

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Sampah

Berlandaskan pada Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 Pasal 1 Ayat 1, sampah didefinisikan selaku sisa-sisa padatan. Sampah ialah hasil dari pada proses alam serta/ataupun aktivitas/kegiatan manusia sehari-harinya. Berlandaskan Tata Cara Teknis Mengelola Sampah Perkotaan (SNI-19-2454-2002, 2002), sampah didefinisikan selaku sampah padat yang mencakup bahan-bahan organik serta anorganik yang sudah tak berguna lagi serta perlu dikelola guna mencegah kerusakan lingkungan serta mengamankan investasi pembangunan. Berlandaskan pada Tchobanoglous, Theisen, serta Vigil (1993, xvii), sampah ialah tiap bahan padat sisa yang asalnya dari aktivitas/kegiatan manusia ataupun hewan yang dibuang sebab tak lagi dibutuhkan.

*World Health Organization* (WHO) mendeskripsikan sampah selaku segala suatu yang dibuang ataupun tak dimanfaatkan, dinikmati, ataupun ialah hasil kegiatan manusia serta bukan suatu yang terjadi secara alami. Keputusan SNI tahun 1990 mendeskripsikan sampah selaku limbah padat yang terbagi atas bahan biologis serta anorganik serta dipandang tak produktif serta perlu ditangani guna menjaga investasi pembangunan (Dobiki, 2018).

Sampah ialah masalah yang tidak terdapatnya habisnya semakin hendak terus tercipta selama kehidupan masih ada. Sejalan dengan laju pertumbuhan dari populasi, kuantitas sampah yang dihasilkan juga hendak naik. Produksi sampah hendak naik sejalam dengan laju pertumbuhan dari populasi. Sampah kaca, sampah basah, serta sampah kering ialah tiga kategori yang bisa dibagi dijadikan jenis-jenis sampah. Singkatnya, sampah didefinisikan sebagai zat apa pun yang dibuang ataupun disia-siakan dari sumber daya alam ataupun manusia yang saat ini tidak memiliki nilai ekonomi. Rumah tangga, pertanian, tempat kerja, bisnis, rumah sakit, pasar, serta sebagainya semuanya menghasilkan sampah (Dobiki, 2018).

Menurut data Bank Dunia tahun 2018, Indonesia menghasilkan 85.000 ton sampah setiap harinya, serta diperkirakan dalam sepuluh tahun ke depan jumlah tersebut hendak meningkat hingga 76%. Jumlah tersebut terbagi atas 40% sampah padat yang asalnya dari rumah tangga, 20% di dalamnya asalnya dari pasar, kemudian 17% bagian asalnya dari jalan raya, 9% dari fasilitas umum, 8% dari kantor, serta 6% dari industri. Statistik tersebut menunjukkan bahwasannya sumber sampah terbesar ialah sampah yang asalnya dari rumah tangga. Sampah yang asalnya dari rumah tangga menghasilkan berbagai jenis sampah, mencakup sampah anorganik (semacam botol plastik, kantong, deterjen ataupun bungkus makanan yang tak terpakai, styrofoam, serta kaleng minuman) serta sampah organik (semacam sisa makanan serta sampah halaman) (Humairo et al., 2022).

## **2.2 Dampak pencemaran akibat sampah**

Sampah memiliki konsekuensi langsung serta tidak langsung, semacam menyebabkan penyakit, meningkatkan efek gas rumah kaca, serta mencemari udara, air, serta tanah. Mengelola sampah yang tidak memadai bisa menyebabkan enam kali lebih banyak infeksi saluran pernapasan akut serta dua kali lebih banyak episode penyakit diare yang tidak biasa. Masalah yang kerap timbul dalam mengelola sampah ialah tingginya biaya operasional pengolahan ataupun makin sulitnya menemukan lokasi yang tepat guna menampung sampah (Malina et al., 2017). Sampah dalam jumlah besar tak boleh ditampung dalam satu area ataupun ruangan semakin bisa memperburuk keadaan lingkungan semakin penguraian serta penumpukan sampah hendak melepaskan gas metana (CH<sub>4</sub>) yang sangat memiliki resiko bahaya bagi kesehatan manusia (Intan, 2018). Penumpukan sampah bisa menimbulkan berbagai macam penyakit, mencakup kolera, tifus, demam berdarah, kuman, serta jamur. Semakin sampah anorganik sulit diurai, dampak negatifnya meliputi bau serta gangguan penglihatan. Selain itu, pembakaran sampah anorganik bisa menurunkan kualitas udara (Zuriyani et al., 2020). Selain sampah organik serta anorganik, terdapatnya kategori sampah lain yang sama-sama memiliki resiko bahaya, semacam sampah

bahan memiliki resiko bahaya serta diduga mengandung racun, ataupun sampah B3.

Berlandaskan Direktorat Pembinaan PLP (2011: Bab 4 hal.1-2), terdapatnya berbagai hambatan dalam mengelola kebersihan, semacam kurangnya prasarana serta sarana, sumber daya manusia, regulasi, serta pendanaan yang memadai, sehingga mengakibatkan pelayanan kurang maksimal, tak memenuhi persyaratan teknis, serta memperparah pencemaran lingkungan. Berbagai potensi yang bisa menimbulkan dampak yang berbeda-beda di tengah lain:

### **1. Perkembangan vektor penyakit**

Sebab terdapatnya sampah makanan di sekitar, tempat sampah serta wadah ialah habitat yang sempurna bagi serangga pembawa penyakit, khususnya lalat serta tikus. Sebab seringnya tempat pembuangan sampah yang tak mematuhi peraturan, vektor penyakit berkembang biak di wilayah tempat pembuangan sampah. Gangguan yang diakibatkan oleh lalat kerap kali berada 1-2 km dari lokasi pembuangan.

Sampah bisa dijadikan tempat berkembang biaknya vektor serta tempat berkembang biaknya berbagai penyakit, mencakup tikus, nyamuk, serta kecoak, yang ialah dampak tidak langsung dari sampah. Ban bekas, gelas plastik, kaleng, serta barang-barang lain yang bisa menahan air bisa dijadikan tempat berkembang biaknya nyamuk *Aedes aegypti*. Hal ini meningkatkan kemungkinan penyebaran penyakit demam berdarah. Satu diantara penyakit yang ditularkan melalui vektor yang masih menyerang Indonesia ialah demam berdarah. Infeksi zoonosis mencakup 60% dari kasus penyakit menular. Sampah yang berserakan bisa mengundang tikus, sehingga meningkatkan risiko penyakit leptospirosis, yaitu penyakit yang disebabkan oleh urin tikus yang mengandung bakteri *Leptospira*. Pembakaran ialah metode pembuangan sampah yang paling umum di masyarakat. Pengumpulan sampah di Tempat Pembuangan Sampah Sementara (TPS/TPA) ataupun Tempat Pembuangan Sampah Terpadu/Akhir (TPA) ialah cara mengelola sampah berskala besar (Humairo et al., 2022).

## **2. Pencemaran udara**

Bau yang tak sedap mungkin asalnya dari tumpukan sampah terbuka yang tak segera diangkut. Selain itu, bau juga tersebar selama perjalanan oleh fasilitas pengiriman sampah yang tak dijaga. Lebih jauh lagi, penguraian sampah yang berkelanjutan di tempat pembuangan akhir hendak melepaskan gas semacam CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, serta lainnya yang hendak dengan cara langsung mencemari udara serta meningkatkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada pemanasan global.

## **3. Pencemaran air**

Produksi *leachate* dari infrastruktur serta fasilitas pengumpulan terbuka sangat menjanjikan, terutama selama periode hujan. Polusi hendak terjadi akibat aliran *leachate* yang masuk ke tanah ataupun kanal di dekatnya.

## **4. Pencemaran tanah**

Akibat penumpukan sampah organik yang mungkin mengandung unsur limbah memiliki resiko bahaya, pembuangan sampah yang tak tepat hendak mencemari tanah di sekitarnya.

## **5. Gangguan estetika**

Estetika lingkungan kisan bisa terganggu jikalau terdapatnya sampah yang berserakan di lahan, yang hendak memberikan kesan yang salah terhadap pemandangan. Selain itu, sampah yang berserakan di seluruh tempat pembuangan sampah merusak pemandangan.

## **6. Kemacetan lalu lintas**

Arus lalu lintas bisa terhambat oleh penempatan infrastruktur serta fasilitas pengumpulan sampah di dekat sumber sampah, semacam pasar, tempat penjualan eceran, serta operasi bongkar muat sampah. Kemacetan kerap terjadi di tempat pembuangan sampah dengan volume kedatangan truk yang relatif besar, terutama pada jam sibuk jikalau tempat pembuangan sampah terletak di dekat jalan umum.

## **7. Gangguan kebisingan**

Aktivitas/kegiatan di tempat pembuangan sampah, semacam truk sampah yang datang serta pergi, serta berfungsinya mesin di sana, menghasilkan kebisingan.

## 8. Dampak Sosial

Sebab dampak yang disebutkan di atas, hampir semua orang mengalami kegelisahan ketika tempat pembuangan sampah dibangun di dekat rumah mereka.

### 2.3 Sumber sampah

Berlandaskan (Damanhuri, 2010), terdapatnya dua jenis sumber sampah yakni:

1. Sampah yang asalnya dari rumah tangga, tak mencakup tinja serta sampah khusus, ialah sampah yang asalnya dari aktivitas/kegiatan rumah-hari.
2. Sampah yang asalnya dari rumah tangga yang asalnya dari lokasi usaha komersial, industri, khusus, umum, serta/ataupun lokasi usaha lainnya disebut sampah sejenis sampah yang asalnya dari rumah tangga. Sampah yang asalnya dari rumah tangga yang asalnya dari lokasi usaha umum, sosial, serta/ataupun lokasi usaha tambahan disebut sampah yang asalnya dari rumah tangga.

Menurut (Damanhuri, 2010) dalam Diktat Kuliah TL-3104 sumber sampah dibagi ke dalam dua kelompok besar, yakni :

1. Sampah yang asalnya dari rumah tangga ataupun sampah dari pemukiman
2. Sampah nonpemukiman, semacam sampah dari pasar, kawasan bisnis, serta sebagainya, yang menyerupai sampah yang asalnya dari rumah tangga.

Sampah yang asalnya dari rumah tangga ialah istilah yang dipakai guna menggambarkan kedua jenis sampah tersebut. Di sisi lain, sampah ataupun limbah dari aktivitas/kegiatan industri dianggap selaku sampah nondomestik. Dalam bahasa Inggris, sampah yang asalnya dari rumah tangga berikut disebut selaku sampah kota (*municipal solid waste/MSW*) jikalau asalnya dari lingkungan perkotaan.

Berlandaskan hal tersebut, Indonesia mengelola sampah perkotaan dengan memisahkan sumbernya berlandaskan pemukiman, pasar, kantor serta aktivitas/kegiatan komersial, hotel serta restoran, aktivitas/kegiatan kelembagaan, pembersihan jalan, serta taman.

## 2.4 Timbulan sampah

Timbulan sampah, sebagaimana didefinisikan dalam SNI 19-2454-2002, ialah jumlah sampah yang diperoleh oleh masyarakat tiap hari, dinyatakan dalam satuan berat per kapita, serta perluasan bangunan ataupun perluasan jalan. Berat serta volume bisa dipakai guna menghitung jumlah sampah yang diperoleh. Ton serta kilogram (kg) ialah satuan yang dipakai berlandaskan berat. Satuan yang dipakai ialah liter serta m<sup>3</sup>, yang didasarkan pada volume. Baik jumlah sampah yang diperoleh ataupun komponen sumber sampah dipakai guna menentukan jumlah timbulan sampah. Tabel 2.1 serta 2.2 menampilkan jumlah sampah yang diperoleh.

**Tabel 2. 1** Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota

No.	Klasifikasi Kota	Jumlah Jiwa	Timbulan sampah (l/o/h)	Timbulan sampah (kg/o/h)
1	Sedang	100.000 – 500.000	2,75 – 3,25	0,70 – 0,80
2	Kecil	< 100.000	2,5 – 2,75	0,625 – 0,70

Sumber: (SNI 19-3983-1995 Timbulan Sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota)

**Tabel 2. 2** Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Komponen-Komponen Sumber Timbulan

No.	Komponen Sumber Sampah	Satuan	Volume (liter)	Berat (kg)
1	Rumah Permanen	/orang/h	2,25 – 2,5	0,350 – 0,400
2	Rumah Semi Permanen	/orang/h	2,00 – 2,25	0,300 – 0,350
3	Rumah non permanen	/orang/h	1,75 – 2,00	0,250 – 0,300
4	Kantor	/pegawai/hari	0,50 – 0,75	0,025 – 0,100
5	Toko/Ruko	/petugas/hari	2,50 – 3,00	0,150 – 0,350
6	Sekolah	/murid/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,020
7	Jalan arteri sekunder	/m/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,100
8	Jalan kolektor sekunder	/m/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,050
9	Jalan lokal	/m/hari	0,05 – 0,1	0,005 – 0,025
10	Pasar	/m <sup>2</sup> /hari	0,20 – 0,60	0,1 – 0,3

Sumber : (Dep. PU,LPMB, 1993)

Berlandaskan Standar Nasional Indonesia 19-3964-1994 mengenai Spesifikasi Timbulan Sampah Bagi Kota Kecil serta Kota Menengah, penyebab timbulan sampah ialah semacam dibawah ini ;

#### 1. Perumahan

Sumber sampah perumahan ialah perumahan permanen berpendapatan tinggi, perumahan semi permanen berpendapatan menengah, serta perumahan nonpermanen berpendapatan rendah.

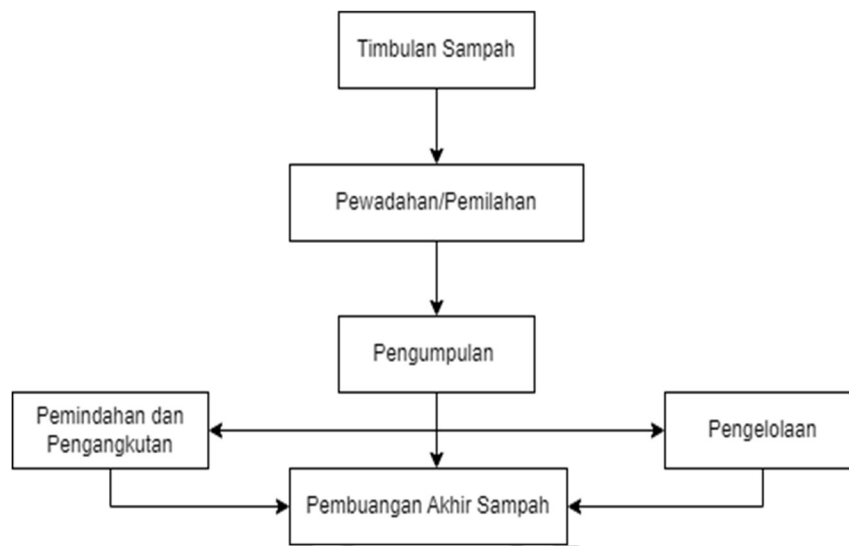
#### 2. Non perumahan

Pertokoan, ataupun rumah toko, kantor, sekolah, jalan raya, pasar, rumah ibadah, tempat makan, fasilitas penginapan, fasilitas medis, pabrik, serta lembaga publik lainnya ialah penghasil sampah nonperumahan.

### **2.5 Prosedur Mengelola Sampah**

Berlandaskan Damanhuri, 2004, prosedur mengelola sampah mencakup berbagai tahapan, di tengah lain penyimpanan, mengumpulkan, mengangkut, mengolah serta pembuangan akhir ke tempat pembuangan akhir TPA.

1. Satu diantara metode guna menyimpan sampah sementara di sumbernya ialah penyimpanan sampah.
2. Pengumpulan sampah ialah tindakan mengelola sampah dengan mengumpulkannya dari tiap sumber serta mengirimkannya langsung ke lokasi pembuangan akhir ataupun lewat tempat pembuangan sementara tanpa memerlukan prosedur pemindahan.
3. Pemindahan sampah yang terkumpul ke dalam kendaraan pengangkut guna diangkut ke lokasi pembuangan akhir dikenal selaku pemindahan sampah.
4. Pengangkutan sampah dari tempat pemindahan ataupun langsung dari sumber sampah ke tempat pembuangan akhir dikenal selaku pengangkutan sampah.
5. Pengolahan sampah ialah proses pengurangan jumlah sampah ataupun mengubah bentuknya agar lebih bernilai. Proses berikut mencakup pengolahan lindi, pemanfaatan gas metana, pengomposan, pemadatan, penghancuran, pengeringan, serta daur ulang. Gambar tersebut memperlihatkan Skema Rekayasa Operasional Mengelola Sampah



**Gambar 2. 1** Skema Teknis Operasional Pengelolaan Persampahan

(Sumber : SNI 19-2454-2002).

## 2.6 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah

Proses Akhir ialah serangkaian prosedur mengelola sampah yang kerap ditemukan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) ataupun TPA, berlandaskan Dananhuri (2010). Pengolahan akhir sampah di TPA kerap kali dilaksanakan dengan cara penimbunan ataupun penimbunan, serta sebagian besar dilaksanakan di Indonesia dengan cara pembuangan terbuka, yang mengakibatkan masalah lingkungan semacam asap, bau, serta pencemaran air tanah. Kapasitas teknologi penimbunan tradisional yang terbatas guna mengurangi volume sampah memerlukan lahan yang cukup luas.

Sebagian besar TPA di Indonesia ialah tempat pembuangan sampah terbuka (open dumping site), yang berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan, berlandaskan statistik SLHI tahun 2007 mengenai kondisi TPA di Indonesia (PLP, 2011). Berlandaskan statistik, hanya 9% TPA yang memakai prosedur pembuangan sampah terbuka, sedangkan 90% memakai prosedur pembuangan sampah terbuka dengan *controlled landfill* serta *sanitary landfill*.

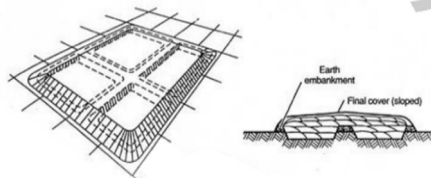
## 2.7 Metode Lahan Urug (*Sanitary Landfill*)

Tempat pembuangan sampah sementara (TPA) ialah metode pembuangan sampah di lingkungan yang sudah dipersiapkan serta dijalankan dengan cara metodis, dengan penutupan sampah harian, pendistribusian sampah, serta pemadatan di area pembuangan (Damanhuri, 2010).

Berlandaskan Chena dkk. (2003), TPA ialah teknik yang meminimalkan serta mengendalikan kontaminasi TPA dengan mempunyai prosedur pengumpulan gas serta instalasi mengelola lindi. Lebih jauh, berlandaskan Tchobanoglous (1993), *Sanitary landfill* ialah metode pembuangan sampah yang sehat yang dikubur di daerah rendah ataupun parit yang sudah digali guna menampung sampah. Puing-puing tersebut selanjutnya ditutup dengan tanah, lapis demi lapis, sehingga tak terpapar oleh unsur-unsur alam. Dengan demikian, sejumlah faktor perlu diperhitungkan saat mengoperasikan *Sanitary landfill*, mencakup mengelola gas, pengolahan lindi, serta tanah penutup, yang berfungsi guna menghentikan vektor penyakit agar tak hidup. Sejalan dengan Damanhuri (2008), proses pembuangan sampah ke dalam tanah dengan memakai TPA Sanitary Landfill ialah dengan melaksanakan penyebaran sampah lapis demi lapis pada lahan yang sudah disiapkan, memadatkannya dengan alat berat, serta menutup timbunan sampah dengan tanah lapisan atas pada akhir hari kerja. Berlandaskan tempat pembuangan sampah di TPA Sanitary Landfill, TPA bisa diklasifikasikan dijadikan:

(A) Trench Method

Satu diantara teknik guna membuang tanah dengan cara perlahan ialah metode parit. Teknik parit, yang diperlihatkan pada Gambar 2.2 di bawah, melibatkan pengupasan guna membuat parit tempat pembuangan sampah. Teknik berikut diterapkan di wilayah dengan muka air tanah yang tinggi. guna membatasi aliran *leachate* serta gas terkait, area tersebut digali serta dilapisi dengan material, yang kerap kali terbagi atas tanah liat dengan permeabilitas rendah, membran sintetis, ataupun campuran keduanya.

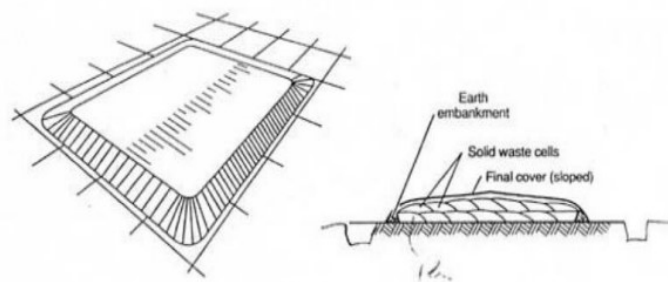


**Gambar 2. 2** Trench Method

(sumber: (Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2011))

### (B) Area Method

Sampah bisa ditumpuk di lahan memakai pendekatan area. Sampah ditumpuk di lahan di lokasi datar dengan muka air tanah yang tinggi. Gambar 2.3 berikut menggambarkan teknik berikut, yang disebut selaku pendekatan area. Sampah disebarakan memanjang di tanah, serta tiap lapisan dihancurkan serta ditutup dengan lapisan bahan penutup setebal 15–30 cm selama proses penimbunan, yang biasanya memakan waktu satu hari. Jumlah sampah yang diperoleh serta luas lahan yang tersedia menentukan area distribusi.

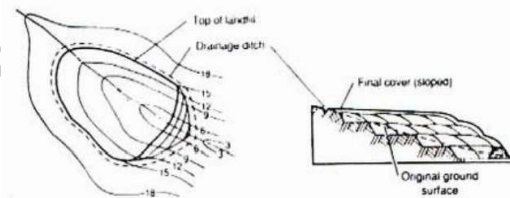


**Gambar 2. 3 Area Method**

(sumber: Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2011)

### (C) Depression Method

Teknik berikut memanfaatkan tebing, jurang, lembah, serta galian lama. Sampah selanjutnya ditumpuk di ruang kosong. Gambar 2.4 berikut mengilustrasikan teknik berikut, yang disebut selaku pendekatan depresi.



**Gambar 2. 4 Depression Method**

(sumber: Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2011)

## 2.8 Tahapan perencanaan sanitary landfill

### 2.8.1 Proyeksi Jumlah Penduduk/ warga

Sebagaimana yang dinyatakan oleh Direktorat Pengembangan Kesehatan Lingkungan Permukiman serta Direktorat Jenderal Cipta Karya (2011: 11–12). Rasio laju pertumbuhan penduduk/warga di tahun-tahun sebelumnya dipakai guna memperkirakan jumlah penduduk.

Dalam penelitian berikut, jumlah penduduk/warga diprediksi selama kurun waktu sepuluh tahun, serta terdapatnya tiga alat yang tersedia guna tujuan ini:

#### a. Metode Aritmatika

Pendekatan berikut bekerja dengan baik di tempat-tempat dengan pertumbuhan populasi yang cukup stabil. Metode berikut bisa dipakai guna menghitung pertambahan populasi di tahun-tahun mendatang :

$$P_n = P_o + r.n \dots\dots\dots (2.3)$$

$P_n$  = total penduduk/warga di tahun ke-n,

$P_o$  = total penduduk/warga di tahun dasar,

$r$  = rerata pertambahan penduduk/warga pertahun,

$n$  = periode waktu proyeksi,

#### b. Metode Geometri

Pendekatan berikut didasarkan pada gagasan bahwasannya peningkatan populasi hendak berlipat ganda dengan cara alami. Penurunan laju pertumbuhan populasi tak diperhitungkan dalam teknik berikut.

Persamaan yang diterapkan:

$$P_n = P_o (1+r)^n \dots\dots\dots (2.4)$$

$P_n$  = total penduduk/warga di tahun ke-n,

$P_o$  = total penduduk/warga di tahun dasar,

$r$  = rerata pertambahan penduduk/warga pertahun,

$n$  = periode waktu proyeksi,

#### c. Metode least square

Dengan asumsi bahwasannya  $x$  ialah jumlah data di tahun ke-n serta  $y$  ialah jumlah populasi di tahun ke-n. Berlandaskan pendekatan berikut, garis regresi yang diperoleh hendak memperlihatkan varians nilai data guna populasi

sebelumnya serta ciri-ciri perkembangan populasi di masa lampau serta masa yang hendak datang. Persamaan yang diterapkan:

$$P_n = a + b \cdot x \dots\dots\dots (2.5)$$

$P_n$  = Total penduduk/warga di tahun ke-n,

$x$  = tambahan tahun terhitung dari tahun dasar

$a/b$  = bisa dilakukan penghitungan dengan memakai persamaan berikut :

$$a = \frac{\sum p \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum p}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum x \cdot p - \sum x \cdot \sum p}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Menemukan nilai korelasi ( $r$ ) guna tiap pendekatan ialah langkah pertama dalam mengidentifikasi teknik proyeksi populasi. Pendekatan tersebut hendak diterapkan jikalau nilai korelasi mendekati 1 sudah ditemukan. Rumus nilai korelasi ( $r$ ) ialah semacam dibawah ini:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum Y)(\sum X)}{\sqrt{\{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2\}\{n(\sum X^2) - (\sum X)^2\}}} \dots\dots\dots (2.8)$$

### 2.8.2 Analisa Data Timbulan Sampah

Suatu teknik guna mengukur ataupun memperkirakan produksi sampah. Dengan mengukur unit produksi sampah selama delapan hari berturut-turut dari berbagai sampel (baik rumah tangga ataupun non-rumah tangga) yang dipilih dengan cara acak-proporsional. Mengenai pengumpulan serta pengukuran sampel produksi serta komposisi sampah perkotaan, pendekatan berikut mematuhi SNI 19-3964-1994. Kuantitas strata berikut dipilih dengan cara acak guna melaksanakan pengambilan sampel produksi sampah:

1. Jumlah contoh jiwa serta kepala keluarga (KK) yang dilakukan penghitungan berlandaskan rumus berikut.

$$S = Cd \sqrt{Ps} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

$S$  = Total contoh (jiwa)

$Cd$  = Koefisien Perumahan

Cd = 1 (Kota besar / metropolitan, Penduduk  $\geq$  500.000 Jiwa)  
0,5 (Kota sedang / kecil / IKK , Penduduk  $\leq$  500.000 Jiwa)

Ps = Populasi (jiwa)

$$K = S N \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

K = Total contoh (KK)

N = Total jiwa per keluarga = 5

2. Jumlah contoh timbulan sampah dari perumahan adalah sebagai berikut:

(1) contoh dari perumahan permanen =  $(S1 \times K)$  keluarga

(2) contoh dari perumahan semi permanen =  $(S2 \times K)$  keluarga

(3) contoh dari perumahan non permanen =  $(S3 \times K)$  keluarga

Dimana:

S1 = Proporsi jumlah KK perumahan permanen dalam (25%)

S2 = Proporsi jumlah KK perumahan semi permanen dalam (30%)

S3 = Proporsi jumlah KK perumahan non permanen dalam (45%)

S = Jumlah contoh jiwa

N = Jumlah jiwa per keluarga

K =  $S/N$  = jumlah KK

Jumlah penduduk/warga serta laju produksi sampah per orang per hari berpengaruh terhadap jumlah sampah yang diperoleh. Oleh sebab itu, perlu dilaksanakan estimasi jumlah penduduk/warga yang dilayani sampai akhir periode perancangan guna bisa memperkirakan volume sampah yang diperoleh sampai saat itu.

### 2.8.3 Persiapan Lahan

Persiapan lahan untuk penimbunan. Berlandaskan (George Tchobanoglous, 1993)381), lokasi landfill / TPA harus memenuhi syarat-syarat berikut, ditengah lain:

1. Ketersedian lahan.

Meskipun waktu perencanaan minimum ialah 10 tahun, diproyeksikan bahwasannya area tersebut bisa dipakai guna pembuangan setidaknya selama lima tahun. sampai 10 tahun dari

periode desain wajib bisa dilayani oleh lahan tersebut. Persyaratan perencanaan pembuangan limbah akhir metode TPA saniter memberi pernyataan bahwasannya luas lahan serta kapasitas TPA wajib direncanakan.

(1). Berlandaskan tinjauan TPA serta kemampuan lokasi, pembuangan limbah wajib memungkinkan setidaknya selama lima tahun. Berikut berikut ialah perkiraan awal kebutuhan tahunan guna lahan TPA:

$$L = \frac{V \times 300}{T} \times 0,70 \times 1,15 \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana,

L = luas lahan yang d setiap tahun (m<sup>3</sup>)

V = Volume sampah yang telah dipadatkan (m<sup>3</sup>/hari)

V = A x E, dimana

A = volume sampah yang akan dibuang

E = tingkat pemadatan (kg/m<sup>3</sup>) rata-rata 700 kg/m<sup>3</sup>

T = Ketinggian timbunan yang direncanakan (m) 15 % rasio tanah penutup

(2). Kebutuhan luas lahan ialah

$$H = L \times I \times J \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

H = Luas total lahan (m<sup>3</sup>)

L = Luas lahan setahun

I = umur lahan (tahun)

J = ratio luas lahan total dengan luas lahan efektif 1,2

2. Topografi serta kondisi tanah.

Untuk menyediakan material selaku penutup harian serta penutup akhir, diperlukan informasi mengenai sifat-sifat tanah di sekitarnya.

3. Kondisi iklim.

Informasi berikut diperlukan guna memastikan jumlah curah hujan, kapasitas evapotranspirasi, serta intensitas sinar matahari yang memengaruhi fungsi *Sanitary landfill*.

4. Kondisi geohidrologi.

Komposisi struktur batuan di lokasi pembuangan, khususnya permeabilitas tanah, wajib dipastikan memakai data berikut.

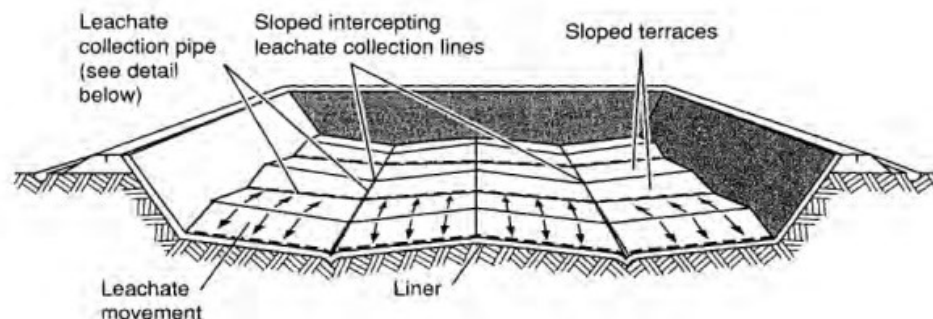
5. Studi air.

Perhitungan prosedur drainase, karakteristik limpasan, serta kemungkinan banjir memerlukan data berikut. Karakteristik air tanah di kisaran lokasi pembuangan juga bisa dipastikan, mencakup kedalaman, kualitas, serta arah alirannya.

6. Strategi pemakaian akhir.

Sebab hal berikut memengaruhi desain serta rencana operasi selanjutnya, rencana pemakaian akhir wajib diperhitungkan sebelum tata letak serta desain *Sanitary landfill* dimulai.

Perataan serta pembuatan lereng lahan, pembangunan tanah, pembangunan lapisan pondasi, serta pembangunan pipa pengumpul *leachate* semuanya dilaksanakan selama tahap persiapan lahan. Agar *leachate* tetap mengalir, lapisan ditempatkan di dasar TPA. Fasilitas guna ekstraksi serta pengumpulan *leachate* ditempatkan di atas ataupun di atas lapisan. Lapisan kerap ditempatkan di dinding TPA. Lihat Gambar 2.5 guna informasi lebih lanjut. (Tchobanoglous serta Kreith, 2002 : 14.39-14.41)



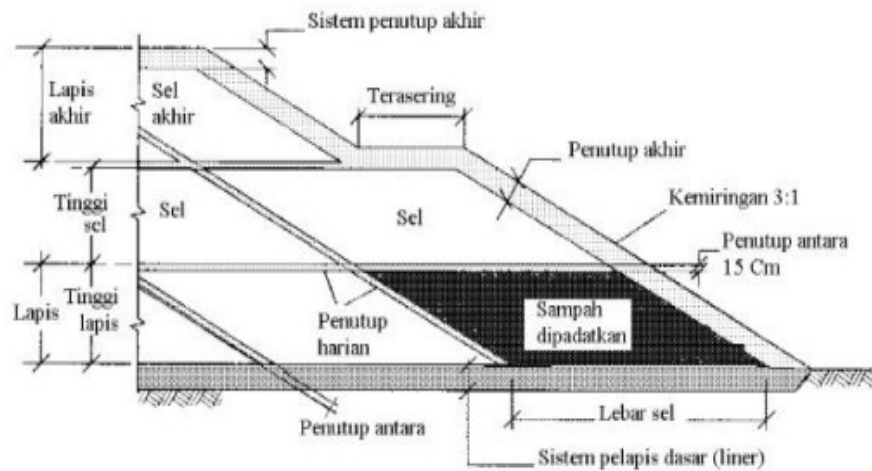
**Gambar 2. 5** Tahap Awal Persiapan Landfiil

(Sumber: Tchobanoglous dan Kreith, 2002: 14.39-14.41)

## 2.8.4 Desain Fase serta Sel

Berlandaskan Tchobanoglous, Theisen serta Vigil (1993:368), sel harian ialah tumpukan sampah padat yang tercipta dalam 1 hari serta mempunyai lapisan penutup harian selaras dengan syarat yang ditetapkan. Volume sel harian diberikan pengaruh dari:

- Letak sel dalam satu lapisan dari deretan sel (lift).
- Besarnya beban sampah harian.
- Kepadatan sampah yang bisa diraih.
- Sesudah persiapan berakhir, tahap berikutnya ialah menaruh sampah di TPA. Sampah ditaruh di tiap sel TPA, selanjutnya dilakukan petutupan dengan tanah serta dibuat padat di akhir operasinya. Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Pengembangan Kesehatan Lingkungan Permukiman (2011:63). Langkah pengisian sampah serta penutupannya tiap hari bisa diamati di Gambar 2.6.
- Perataan dilaksanakan lapis demi lapis hingga meraih ketebalan kisaran 1,50 cm.
- Proses memadatkan dilaksanakan melalui cara menggelingkan puing sebanyak empat ataupun enam kali.
- Lapisan tanah atas wajib sedalam minimal 15 cm tiap harinya.
- Pemadatan serta perataan sampah dilaksanakan sampai meraih ketebalan yang diinginkan.



**Gambar 2. 6** Pengisian sampah dalam landfill

(Sumber: Tchobanoglous dan Kreith, 2002)

### 2.8.5 Pembentukan lapisan dasar TPA

Berikut berikut ialah tata cara penyelenggaraan pembangunan lapis pondasi TPA (line) berlandaskan Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Bina Penyehatan Lingkungan Permukiman (2011: Bab 4, hal. 45):

1. Untuk mencegah rembesan *leachate* ke dalam tanah serta mencemari air tanah, lapisan pondasi TPA wajib kedap air. Lapisan dasar TPA wajib mempunyai koefisien permeabilitas kurang dari  $10^{-7}$  cm/detik.
2. Bergantung pada tanahnya, lapisan dasar kedap air bisa diraih dengan menutupi pondasi TPA dengan anyaman bambu, geomembran dengan ketebalan 1,5–2 mm, ataupun tanah liat padat dalam lapisan minimal dua lapis, masing-masing dengan ketebalan minimal 250 mm.
3. Dasar TPA wajib mempunyai saluran pipa pengumpul *leachate* serta kemiringan minimal 2% ke arah reservoir ataupun saluran pengumpul lindi.
4. Saluran pengumpul *leachate* diintegrasikan dengan media karpet kerikil yang mempunyai ketebalan minimal 30 cm serta diameter 30-50 mm. Media kerikil mempunyai ketebalan minimal 20 cm serta mengelilingi pipa HDPE berlubang 8 mm, yang mempunyai diameter minimal 300 mm. Jarak antar lubang tusukan ialah lima sentimeter.

### **Tanah Penutup**

Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Kawasan Permukiman, Direktorat Jenderal Cipta Karya (2011: Bab 4, hlm. 67-68) memberi pernyataan bahwasannya metode penutupan akhir tempat pembuangan akhir sampah (sanitary landfill) terbagi atas berbagai lapisan, yakni dari bawah ke atas:

- Lapisan penutup biasa (harian ataupun menengah) di atas tumpukan sampah. Lapisan penutup setebal 30 cm dengan pemadatan diperlukan jikalau sel harian tak hendak dipertahankan selama lebih dari sebulan.
- Lapisan kerikil setebal 20 cm dengan diameter 30–50 mm berfungsi selaku perangkat gas horizontal yang dipasang pada pipa perangkat gas vertikal.
- Lapisan tanah liat setebal 20 cm dengan permeabilitas maksimum  $1 \times 10^{-7}$  cm/detik.
- Media kerikil dengan diameter 30 sampai 50 mm serta tebal 20 cm membentuk lapisan kerikil bawah drainase, yang mengarah ke prosedur drainase serta menampung air infiltrasi.
- Jikalau perlu, lapisan geotekstil bisa dipasang guna mencegah tanah masuk ke atasnya. Lapisan tanah humus sedalam minimal 60 cm.

### **2.8.6 Sistem Pengelolaan Gas**

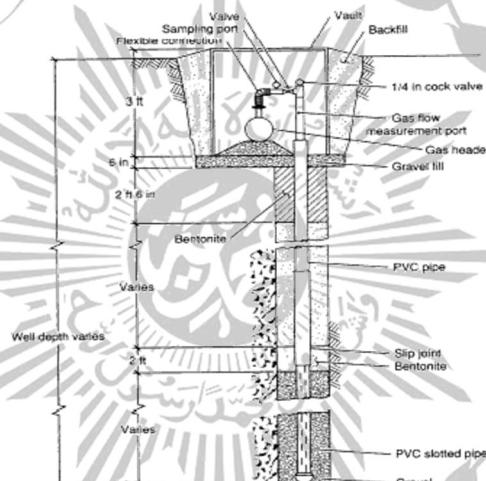
Sampah yang ditimbun di TPA hendak terurai sebab aktivitas/kegiatan mikroorganisme, yang menghasilkan gas TPA. Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) serta gas metana ( $\text{CH}_4$ ) ialah gas yang paling banyak diperoleh. Gas-gas berikut berpotensi dijadikan sumber energi yang sangat berguna, tetapi mengelola yang tak tepat hendak mengakibatkan polusi.

Pengendalian serta mengelola gas TPA diperlukan sebab gas metana yang diperoleh selama proses dekomposisi, jikalau bersentuhan dengan udara lebih dari 5%, berpotensi meledak. Oleh sebab itu, gas tersebut tak boleh dibuang ke atmosfer. dengan cara umum, terdapatnya dua cara guna mengatur

gas: dengan cara aktif serta pasif. Sebab pendekatan pasif hendak dipakai, maka pendekatan inilah yang hendak dijelaskan. Pipa pengendali gas dipasang baik dengan cara horizontal ataupun vertikal dari dalam limbah.

#### A. Pemasangan pipa pengumpul gas secara vertikal

Pemasangan sumur vertikal ialah strategi pertama. Pengeboran lubang diikuti dengan pemasangan pipa serta media permeabilitas sedang, semacam batu serta kerikil, sesudah TPA meraih ketinggian maksimalnya. Bila dipakai guna penyimpanan serta pemanfaatan gas, sumur vertikal berikut biasanya dibor sampai 50–66% dari kedalaman limbah, meraih 60–90% dari kedalaman limbah. Pengeboran dilaksanakan di sepanjang casing jikalau sumur hanya dipakai guna ventilasi. Gambar 2.4 memperlihatkan spesifikasi pemasangan pipa gas vertikal.

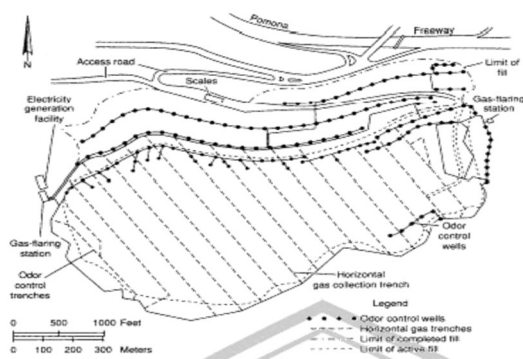


**Gambar 2. 7** Pemasangan Pipa Gas Vertikal

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

#### B. Pemasangan pipa secara horizontal

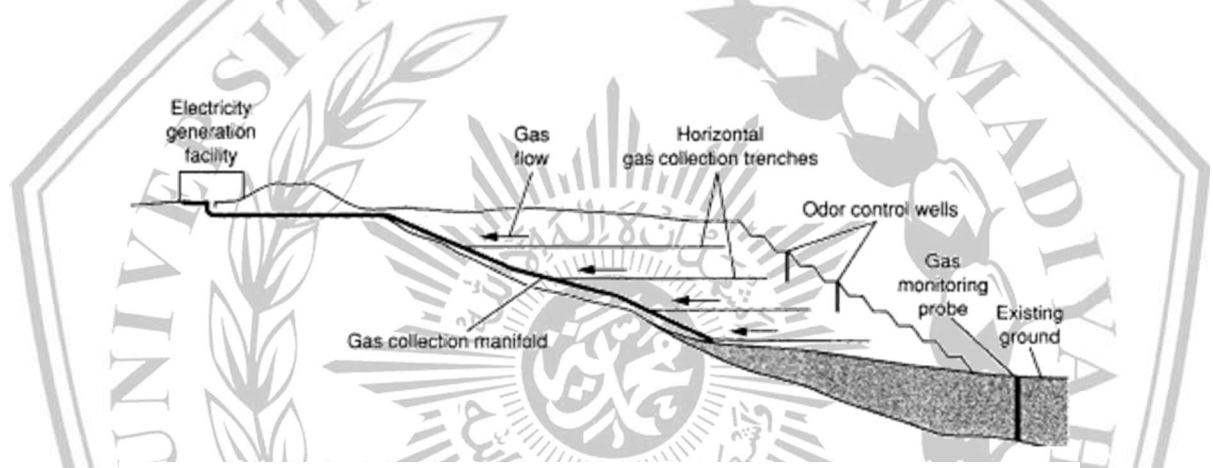
Pemasangan pipa horizontal melibatkan pemasangan pipa pengumpul gas dalam baris-baris. Pipa pengendali bau juga disertakan dalam pemasangan pipa berikut. Pipa-pipa tersebut diposisikan di ruang-ruang di tengah tumpukan sampah. Sebelum pipa ditanam serta dipakai, sampah terlebih dahulu digali sampai kedalaman tertentu serta selanjutnya diisi dengan kerikil. Ilustrasi pemasangan pipa dengan cara horizontal bisa ditemukan di Gambar 2.5 dan Gambar 2.6.



**Gambar 2. 8** Contoh Desain Peletakan Pipa Pengumpul

### Gas Horizontal dalam TPA

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



**Gambar 2. 9** Contoh Desain Perletakkan Pipa Pegumpul

### Gas Horizontal dalam TPA

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

#### 2.8.7 Sistem Pengelolaan Lindi

Secara umum, terdapatnya dua jenis lindi, yakni cairan yang asalnya dari hasil penguraian sampah serta cairan yang masuk ke TPA dari luar semacam air permukaan, air tanah, air hujan, serta lain sebagainya, berlandaskan Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Pengembangan Kesehatan Lingkungan Kawasan Permukiman (2011 Bab 4, hlm. 15).

### 2.8.7.1 Konstruksi Pengumpul Lindi

Saluran pengumpul *leachate* terbagi atas saluran pengumpul sekunder serta primer.

a) Berikut berikut ialah persyaratan guna saluran pengumpul sekunder:

- Saluran pengumpul mendapatkan aliran dari dasar lahan dengan kemiringan minimal 2%. Saluran berikut dipasang memanjang di sepanjang kolektor di bagian tengah blok/zona penimbunan.
- Sejumlah pipa PVC membentuk saluran pengumpul.
- Pelapis kedap air bisa diaplikasikan pada dasar saluran.

b) Kriteria saluran pengumpul primer :

Tangki kontrol, yang berfungsi ganda selaku ventilasi serta pengumpul gas vertikal, bisa menghubungkan saluran primer ke saluran sekunder hilir memakai pipa PVC/HDPE dengan diameter minimum 300 mm serta perforasi (ataupun tanpa perforasi guna pipa ke tangki pengumpul lindi).

c) Saluran pengumpul terbagi atas rangkaian pipa HDPE.

Desain pembuangan *leachate* dilakukan penghitungan memakai model ataupun perhitungan berbasis asumsi. Faktor puncaknya setara dengan 5,4 sebab 90% hujan turun dalam 4 jam (Van Breen). Paling banyak, 20–30% curah hujan berubah dijadikan lindi. Mungkin terdapatnya sampai 20 hari hujan dalam sebulan. Data mengenai respirasi dikumpulkan memakai data harian ataupun tahunan, sampai lima tahun terakhir, guna memanfaatkan model ataupun perhitungan guna menentukan desain pembuangan lindi. Satu diantaranya memakai model Thornthwaite guna model itu sendiri. Data klimatologi berikut diperlukan guna model Thornthwaite:

1. Data presipitasi (rerata bulanan tahunan)
2. Data temperatur udara (rerata bulanan tahunan)
3. Posisi geografis stasiun meteorologi setempat

Berlandaskan pendekatan penyeimbangan air Thornthwaite, *leachate* hanya tercupa saat air hujan meresap ke tumpukan sampah.

Persamaan 2.11 sampai 2.14 menggambarkan prosedur masukan-keluaran neraca air. :

$$\text{PERC} = P - (\text{RO}) - (\text{AET}) - (\Delta\text{ST}) \quad (2.11)$$

$$I = P - (\text{R/O}) \quad (2.12)$$

$$\text{APWL} = \Sigma \text{NEG} (I - \text{PET}) \quad (2.13)$$

$$\text{AET} = (\text{PET}) + [(I - \text{PET}) - (\Delta\text{ST})] \quad (2.14)$$

Keterangan :

- PERC = perkolasi, air yang keluar dari prosedur menuju lapisan di bawahnya, khirnya dijadikan *leachate*.
- P = presipitasi rerata bulanan dari data tahunan
- RO = limpasan permukaan (*runoff*) rerata bulanan dilakukan penghitungan dari presipitasi serta koefisien limpasan
- AET = aktual evapotranspirasi, memberi pernyataan banyaknya air yang hilang dengan cara nyata dari bulan ke bulan
- $\Delta\text{ST}$  = perubahan simpanan air dalam tanah dari bulan ke bulan, yang terkait dengan *soil moisture storage*.
- ST = *soil moisture storage*, ialah banyaknya air yang tersimpan dalam tanah di saat keseimbangan.
- I = Infiltrasi, jumlah air terinfiltrasi ke dalam tanah.
- APWL = *accumulated potential water loss*, ialah nilai negative dari (I-PET) yang ialah kehilangan air dengan cara akumulasi.
- I-PET = nilai infiltrasi dikurangi potensi evapotranspirasi ; nilai negativfmemberi pernyataan banyaknya infiltrasi air yang gagal guna dipasok pada tanah, sedang nilai positif ialah kelebihan air selama periode tertentu guna mengisi tanah.
- PET = potensial evapotranspirasi, dilakukan penghitungan berlandaskan atas nilai rerata bulanan dari data tahunan.

### 2.8.7.2 Perhitungan Curah Hujan

Untuk mencari jumlah debit aliran yang akan mengalir pada saluran drainase, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

- Q = debit limpasan (m<sup>3</sup>/dt)
- C = koefisien limpasan
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah pelayanan tiap saluran (Ha)
- 0,278 = faktor konversi

**Tabel 2. 3** Nilai Koefisien Limpasan (C)

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

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

### 2.8.7.3 Perencanaan saluran drainase

Persamaan yang digunakan untuk perhitungan dimensi saluran drainase :

$$Q = V \times A \quad (2.16)$$

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{0.5} \quad (2.17)$$

Dimana :

Q = debit aliran air hujan (m<sup>3</sup>/dt)

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

A = luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)

n = koefisien kekasaran saluran (tabel 2.4)

R = jari-jari hidrolis = A/P

S = kemiringan garis energi (m/m)

P = keliling basah (m)

Nilai koefisien kekasaran saluran (n) terdapat pada tabel Tabel 2.4.

**Tabel 2. 4** Koefisien Kekasaran saluran (n)

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

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

Untuk memperkirakan perubahan pada taraf serta aliran air yang diakibatkan oleh curah hujan yang lebih tinggi ataupun dampak gelombang. Persamaan dibawah ini bisa dipakai guna memperkirakan tinggi pelindung:

$$F = c \cdot h \quad (2.18)$$

Dimana:

F = tinggi jagaan (m)

H = kedalaman air dalam saluran (m)

C = koefisien yang nilainya 0,5 – 0,3

#### 2.8.7.4 Perhitungan Intensitas Hujan

Data curah hujan dengan durasi tertentu (durasi hujan) bisa dipakai guna menghitung intensitas hujan. Jikalau informasi berikut tak tersedia, relasi di tengah curah hujan serta durasi hujan biasanya ditetapkan. Teknik Bell ialah satu diantara cara guna menentukan intensitas hujan. Teknik Bell memakai periode pengulangan hujan 10 tahun serta durasi curah hujan 60 menit guna menghitung intensitas hujan.

$$R_t = (0,2 \cdot \ln T + 0,52)(0,54 t + 0,25 - 0,5) \cdot R_{k \text{ kala ulang } 10 \text{ tahun}} \quad (2.19)$$

Keterangan:

$R_t$  = curah hujan (mm)

T = periode ulang (tahun)

t = durasi hujan (menit)

Untuk intensitas hujannya digunakan persamaan :

$$I_t = \frac{60}{t} R_t \quad (2.20)$$

$I_t$  = intensitas hujan (mm/jam)

#### 2.8.7.5 Instalasi kolam penampung lindi

Kolam penampungan *leachate* hendak mendapatkan *leachate* yang terkumpul lewat jalur utama. Sesudah itu, sebelum *leachate* dibuang ke badan sungai, *leachate* wajib diolah terlebih dahulu. Kolam IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) yang terbagi atas berbagai kolam

fakultatif, maturasi, serta stabilisasi anaerobik ialah tempat dilaksanakannya pengolahan. Tabel 2.5 mencantumkan kriteria yang dipakai guna merencanakan kolam IPAL.

**Tabel 2. 5** Perbandingan Parameter Desain

<b>Parameter</b>	<b>Unit</b>	<b>Dimensi</b>
<b>Kolam Anaerobik</b>		
Kedalaman	M	2,5 – 5,0
Waktu tinggal	Hari	20 -50
<b>Kolam Fakultatif</b>		
Kedalaman	M	1,5-2,5
Waktu tinggal	Hari	3 -30
<b>Kolam Maturasi</b>		
Kedalaman	M	1,0 – 1,5
Waktu tinggal	Hari	5 – 20

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