. Dalam penggunaan tanah penutup cara pengisian lahan sesuai dengan kondisi lahan yang tersedia yang terdiri dari Metode Area, Metode Trench, dan Metode Slope (Tchobanoglous).



Gambar 2.9
Ilustrasi Perataan Tanah Penutup

- Metode Area (Area Method)

Metode ini umumnya digunakan untuk lahan yang tidak rata dan luas. Di sini timbunan sampah diratakan dan dipadatkan dengan menggunakan bulldozer. Tanah penutup harian dapat diperoleh dari hasil penggalian bagian dasar atau lining TPA (dengan catatan kualitas tanahnya memenuhi syarat sebagai tanah penutup)

- .Metode Slope (Ram Method)

Di sini sampah disebar dan dipadatkan sedemikian rupa sehingga membentuk kemiringan (slope) tertentu. Tanah penutup dapat diperoleh dari hasil penggalian bagian dasar dari slope tersebut (kualitas tanah memenuhi syarat sebagai tanah penutup).

- Metode Trench (Trench Method)

Metode Trench diterapkan untuk tanah yang datar dan luasan relatif kecil serta tersedia tanah penutup yang cukup. Sampah dibuang ke dalam lubang dan lalu ditutup dengan tanah penutup pada akhir hari operasi. Tanah penutup diperoleh dari hasil penggalian lubang yang diletakkan di tepi galiann lubang dan digunakan setelah parit terisi sampah (dengan catatan kualitas tanah memenuhi syarat sebagai tanah penutup). Terdapat tiga jenis penutupan sampah dengan lapisan tanah, yaitu :

1. Lapisan Penutup Harian

Dipergunakan pada setiap hari akhir operasi. 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.

2. Lapisan Penutup Antara (Intermediate Cover)

Selain fungsi-fungsi seperti lapisan harian di atas, lapisan antara ini mempunyai fungsi lain yaitu :

- a. Sebagai kontrol terhadap pembentukan gas akibat proses dekomposisi sampah yang memungkinkan pencegahan kebakaran,
- b. Pelintasan kendaraan di atasnya.

Lapisan ini mempunyai ketebalan antara 30 cm - 50 cm dalam keadaan padat. Lapisan ini dilakukan setelah terbentuk tiga lapis set harian. Lapisan antara dapat dibiarkan selama 1/2 sampai 1 tahun.

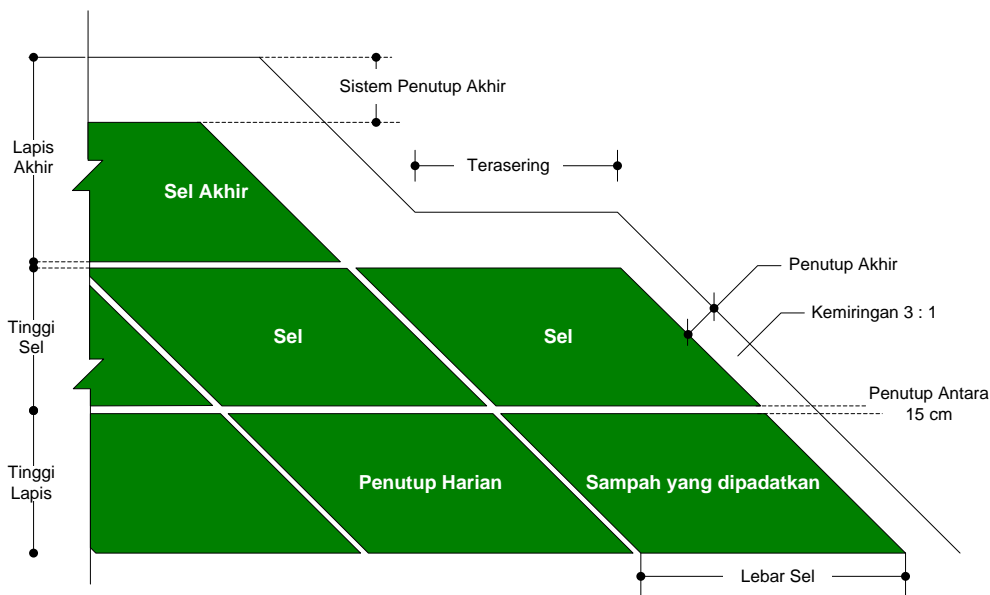
3. Lapisan Lapisan Akhir (Final Cover)

Merupakan penutupan tanah terakhir setelah kapasitas terpenuhi. Ketebalan minimum yang disyaratkan adalah 50 cm dalam keadaan padat. Tanah penutup akhir ini juga akan berfungsi sebagai tempat dari akar tumbuhan penutup. Lapisan penutup tanah akhir terdiri dari:

- a. Lapisan pendukung, berfungsi untuk meratakan muka tanah penutup timbunan antara sebelumnya dan memberikan kemiringan permukaan bukit. Tebal hingga 10 cm dan dapat menggunakan tanah sekitar lokasi.

- b. 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 50 cm.
- c. Lapisan penutup, berfungsi untuk menunjang perkembangan tumbuhan penutup bukit. Kualitas tanah penutup yang diharapkan adalah mudah dalam pengerjaan, Tanah ini harus memiliki kapasitas kelembaban (moisture holding capacity) yang tinggi. Tebal lapisan minimal 15 cm. 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. Secara ringkas, kriteria penutup sampah adalah :
1. Tanah penutup dengan kelulusan maksimum 1×10^{-6} cm/det.
 2. Tanah penutup final dengan kelulusan maksimum 10-7cm/det.
 3. Tebal tanah penutup harian = 0.20 - 0.30 m
 4. Tebal tanah penutup antara = 30 - 50 m.
 5. Tebal tanah penutup final = 0.50 - 0.60 m.
 6. Tebal tanah setelah penutup akhir = 0.40 m .
 7. Rasio tanah penutup = 15 - 20 %.

Tanah penutup mempunyai grading dengan kemiringan tidak lebih dari 30° untuk mencegah terjadinya erosi.



Gambar 2.10
Penampang Melintang Lapisan

2.5.6 Jalan Akses

Kriteria teknis perancangan jalan akses ke lokasi TPA meliputi hal-hal berikut:

1. Jalan akses diperkeras dengan standar Bina Marga
2. Jalan akses terdiri dari 2 (dua) jalur atau 2 (dua) arah untuk memberikan kemudahan bagi truk-truk pengangkut sampah untuk keluar dan masuk TPA
3. Jalan akses dilengkapi dengan saluran drainase pada bagian tepi jalan
4. Lebar perkerasan direncanakan 5-6 m dilengkapi dengan tanda batas jalur
5. Permukaan jalan direncanakan dengan slope 2-3% ke arah saluran drainase
6. Jalan akses didesain mampu menahan bobot truk hingga 10 ton
7. Jalan akses direncanakan memiliki masa pakai antara 5-10 tahun

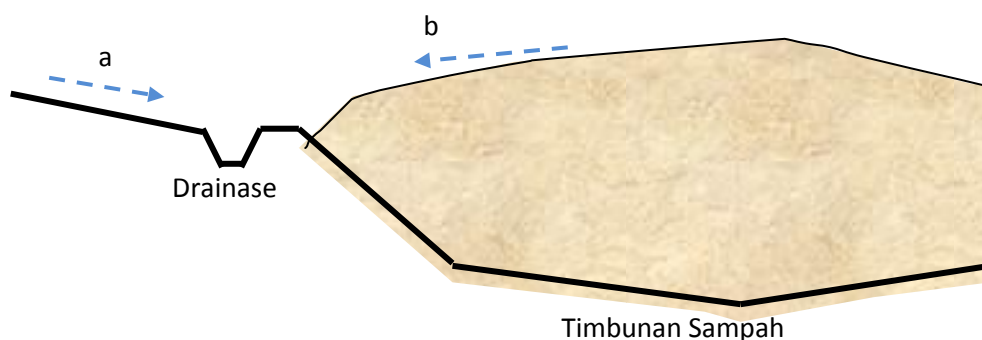
2.5.7 Jalan Operasi

Jalan operasi terletak pada lahan efektif TPA yang digunakan agar penyebaran, penimbunan dan pemadatan sampah oleh peralatan berat (loader/bulldozer) berlangsung dengan baik, jalan operasi terdiri dari 2 (dua) kategori :

1. Jalan operasi primer : dengan perkerasan yang kualitasnya lebih rendah dari jalan akses. Lebar jalan adalah 6 m.
2. Jalan operasi sekunder : dengan perkerasan yang kualitasnya lebih rendah dari jalan akses. Lebar jalan adalah 5 m.

2.5.8 Drainase Air Hujan

Air hujan yang jatuh di luar area TPA yang harus dicegah agar tidak melimpas ke area TPA dan menimbulkan potensi rembesan. Air hujan yang jatuh dan melimpas di atas permukaan timbunan sampah yang harus segera diarahkan menuju fasilitas drainase terdekat. Kedua kategori air limpasan tersebut diatas dapat dibedakan seperti gambar berikut.



Keterangan : a = air limpasan dari luar TPA

b = air limpasan dari timbunan sampah

Gambar 2.11
Air Limpasan di TPA

Sistem drainase akan terdiri dari dua jenis, yakni :

1. Sistem permanen
2. Sistem sementara

Sistem permanen digunakan untuk pemakaian jangka panjang, yakni :

1. pada tepi jalan akses (utama)
2. pada sekeliling lahan TPA (setelah penimbunan akhir/setelah landfill ditutup)
3. pada sekeliling sarana penunjang, seperti kantor, garasi, tempat mencuci mobil dan alat berat, dan di sepanjang jalur hijau.

Sistem sementara dibuat secara lokal pada sel (daerah) yang sedang dioperasikan. Sebagai formula pendekatan, digunakan persamaan umum Manning berikut :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Dimana : Q = debit aliran air hujan (m³/det)

A = luas penampang basah saluran (m²)

R = jari jari hidrolis (m)

S = kemiringan saluran

n = konstanta Manning, tergantung jenis saluran

Pengukuran besarnya debit untuk suatu daerah studi dapat ditentukan dengan menggunakan data intensitas curah hujan yang telah dilakukan analisa kejadiannya untuk periode ulang dan lama waktu tertentu. Lamanya kejadian hujan yang diambil umumnya sama dengan lama waktu konsentrasinya. Metode

yang dapat digunakan dalam hal memperoleh debit tersebut adalah metode rasional dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A \text{ (m}^3/\text{det)}$$

Dimana:

Q = debit aliran air hujan

C = angka pengaliran (tak berdimensi)

I = intensitas hujan maksimum selama waktu yang sama dengan lama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km²)

dan

$$tc = 0.195 \cdot \left(\frac{L}{S^{1/2}} \right) \cdot 0.77$$

Dimana :

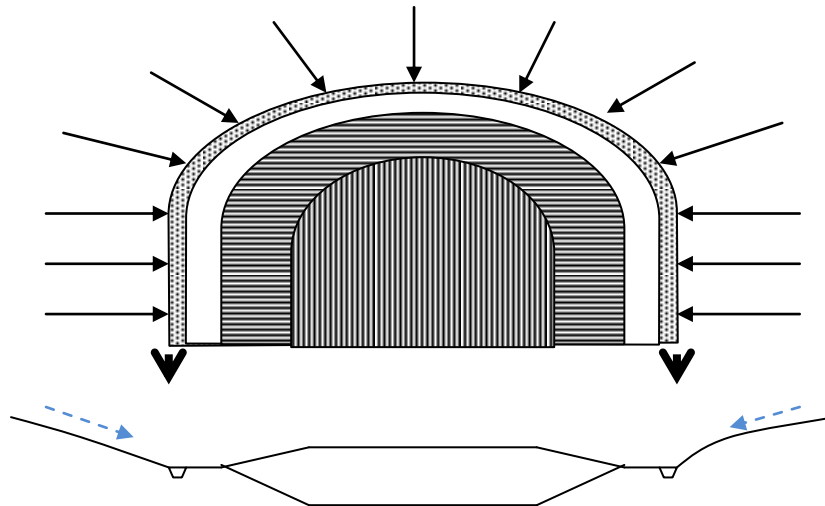
tc = lama waktu konsentrasi (menit)

L = panjang jarak dari tempat terjauh di DAS sampai lokasi pengamatan (m)

S = kemiringan rata-rata daerah aliran sungai

Beberapa contoh kasus kebutuhan fasilitas drainase dapat diuraikan sebagai berikut :

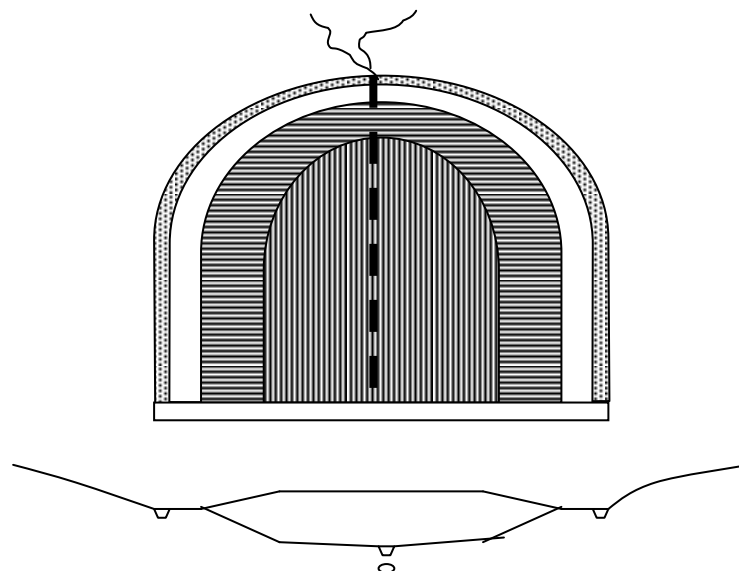
- Bila area terletak di bagian lembah
Perlu disiapkan jalur drainase untuk menangkap limpasan air hujan dari tebing/bukit di sekitarnya agar tidak melimpas ke atas permukaan TPA Untuk lebih jelasnya jalur drainase dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.12
Drainase Penangkap Limpasan Dari Luar

- Bila Terdapat Alur Alami

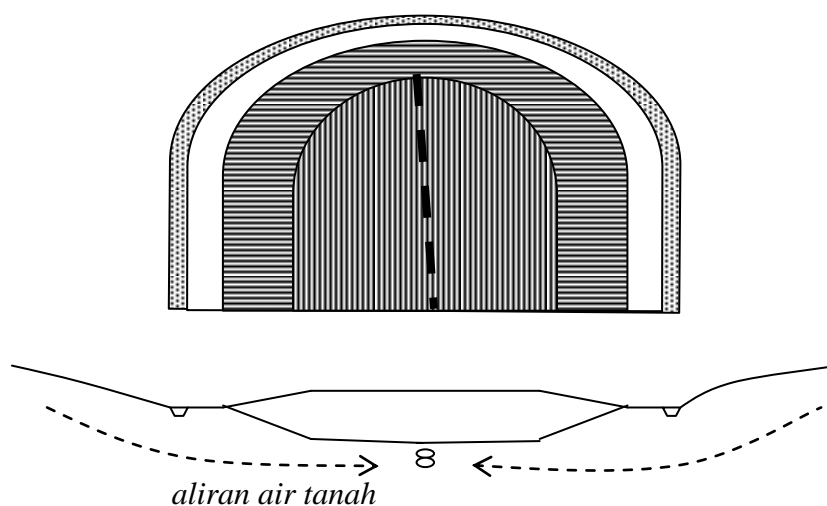
Dalam hal terdapat alur alami berupa saluran yang tidak mungkin untuk dialihkan ke saluran drainase, maka sebaiknya disediakan saluran pembuang yang dipasang di bawah konstruksi TPA, agar aliran air dapat disalurkan keluar. Untuk lebih jelasnya jalur drainase dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.13
Pembuangan Air Dari Alur Alam Di Bagian Hulu

- Bila Terdapat Aliran Air Tanah Yang Terpotong

Dalam hal terdapat aliran air tanah yang terpotong dan tidak dimungkinkan untuk memindahkan alirannya ke saluran drainase yang dibuat, maka perlu disediakan saluran/pipa yang ditanam di bawah dasar TPA yang berfungsi untuk menangkap aliran air tanah tersebut dan menyalurkannya ke bawah. Untuk lebih jelasnya jalur drainase dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.14

Penangkapan Aliran Air Tanah

Drainase TPA terdiri dari :

- Drainase Isolasi Lahan Kerja.

Direncanakan terdapat disekeliling lokasi TPA. Saluran ini juga terletak dipinggir jalan yang berfungsi untuk menampung limpasan air hujan dari jalan.

- Drainase local

Saluran drainase yang berada di dalam lokal berfungsi untuk mengalirkan air dari permukaan lahan efektif. Limpahan ini memungkinkan

bercampur dengan timbunan sampah, karena itu diarahkan menuju pengolahan lindi. Drainage ini akan pula berfungsi untuk menampung lindi yang berasal dari rembesan tanah penutup di sisi timbunan sampah.

- Drainase aliran air sebelum penimbunan.

Mengingat tidak seluruh lahan tersedia disiapkan untuk lahan penimbunan, maka dibutuhkan drainase untuk menyalurkan air permukaan di daerah tersebut. Prinsip dari drainase ini adalah menyalurkan air yang terkumpul di hulu penimbunan agar tidak bercampur dengan sampah. Air permukaan diarahkan menuju saluran ke sungai. Pada saat lahan beroperasi drainase ini akan berfungsi sebagai drainase lindi

Dalam menentukan arah aliran saluran drainase yang direncanakan terdapat batasan-batasan sebagai berikut :

- Arah pengaliran dalam saluran mengikuti penurunan menerus garis ketinggian yang ada sehingga diharapkan pengaliran secara gravitasi.
- Pemanfaatan sungai atau anak sungai sebagai badan air penerima dari outfall yang direncanakan, untuk drainase isolasi lahan kerja.

Kofisien pengaliran (C) diperoleh dari perbandingan antara jumlah hujan yang jatuh dengan yang mengalir sebagai limpasan dari suatu hujan dalam permukaan tanah. Harga C yang digunakan harus berdasarkan tata guna lahan yang ultimat berdasarkan Rencana Bagian Wilayah Kota (RBWK). Disini diperhitungkan kemiringan daerah, jenis bahan, penggunaan tanah dan sebagainya sebagaimana terlihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3.
Koefisien Pengaliran

Tipe Daerah Aliran		Harga C
Rerumputan		
	Tanah pasir, datar < 2%	0.05 – 0.1
	Tanah pasir, rata-rata 2 -7%	0.1 – 0.15
	Tanah pasir, curam 7%	0.15 – 0.20
	Tanah gemuk, datar < 2%	0.13 – 0.17
	Tanah gemuk, rata-rata 2 -7%	0.18 – 0.22
	Tanah gemuk, curam 7%	0.25 – 0.35
Tanah Pertanian		
	Kemiringan 0 – 5 %	0.3 – 0.6
	Kemiringan 5 – 10 %	0.4 – 0.7
	Kemiringan 10 – 30 %	0.5 – 0.8
Jalan		
	Beraspal	0.7 – 0.95
	Beton	0.8 – 0.95
	Batu	0.7 – 0.85
	Atap	0.75 – 0.95

Sumber : Drainase Perkotaan

Penentuan kecepatan aliran berdasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar tetap self cleansing dan kecepatan maksimum agar konstruksi saluran tetap aman. Ditetapkan kecepatan minimum sebesar 0,75 m/s dan maksimum 2,5 m/s.

Dimensi Saluran.

Sebagai formula pendekatan, digunakan persamaan umum Manning berikut :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Q = Debit aliran air hujan (m³/det)

A = Luas penampang basah saluran (m²)

R = Jari jari hidrolis (m)

S = Kemiringan saluran

n = Konstanta Manning, tergantung jenis saluran

Pengukuran besarnya debit untuk suatu daerah studi dapat ditentukan dengan menggunakan data intensitas curah hujan yang telah dilakukan analisa kejadiannya untuk periode ulang dan lama waktu tertentu. Lamanya kejadian hujan yang diambil umumnya sama dengan lama waktu konsentrasinya.

Metode yang dapat digunakan dalam hal memperoleh debit tersebut adalah metode rasional dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A \text{ (m}^3/\text{det)}`$$

Q = Debit aliran air hujan

C = Angka pengaliran (tak berdimensi)

I = Intensitas hujan maksimum selama waktu yang sama dengan lama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

$$tc = 0.195 \cdot \left(\frac{L}{S^{1/2}} \right) \cdot 0.77 \text{ (menit)}$$

tc = Lama waktu konsentrasi (menit)

L = Panjang jarak dari tempat terjauh di DAS sampai lokasi pengamatan (m)

S = Kemiringan rata-rata daerah aliran sungai

2.5.9 Teori Pengolahan Lindi

Lindi adalah cairan yang merembes melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut atau tersuspensi terutama hasil proses dekomposisi materi sampah. Secara teoritis, lindi tidak akan keluar dari timbunan sampah sebelum kapasitas serap air dari sampah terlampaui. Kualitas dan kuantitas lindi tergantung dari banyak faktor, antara lain karakteristik dan komposisi sampah, jenis tanah penutup, iklim, kondisi kelembaban dalam timbunan sampah serta waktu penimbunan sampah.

Pengadaan sistem pengolahan lindi sangat diperlukan untuk mengurangi beban pencemaran terhadap badan air penerima. Lindi yang telah terkumpul diolah terlebih dahulu sehingga mencapai standar aman untuk kemudian dibuang ke dalam badan air penerima. Diharapkan setelah dilakukan pengolahan tidak terjadi pencemaran terhadap lingkungan sekitar, baik terhadap sungai maupun air tanah. Masalah yang dihadapi adalah bahwa debit lindi yang keluar dari timbunan sampah sangat berfluktuasi. Pengolahan lindi merupakan salah satu dari penanganan effluen lindi yang dapat dilakukan. Alternatif lainnya yang dapat dilakukan antara lain :

- Memanfaatkan sifat-sifat hidrolis dengan pengaturan air tanah sehingga aliran lindi tidak menuju air tanah
- Mengisolasi lahan urug landfill sehingga air eksternal tidak masuk dan lindinya tidak keluar
- Mencari lahan yang mempunyai tanah dasar dengan kemampuan yang baik untuk menetralsir cemaran

- Mengembalikan (resirkulasi) lindi ke arah timbunan sampah
- Mengalirkan lindi menuju pengolahan air buangan domestik
- Mengolah lindi dengan unit pengolahan sendiri.

Pemilihan proses pengolahan lindi sangat ditentukan oleh berbagai faktor, yang terpenting adalah; baku mutu (standar) efluen lindi, ketersediaan lahan, kemampuan sumberdaya manusia dan kemampuan ekonomi. Berdasarkan karakteristiknya, lindi di Indonesia mempunyai karakteristik khas karena tidak bersifat asam dan konsentrasi COD yang tinggi (Damanhuri, 1995). Berikut ini karakteristik lindi di beberapa kota di Indonesia.

Tabel 2.4.
Karakteristik lindi di beberapa kota di Indonesia

No	Kota	pH	COD (mg/L)
1	Bogor	7,5	28723
		8	4303
2	Cirebon	7	3648
		7	13575
3	Jakarta	7,5	6839
		7	413
		8	1109
4	Bandung (Leuwigajah)	6	58661
		7	7379
5	Bandung (Sukamiskin)	6,39	4426
		8,6	9374
6	Solo	6	6166
7	Magelang	8,03	24770
8	Surabaya (Keputih)	8,26	3572
9	Surabaya (Benowo)		
	- umur < 1 tahun	8,14	8580
	- umur 2 tahun	7,87	6160
	- umur > 3 tahun	8,14	2200

Untuk kapasitas perancangan unit pengolahannya, digunakan acuan sebagai berikut:

- a. Debit pengumpul lindi
 - Dihitung dari rata-rata hujan maksimum harian, dari data minimal 5 tahun terakhir
 - Dengan asumsi bahwa curah hujan akan terpusat selama 4 jam sebanyak 90% (Van Breen)
- b. Debit pengolah lindi
 - Dihitung dari rata-rata hujan maksimum bulanan, dari data minimal 5 tahun
 - Dihitung dari neraca air, sehingga diperoleh besarnya perkolasi kumulasi bulanan yang maksimum.

Sedangkan alternatif sistem pengolahan yang dapat digunakan untuk mengolah lindi adalah sebagai berikut :

- a. Pengolahan dengan Proses Biologis

Kombinasi Kolam Stabilisasi, untuk lokasi dengan ketersediaan lahan yang memadai, dengan alternatif kombinasi sebagai berikut :

 - Kolam Anaerobik, Fakultatif, Maturasi dan Biofilter (alternatif 1)
 - Kolam Anaerobik, Fakultatif, Maturasi dan Landtreatment / Wetland (alternatif 2)
 - Kombinasi Proses Pengolahan Anaerobik – Aerobik, untuk lokasi dengan ketersediaan lahan yang lebih terbatas, yaitu kombinasi antara Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dengan Aerated Lagoon (alternatif 3)

b. Pengolahan dengan Proses Fisika-Kimia

Pengolahan ini tepat digunakan apabila dikehendaki kualitas efluen lindi yang lebih baik sehingga dapat digunakan untuk proses penyiraman atau pembersihan peralatan dalam lokasi TPA atau dibuang ke badan air Kelas II (PP No. 82 Tahun 2001). Kombinasi sistem pengolahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Proses Koagulasi - Flokulasi, Sedimentasi, Kolam Anaerobik atau ABR (alternatif 4)
- Proses Koagulasi - Flokulasi, Sedimentasi I, Aerated Lagoon, Sedimentasi II (alternatif 5)

Kriteria teknis perencanaan unit pengolahan lindi dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2.5
Kriteria Teknis Pengolahan Lindi(Alternatif 1)

No	Kriteria	Proses Pengolahan			
		Anaerobik	Fakultatif ¹	Maturasi	Biofilter
1	Fungsi	Removal BOD yang relatif tinggi (>1000 mg/L), sedimentasi, stabilisasi influen	Removal BOD	Removal mikroorganisme patogen, nutrien	Menyaring efluen sebelum dibuang ke badan air
2	Kedalaman (m)	2,5 - 5	1 - 2	1 - 1,5	2
3	Removal BOD (%)	50 - 85	70 - 80	60 - 89	75
4	Waktu Detensi ² (hari)	20 - 50	5 - 30	7 - 20	3 - 5

No	Kriteria	Proses Pengolahan			
		Anaerobik	Fakultatif ¹	Maturasi	Biofilter
5	Organic Loading Rate ³ (kg/Ha hari)	224 - 560	56 - 135	≤ 17	< 80
6	Ph	6,5-7,2	6,5-8,5	6,5-10,5	-
7	Bahan	Pasangan batu	Pasangan batu	Pasangan batu	Batu, Kerikil, Ijuk, Pasir

¹Fakultatif : kolam dengan aerasi tambahan; ² tergantung pada kondisi iklim; ³ nilai tipikal, nilai yang lebih tinggi telah diterapkan pada beberapa lokasi

Tabel 2.6.
Kriteria Teknis Pengolahan Lindi (Alternatif 2)

No	Kriteria	Proses Pengolahan			
		Anaerobik	Fakultatif ¹	Maturasi	Wetland
1	Fungsi	Removal BOD yang relatif tinggi (>1000 mg/L), sedimentasi, stabilisasi influen	Removal BOD	Removal mikroorganisma patogen, nutrien	Removal BOD, removal nutrien
2	Kedalaman (m)	2,5 - 5	1 - 2	1 - 1,5	0,1-0,6* 0,3-0,8**
3	Removal BOD %	50 - 85	70 - 80	60 - 89	-
4	Waktu Detensi ² (hari)	20 - 50	5 - 30	7 - 20	4-15
5	Organik Loading Rate ³ (kg/Ha hari)	224 - 560	56 - 135	≤ 17	< 67
6	pH	6,5-7,2	6,5-8,5	6,5-10,5	-

7	Bahan	Pasangan batu	Pasangan batu	Pasangan batu	Tanah dengan permeabilitas rendah***
---	-------	---------------	---------------	---------------	--------------------------------------

* Kedalaman air untuk tipe FWS (Free Water Flow System); ** kedalaman air untuk tipe SFS (Subsurface Flow System); *** Tumbuhan yang bisa digunakan: *A. microphylla*, enceng gondok, cattail, rumput gajah.

Tabel 2.7.

Kriteria Teknis Pengolahan Lindi (Alternatif 3)

No	Kriteria	Proses Pengolahan		
		ABR	Aerated Lagoon	Pemisah Padatan
1	Fungsi	Removal BOD yang relatif tinggi (>1000 mg/L), sedimentasi padatan, stabilisasi influen	Removal BOD	Removal solid
2	Kedalaman (m)	2 – 4	1,8 - 6	3-5
3	Removal BOD %	70 – 85	80 - 95	-
4	Waktu Detensi(hari)	1 – 2	3 - 10	0,06 - 0,125
5	Organic Loading Rate (kg/m ³ hari)	4 – 14	0,32 - 0,64	0,5-5 kg/m ² jam
6	Hydraulic Loading Rate (m ³ /m ² hari)	16,8 – 38,4	-	8-16
7	pH	6,5 - 7,2	6,5-8,0	-
8	Bahan	Beton Bertulang - Bata	Pasangan batu	Pasangan batu

Tabel 2.8.
Kriteria Teknis Pengolahan Lindi (Alternatif 4)

No	Kriteria	Proses Pengolahan			
		Koagulasi-Flokulasi	Sedimentasi	Anaerobik Pond	ABR
1	Fungsi	Pembentukan flok padatan	Removal flok padatan	Removal BOD yang relatif tinggi (>1000 mg/L), sedimentasi padatan, stabilisasi influen	Removal BOD (>1000 mg/L), sedimentasi padatan, stabilisasi
2	Kedalaman	-	3 - 5 m	2,5 - 5 m	2 - 4 m
3	Removal BOD %	-	-	50 - 85 %	70 - 85 %
4	Waktu Detensi	0,5 jam	1,5 - 3 jam	20 - 50 hari	1 - 2 hari
5	Organic Loading Rate	-	-	224 - 560 kg/Ha hari	4 - 14 kg/m ³ hari
6	Hydraulic Loading Rate	-	8-16 m ³ /m ² hari	-	16,8 - 38,4 m ³ /m ² hari
7	Ph	-	-	6,5-7,2	6,5 - 7,2
8	Dosis koagulan :	300-4500			

	<ul style="list-style-type: none"> - Kapur (CaOH) (mg/L) - Tawas (Al₂SO₄) (mg/L) - Polimer kationik 1% 	<p>100-5000</p> <p>0,2 ml/L</p>			
--	---	---------------------------------	--	--	--

Tabel 2.9.
Kriteria Teknis Pengolahan Lindi (Alternatif 5)

No	Kriteria	Proses Pengolahan		
		Koagulasi-Flokulasi	Aerated Lagoon	Sedimentasi I/II
1	Fungsi	Pembentukan flok padatan	Removal BOD	Removal solid
2	Kedalaman (m)	-	1,8 - 6	3-5
3	Removal BOD %	-	80 - 95	-
4	Waktu Detensi(hari)	0,5 jam	3 - 10	1,5-3 jam
5	Organic Loading Rate (kg/m ³ hari)	-	0,32 - 0,64	0,5-5 kg/m ² jam
6	Hydraulic Loading Rate (m ³ /m ² hari)	-	-	8-16
7	pH	-	6,5-8,0	-
8	Bahan	Beton/ Baja	Pasangan batu	Pasangan batu
9	Dosis koagulan : <ul style="list-style-type: none"> - Kapur (CaOH) (mg/L) - Tawas (Al₂SO₄) (mg/L) - Polimer kationik 1% 	<p>300-4500</p> <p>100-5000</p> <p>0,2 ml/L <i>lindi</i></p>	-	-

c. Pengolahan Lindi Dengan Metode Kimia

Prinsip utama pengolahan lindi dengan metode kimia adalah :

- Transformasi polutan organik-anorganik terlarut- koloid dan tersuspensi menjadi flok - flok berdiameter cukup besar dan memiliki kecepatan pengendapan yang baik.
- Oksidasi polutan organik – anorganik menjadi senyawa – senyawa sederhana sehingga mudah untuk dipisahkan atau diproses lebih lanjut.

Prinsip utama proses transformasi metode kimia adalah melakukan proses pembesaran ukuran polutan baik organik maupun anorganik yang terlarut dan tersuspensi menjadi gumpalan polutan dengan ukuran yang lebih besar dengan menggunakan koagulan kimia, agar dapat dipisahkan dari air lindi dengan metode pengendapan dan penyaringan yang diikuti dengan penyerapan warna tersisa menggunakan karbon aktif. Proses konversi polutan menjadi bentuk yang mudah dipisahkan sering disebut sebagai proses Koagulasi dan Flokulasi. Koagulasi dan flokulasi adalah penambahan reagen kimia pembentuk flok pada air atau air limbah untuk menangkap atau bergabung dengan padatan koloidal yang tidak terendapkan dan padatan tersuspensi yang mengendap dengan sangat perlahan untuk membentuk flok yang dapat mengendap lebih cepat dimana :

- Koagulasi adalah proses penambahan dan pengadukan cepat dari suatu koagulan yang menghasilkan destabilisasi dari padatan koloidal dan padatan tersuspensi yang sangat halus dan pembentukan inti agregat dari partikel yang terdestabilisasi.

Jenis – jenis koagulan :

1. Aluminum sulfate (solid): $(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O)$
2. Aluminum sulfate (liquid): $(Al_2(SO_4)_3)$
3. Poly-aluminum chloride (PAC): $([Al_2(OH)_mCl_{6-m}]_n, m=2.4)$
4. Iron (II) sulfate: $(FeSO_4 \cdot 7H_2O)$
5. Iron (III) sulfate: $(Fe_2(SO_4)_3)$

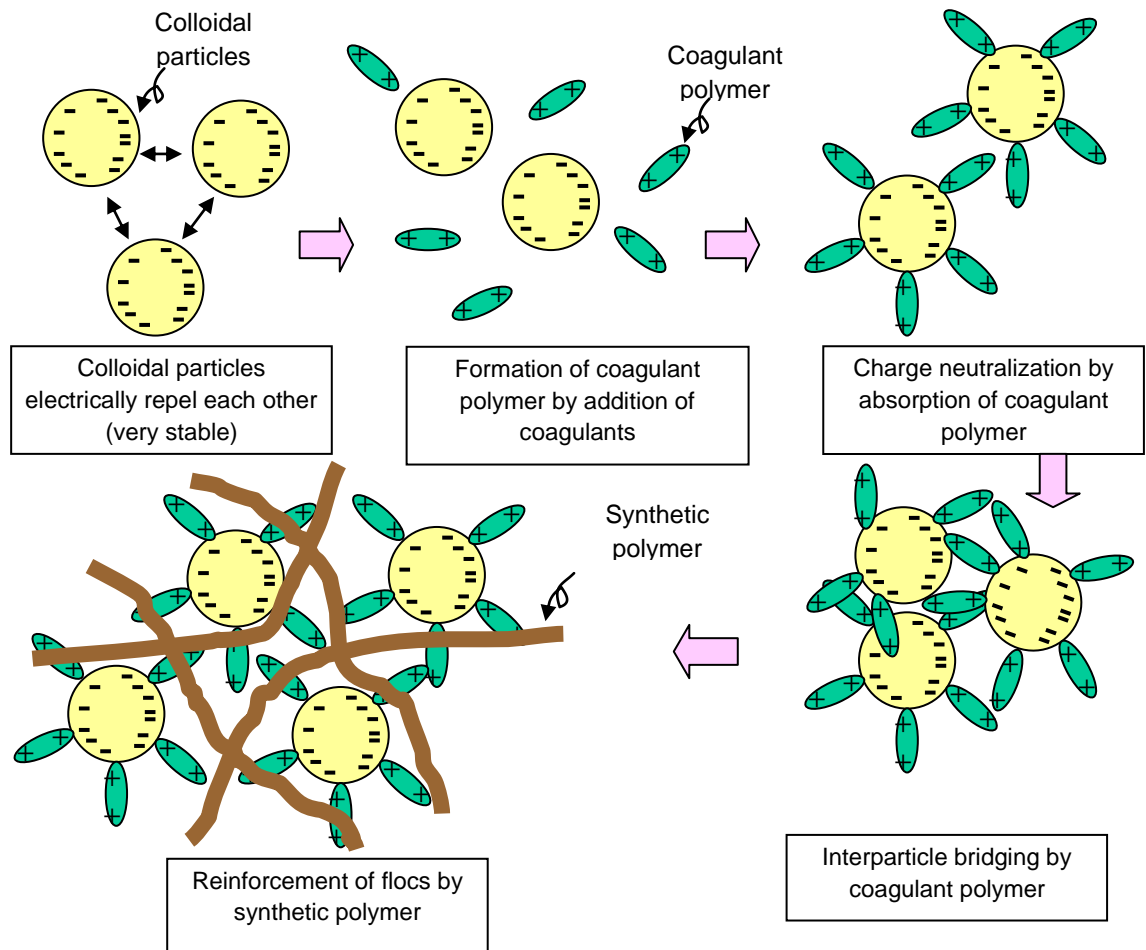
Jenis – jenis koagulan Aids (pembantu):

1. Calcium . $Ca(OH)_2$ or CaO
2. Sodium carbonate. Na_2CO_3
3. Sodium hydroxide. $NaOH$
4. Calcium carbonate. $CaCO_3$

- Flokulasi adalah pengadukan lambat untuk pembentukan agregat dari partikel yang terdestabilisasi dan membentuk flok yang memiliki kecepatan pengendapan yang tinggi.

- Proses Pengendapan berfungsi untuk memisahkan padatan atau flok yang terbentuk dari proses koagulasi – flokulasi secara gravitasi.
- Proses Penyaringan dengan media dari pasir kwarsa berfungsi untuk partikel - pertikel flok yang halus yang masih lolos setelah melewati proses pengendapan.
- Proses Penyerapan dengan media karbon aktif berfungsi menyerap senyawa organik yang tersisa yang masih menimbulkan warna pada air terolah.

Pada gambar berikut dapat dilihat Prinsip Koagulasi – Flokulasi.



Gambar 2.15
Prinsip Koagulasi – Flokulasi

d. Lahan Sanitasi

Lahan sanitasi ini memanfaatkan sifat-sifat tanah dalam mengadsorpsi substansi (termasuk sifat-sifat penukar ion), dikombinasikan dengan penyerapan logam berat oleh tanaman tertentu seperti rumput gajah dan sebagainya. Sebagai pengolah pelengkap, dan dirancang tidak hanya sebagai lahan sanitasi tetapi juga sebagai biofilter.

e. Resirkulasi Lindi

Penggunaan sistem resirkulasi ditujukan untuk mengurangi beban pengolahan dan menambah efisiensi kerja sistem pengolahan lindi tersebut. Pengertian resirkulasi adalah menyalurkan sebagian Lindi kembali ke timbunan sampah, misalnya melalui saluran ventilasi, gas bio (konsep trickling filter dan pengolahan anaerobik pada media tetap). Selama resirkulasi kelembaban naik dari 25-30 menjadi 65 - 70 %. Pada saat resirkulasi konstituen akan diolah oleh aktivitas biologi, serta melalui reaksi kimia, fisika yang terjadi pada landfill. Pada saat resirkulasi asam organik akan dirubah menjadi CH₄. Pembentukan metan yang meningkat itu sebaliknya menurunkan produksi CO₂. Dengan meningkatnya pH, maka logam berat akan terendapkan. Ada beberapa keuntungan yang bisa didapatkan dengan diterapkannya sistem resirkulasi ini. Keuntungan-keuntungan tersebut adalah :

- Mempercepat evaporasi.
- Mengolah lindi dalam media sampah / media kerikil pada ventilasi gas bio.
- Mempercepat stabilitas timbunan.
- Depot menurunkan beban organik sampai 90 %.
- Mengurangi bau dan lalat.
- Memperbanyak biogas yang terbentuk.

2.5.10 Drainase Air Lindi

Untuk mengumpulkan air sampah (lindi) yang timbul, maka diperlukan sistem pengumpul air lindi ini. Dengan sistem ini diharapkan sebagian besar lindi yang mengalir ke bawah dapat masuk ke saluran. Selanjutnya dialirkan ke

pengolahan lindi sebelum dibuang ke badan air terdekat. Pada dasarnya terdapat 2 (dua) kemungkinan kondisi lindi yang muncul, yakni :

1. timbulan lindi terjadi setelah penimbunan sampah selesai
2. timbulan lindi pada masa pengoperasian berlangsung

Secara teoritis, timbulan lindi dapat dihitung dengan pendekatan metode neraca air, yang dipengaruhi oleh faktor : curah hujan, penguapan, limpasan permukaan, dan kandungan air dalam tanah. Beberapa syarat pengaliran yang perlu diperhatikan adalah :

1. Secepat mungkin mengalir secara gravitasi
2. Secepat mungkin sampai ke pengolahan lindi
3. Kecepatan pengaliran berkisar antara 0.6 - 3.0 m/det
4. Kedalaman air dalam saluran harus memenuhi persyaratan aliran terbuka, yakni debit puncak pada d/D maksimum = 0.80 ; dimana d = tinggi air dalam saluran, dan D = diameter pipa
5. Pipa pengumpul lindi yang akan digunakan adalah Poly Vinyl Chloride (PVC)

2.5.11 Bangunan Pengolahan Lindi

Tujuan dari keberadaan bangunan pengolahan lindi adalah untuk mengolah lindi hingga tingkat yang aman bagi lingkungan (tanah dan air). Demi tujuan ini effluent dari bangunan pengolahan lindi harus memenuhi baku mutu yang ditetapkan (effluent standard). Jenis-jenis pengolahan yang dikriteriakan dalam mengolah lindi adalah :

1. Kolam Stabilisasi (Stabilization Pond)
 - Kedalaman 2.5 - 4.0 m

- Waktu detensi 12 - 33 hari
- Efisiensi pengolahan 60 - 80 %
- Asumsi konsentrasi BOD = 2000 - 2500 mg/l
- Asumsi konsentrasi COD = 3500 - 5000 mg/l

2. Lahan Sanitasi (Land Treatment)

- Kriteria 5000 m³/ha/tahun yang disesuaikan dengan permeabilitas tanah yang digunakan

2.5.12 Sistem Penanganan Gas TPA dan Pengelolaan Biogas

Pengelolaan biogas sering diabaikan dalam pengolahan sampah dengan metode landfill di TPA. Biogas merupakan produk reaksi biokimia dalam proses dekomposisi bahan organik (sampah) yang berlangsung dalam kondisi anaerob. Produk tersebut terutama adalah gas metan (CH₄) dan CO₂. Secara teoritis, potensi biogas adalah 25 ml gas metan per kg sampah (kering), yang dapat dimanfaatkan dengan kadar 40-70 % CH₄. Pengelolaan biogas pada lahan TPA memiliki 2 (dua) kemungkinan perlakuan, yakni :

1. Digunakan sebagai sumber bahan bakar
2. Dibakar

Komponen-komponen yang diperlukan dalam pengelolaan biogas adalah :

1. Pipa perforated horizontal yang berguna sebagai saluran pembawa gas
2. Kompresor sebagai penyedot biogas
3. Storage sebagai pengumpul/penyimpan gas

Sistem pengumpul biogas direncanakan dengan sistem "Progressive Well"

secara vertikal dengan kriteria :

1. Diameter casing adalah 400 mm
2. Diameter PVC perforated 100 mm
3. Radius pengaruh sumuran 25 - 40 m

Dekomposisi sampah, khususnya zat organik di kondisi anaerobik mengakibatkan produksi gas. Sebagian besar gas yang dihasilkan adalah metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) dan sisanya berupa hidrogen sulfida (H_2S). Strategi pengelolaan gas pada perencanaan sanitary landfill ini adalah pada usaha untuk melakukan pengamanan lingkungan. Beberapa masalah yang dapat ditimbulkan dengan produksi gas ini diantaranya :

- Gangguan terhadap tanaman sekitar lokasi. Hal ini disebabkan terdesaknya oksigen.
- Pada zone akar oleh produksi gas landfill. Masalah lainnya adalah peningkatan suhu
- Tanah, efek toxic pada fisiologi tanaman.
- Methane merupakan gas yang mudah terbakar dan merupakan salah satu penyebab timbulnya pemanasan global.
- Karbondioksida yang dihasilkan mengganggu saluran pernapasan dan dapat meningkatkan kesadahan.
- Masalah yang cukup mengganggu lainnya adalah timbulnya bau. Bau ini disebabkan produksi gas H_2S , mercaptane, dan gas organik.

Bentuk pengamanan terhadap gas yang timbul dari sanitary landfill ini adalah :

a. Pengamanan selama pengoperasian.

Bertujuan untuk melepaskan gas yang terperangkap di dalam timbunan ke udara lepas, yaitu dengan pengadaan :

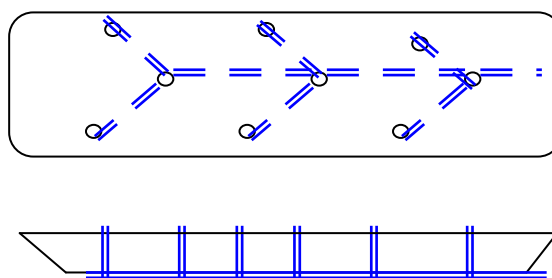
- Saluran ventilasi vertikal, atau saluran pada dinding-dinding bukit yang berbatasan langsung dengan udara.
- Saluran ventilasi horizontal atau saluran pada lapisan tanah penutup harian.

b. Pengamanan setelah pengoperasian (setelah mencapai bentuk bukit akhir).

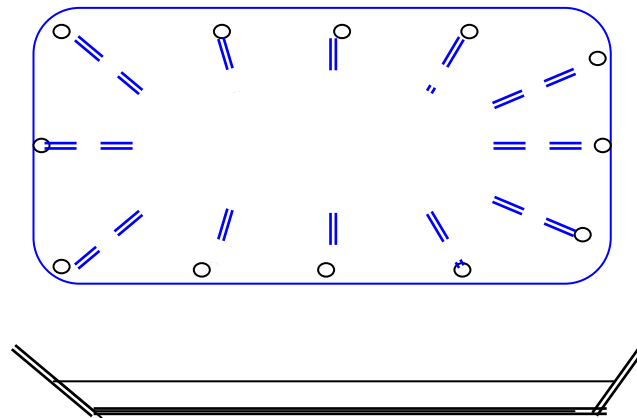
Merupakan saluran ventilasi akhir yang berupa sumuran, terbuat dari pipa PVC dan dipasang pada jarak-jarak tertentu. Pada ujung-ujung sumuran bila perlu dipasang burner atau pembakar.

c. Pengumpulan gas di TPA.

Pengumpulan gas di TPA dapat dibedakan atas pengumpulan secara individu dan terpusat. Keduanya menggunakan fasilitas berupa saluran berpori untuk menangkap dan menyalurkan gas keluar dari timbunan sampah. Bila saluran ini terpasang di tengah area TPA maka disebut dengan ventilasi gas area, sementara bila terletak pada dinding TPA maka disebut dengan ventilasi gas slope. Gambar berikut menunjukkan beberapa jenis fasilitas gas individual.

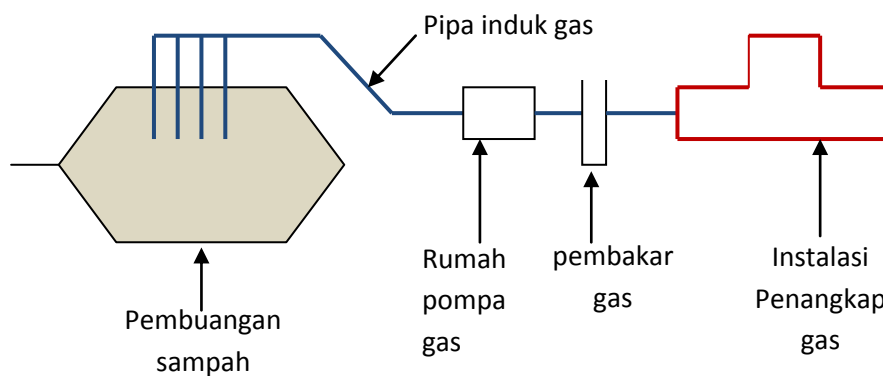


Gambar 2.16
Ventilasi Gas Area Individual

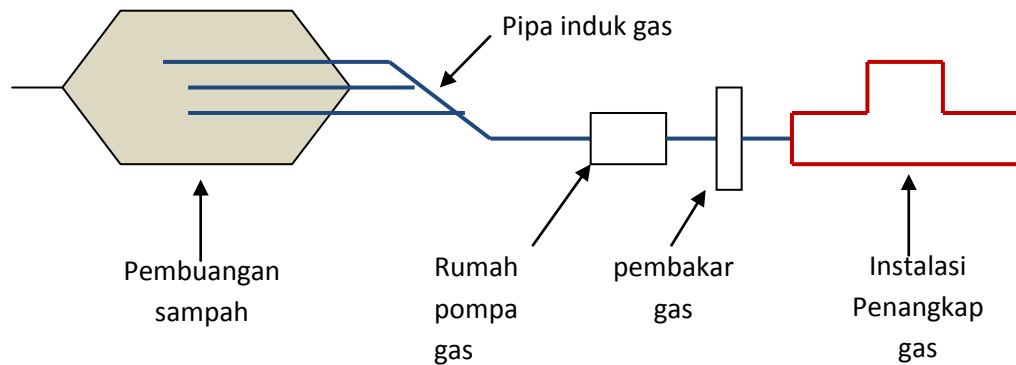


Gambar 2.17
Ventilasi Gas Slope Individual

Gas metan juga memiliki sifat yang mudah terbakar sehingga dengan pembuatan instalasi/alat pembakar yang sederhana maka gas metan dapat diubah dengan mudah sesuai reaksi : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Untuk lebih jelasnya diagram instalasi/alat pembakar gas yang sederhana dapat dilihat gambar berikut..



Gambar 2.18
Perpipaan Vertikal



Gambar 2.19
Perpipaan Horizontal

Gas metan termasuk dalam golongan jenis gas yang memiliki andil dalam proses pemanasan global akibat efek rumah kaca yang ditimbulkannya. Bahkan menurut penelitian para ahli, kemampuan gas metan dalam hal ini jauh lebih kuat dibanding gas karbondioksida. Karenanya potensi efek rumah kaca dari gas metan perlu diperkecil dengan mengubah gas metan tersebut menjadi gas karbon dioksida melalui proses pembakaran.

Untuk membuat alat pembakar (burner sederhana) diperlukan pipa logam berdiameter lebih kurang 150 mm yang dibuat meruncing pada bagian ujungnya agar memudahkan konsentrasi gas pada bagian ujung. Pelindung angin diperlukan untuk mencegah padamnya api akibat tiupan angin yang keras. Gas metan yang mudah terbakar dapat dikelola dan dimanfaatkan untuk beberapa keperluan seperti :

- Penerangan area TPA pada malam hari
- Memasak

- Energi untuk pembakaran sampah pada insinerator
- Bisnis (bahan bakar atau instalasi pembangkit listrik), terutama bila kapasitas produksinya cukup besar.

Pengelolaan biogas seringkali diabaikan dalam pengolahan sampah dengan metode landfill di TPA. Biogas merupakan produk reaksi biokimia dalam proses dekomposisi bahan organik (sampah) yang berlangsung dalam kondisi anaerob. Produk tersebut terutama adalah gas metan (CH_4) dan CO_2 . Secara teoritis, potensi biogas adalah 25 ml gas metan per kg sampah (kering), yang dapat dimanfaatkan dengan kadar 40-70 % CH_4 . Komponen-komponen yang diperlukan dalam pemanfaatan biogas adalah :

- Pipa perforated horizontal yang berguna sebagai saluran pembawa gas
- Kompresor sebagai penyedot biogas
- Storage sebagai pengumpul/penyimpan gas

Sistem pengumpul biogas dapat dilakukan dengan sistem "Progressive Well" secara vertikal dengan kriteria :

- Diameter casing adalah 400 mm
- Diameter PVC perforated 100 mm
- Radius pengaruh sumuran 25 - 40 m

Kriteria desain untuk perpipaan gas

Jarak antar pipa :

- Vertikal 25 m
- Horizontal 30 m

Dalam perancangan penyaluran gas ini digunakan persamaan Tabasaran, yaitu :

$$kdt = \frac{dCg}{(Cc - Cg)}$$

dimana :

C = karbon yang dikonversi menjadi gas

T = waktu

K = koefisien reaksi

Cc = total karbon dikonversi menjadi gas

$$Cc = Ct \cdot (0,014T + 0,28)$$

Dimana :

T = suhu (260C)

Ct = karbon dikonversi pada suhu T

1 kg karbon organik akan menghasilkan 1.868 m³ (kGc) gas. Gas ini terdiri atas gas methana (CH₄) dan gas CO₂.

$$Gc = kGc \times Cc$$

Gas yang dihasilkan :

$$Gt = 13,2 \cdot (10^{-kt})_x \text{ berat sampah yang masuk}$$

Guna mengalirkan gas yang terbentuk ke udara dibutuhkan suatu sistem ventilasi. Sistem ini dapat dilakukan dengan :

- Secara Aktif

Terdiri dari pipa berlubang dalam sumuran berisi kerikil atau pipa berlubang yang diletakkan secara horisontal dalam saluran berisi kerikil. Saluran atau

sumuran ini dihubungkan dengan pipa utama ke suatu exhaust blower yang menciptakan keadaan vakum. Pada sistem ini pergerakan gas lebih terkontrol tetapi lebih mahal. Lebih lazim digunakan pada sistem yang mendayagunakan methane.

- Secara Pasif

Sistem ini mengandalkan pada materi permeabel yang ditempatkan pada jalan aliran gas. Saluran atau sumuran yang permeabel bertindak sebagai daerah dengan tekanan lebih rendah sehingga akan terjadi aliran konveksi.

2.5.13 Perencanaan Sarana Penunjang

Selain keseluruhan elemen diatas, diperlukan pula sejumlah sarana penunjang pada lokasi TPA. Sarana penunjang perlu pula dirancang sedemikian rupa dengan baik sehingga memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis. Sarana-sarana tersebut adalah :

1. Bangunan Kantor dan perlengkapannya
2. Garasi bagi mobil dan alat-alat berat
3. Tempat parkir untuk antrian truk
4. Sumur pantau
5. Tempat cuci kendaraan
6. Pagar pengaman
7. Alat komunikasi
8. Tempat parkir
9. Jalur hijau penyangga (buffer zone)
10. Sumber air bersih

2.6 Konsep Penerapan Sistem Landfilling

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah merupakan terminal akhir dari proses pewadahan, pengumpulan, dan pengangkutan dimana diproses lebih lanjut untuk pemusnahannya. Beberapa metode landfilling yang dapat diterapkan di lokasi lahan urug adalah metode control landfill dan sanitary landfill.

Metode Controlled Landfill atau lahan urug terkendali merupakan perbaikan atau peningkatan dari sistem open dumping. Perbaikan atau peningkatan ini meliputi adanya kegiatan penutupan sampah dengan lapisan tanah, fasilitas drainase, fasilitas pengumpulan, dan pengolahan lindi. Penutupan sampah dengan tanah, yaitu : tanah penutup antara (pada periode-periode tertentu) serta tanah penutup akhir (setelah kapasitas TPA penuh).

Metode Sanitary Landfill dilakukan dengan cara menimbun sampah dan kemudian diratakan, dipadatkan kemudian diberi cover tanah pada atasnya sebagai lapisan penutup. Hal ini, dilakukan secara berlapis-lapis sesuai dengan perencanaannya. Pelapisan sampah dengan menggunakan tanah dilakukan setiap hari pada akhir operasi.

2.7 Studi Ekonomi Biaya

Studi Ekonomi Biaya dalam penelitian ini akan disesuaikan dengan kecukupan lahan yang telah tersedia, rencana perluasan, dan pengembangan sampai dengan tahun 2026, untuk mengetahui biaya pengembangan pembangunan TPA 10 tahun kedepan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$FV = PV (1 + i)^n$$

dimana :

FV = Future Value (nilai akan datang)

PV = Present Value (nilai sekarang)

i = Nilai inflansi dan Suku bunga rata-rata per tahun (%)

n = Tahun

2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.10.
Penelitian Terdahulu

Nama	Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Output
Ade Basyarat	2006	Kajian terhadap penetapan lokasi TpaSampah Leuwi nanggung–Kota Depok	Melakukan analisis kritister hadap criteria pemilihan lokasi TPA sampah berdasarkan SK SNI T-11-1991-03 untuk mengevaluasi kelayakan lokasi TPA sampah Leuwi nanggung.	Analisis kritister hadap kriteria pemilihan lokasi TPA sampahSK SNI	Harus ada penyesuaian terhadap parameter SK SNI 48,5% masyarakat beranggapan penetapan lokasi cukup tepat
				Metode analisis frekuensi	Lokasi layak untuk dipertimbangkan
Teguh kristiyanto	2007	Pengelolaan persampahan berkelanjutan berdasarkan peran serta masyarakat kota kebumen	Mencari dan menemu kenali bentuk pengelolaan persampahan secara berkelanjutan yang tepat ditinjau dari aspek peran Serta masyarakat kota kebumen	Analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif	Pengelolaan Persampahan Berkelanjutan Berbasis Masyarakat adalahtepat