

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Sampah**

#### **2.1.1. Pengertian Sampah**

Kovaci, et al (2023) menyatakan sampah sebagai materi atau bahan sisa atau lebih baik yang bersumber dari manusia dan alam yang tidak diperlukan lagi, tidak bermanfaat, tidak memiliki nilai, serta tidak berharga yang akhirnya terbuang atau dibuang maupun ditolak, yang merupakan materi atau bahan yang dapat mengganggu bahkan membahayakan fungsi lingkungan. Pengertian sampah mengalami perkembangan seperti Mishra, et all (2023) yang berpendapat bahwa sampah merupakan bahan yang tidak diinginkan, sisa dari aktivitas manusia yang dipandang tidak mempunyai nilai bagi yang membuangnya tetapi bisa juga menjadi komoditas baru yang potensial untuk diolah.

Berdasarkan Undang - Undang nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, disebutkan sampah adalah sisa kegiatan sehari – hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak terurai yang dianggap sudah tidak dapat dipergunakan lagi dan dibuang ke lingkungan. Sedangkan sampah yang dikelola berdasarkan undang – undang ini terdiri atas sampah rumah tangga, sampah sejenis sampah rumah tangga dan sampah spesifik. Yang dimaksud sampah rumah tangga adalah sampah yang berasal dari kegiatan sehari – hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik. Sampah sejenis sampah rumah tangga adalah sampah yang berasal dari kawasan komersil, kawasan industri, kawasan khusus fasilitas sosial, fasilitas umum, dan atau fasilitas lainnya. Sampah spesifik adalah:

- a. Sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun.
- b. Sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun.
- c. Sampah yang timbul akibat bencana.

- d. Puing bongkaran bangunan.
- e. Sampah yang secara teknologi belum dapat diolah

### **2.1.2. Timbulan Sampah**

Menurut SNI-19-3964-2002 bahwa timbulan sampah adalah banyaknya sampah yang dihasilkan per orang per hari dalam satuan volume atau berat. Sedangkan Damanhuri (2019), menyatakan bahwa timbulan sampah adalah jumlah rata - rata sampah yang dihasilkan setiap orang dalam sehari. Timbulan sampah bisa dinyatakan dengan satuan volume atau satuan berat. Jika digunakan satuan volume, derajat pewadahan (densitas sampah) harus dicantumkan. Timbulan sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain letak geografis, klimatologis, karakteristik populasi, frekwensi pengumpulan sampah, dan kebiasaan masyarakat (Deshpande, 2024). Besarnya timbulan sampah juga sangat bergantung dari jumlah dan tingkat pertumbuhan penduduk serta pola konsumsi atau gaya hidup masyarakat. Menurut Suryani (2025) permasalahan sampah akan muncul pada negara berkembang yang mengalami penambahan penduduk yang diikuti oleh proses urbanisasi dan perubahan pola konsumsi dari bahan alami ke bahan buatan manusia dan teknologi. Hal ini dikarenakan terdapat analog antara penambahan penduduk dan pola konsumsi terhadap meningkatnya jumlah timbulan sampah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan John, et al., (2016) bahwa Mina sebagai negara berkembang, sampah menjadi permasalahan di pusat kota dikarenakan tidak ada sinergi antara pemerintah dan masyarakat, karena keterbatasan fasilitas dari pemerintah dan kurangnya kesadaran masyarakat maka masih banyak masyarakat yang mengubur dan membakar sampah di sekitar rumahnya. Menurut Prathama (2025) bahwa kuantitas dan kualitas manajemen pengelolaan sampah ditentukan oleh tingkat kepadatan penduduk, keanekaragaman sumber sampah dan income masyarakat. Semakin meningkat jumlah penduduk, aktifitas ekonomi dan naiknya pendapatan mengakibatkan meningkatnya sampah anorganik. Perubahan kuantitas dan karakteristik sampah ini harus

diimbangi dengan perubahan manajemen pengelolaan sampah yang lebih baik termasuk penggunaan teknologi persampahan.

Untuk menentukan kuantitas timbulan sampah perkotaan secara umum dapat merujuk pada SNI 19-3983-1995.

**Tabel 2. 1 Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Komponen Sumber Sampah**

No	Sumber Sampah	Satuan	Besaran	
			Volume (liter)	Berat (kg)
1	Rumah permanen	orang/hari	2,25 – 2,50	0,35-0,40
2	Rumah semi permanen	orang/hari	2,00-2,25	0,30-0,35
3	Rumah non permanen	orang/hari	1,75-2,00	0,25-0,30
4	Kantor	pegawai/hari	0,50-0,75	0,025-0,10
5	Toko/ruko	petugas/hari	2,50-3,00	0,15-0,35
6	Sekolah	meter/hari	0,10-0,15	0,01-0,02
7	Jalan arteri sekunder	meter/hari	0,10-0,15	0,02-0,10
8	Jalan kolektor sekunder	meter/hari	0,10-0,15	0,01-0,05
9	Jalan lokal	meter/hari	0,05-0,10	0,05-0,025
10	Pasar	meter <sup>2</sup> /hari	0,20-0,60	0,10-3,00

Sumber : SNI 19-3983-1995

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

Klasifikasi Kota	Volume (L/Org/Hr)	Berat (Kg/Org/Hr)
Kota Sedang	2,75 – 3,25	0,7 – 0,8
Kota Kecil	2,5 – 2,75	0,625 – 0,70

Sumber : SNI 19-3983-1995

Menurut Damanhuri (2011) rata – rata timbulan sampah tidak akan sama antara satu daerah dengan daerah lainnya, atau suatu negara dengan negara lain. Hal ini karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain sebagai berikut :

1. Jenis Bangunan
2. Tingkat Aktifitas

3. Iklim
4. Musim
5. Letak Geografis dan Topografi
6. Kepadatan penduduk dan jumlah penduduk

Data tentang timbulan sampah sangat penting kaitannya dengan penentuan sistem pengolahan persampahan di suatu wilayah, jenis peralatan yang akan digunakan dalam pengangkutan sampah, fasilitas dalam pengolahan sampah, dan rancangan serta rencana pengelolaan TPA (Andriansyah, dkk, 2022). Menurut Tchobanoglous, dkk (2002) tujuan pendataan terkait timbulan sampah adalah sebagai perkiraan timbulan sampah yang dihasilkan untuk masa sekarang maupun masa yang akan datang yang berguna untuk :

- a. Dasar perencanaan dan desain sistem pengelolaan sampah;
- b. Menentukan jumlah sampah yang akan dikelola;
- c. Perencanaan sistem pengumpulan (penentuan macam dan jumlah kendaraan yang dipilih, jumlah pekerja yang dibutuhkan, jumlah dan bentuk TPS yang diperlukan)

Timbulan sampah dihitung berdasarkan banyaknya sampah dalam satuan berikut ini (Darmasetyawan, 2004) :

- a. Satuan Berat : kilogram per orang per hari ( $\text{kg}/\text{o}/\text{h}$ ) atau kilogram per meter-persegi bangunan perhari ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{h}$ ) atau kilogram per tempat tidur per hari ( $\text{kg}/\text{bed}/\text{h}$ ) , dan sebagainya
- b. Satuan Volume : liter/orang/hari ( $\text{L}/\text{o}/\text{h}$ ) , liter per meter persegi bangunan per hari ( $\text{L}/\text{m}^2/\text{h}$ ), liter per tempat tidur per hari ( $\text{L}/\text{bed}/\text{h}$ ), dan sebagainya. Kota – kota di Indonesia umumnya menggunakan satuan volume.

### **2.1.3. Komposisi dan Karakteristik Sampah**

Lontoh, dkk (2017) menyatakan bahwa sampah bisa dibedakan menjadi sampah anorganik serta organik. Sampah anorganik contohnya logam serta plastik tidak dapat diolah secara mikrobiologi yang melibatkan organisme

pengurai sehingga sampah anorganik disebut sebagai *nonbiodegradable waste*. Sampah organik, yaitu sampah yang mudah membusuk maka disebut sebagai *biodegradable waste* seperti daun – daun kering, sisa makanan, sayuran, dan lainnya. Pada negara – negara berkembang sampah organik memiliki prosentase yang lebih besar yaitu 60 – 70 % sedangkan sampah anorganik  $\pm$  30 %. Gaya hidup masyarakat dan pertumbuhan ekonomi berhubungan erat dengan komposisi dari sampah perkotaan yang dihasilkan (Ningrum, dkk, 2024). Pengelompokan sampah berdasarkan komposisinya di nyatakan dalam persen berat atau persen volume. Komposisi sampah dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan pilihan kelayakan pengolahan sampah khususnya daur ulang dan pembuatan kompos serta kemungkinan penggunaan gas *landfill* sebagai energi alternatif (Setyono, 2015).

Menurut Wahyuni (2014), komposisi sampah berdasarkan sifat-sifat biologis dan kimianya, sampah dapat digolongkan sebagai berikut.

- 1) Sampah yang dapat membusuk (*garbage*) seperti sisa makanan, daun, sampah kebun, sampah pasar, sampah pertanian, dan lain-lain
- 2) Sampah yang tidak membusuk (*refuse*) seperti plastik, kertas, karet, gelas, logam, kaca dan sebagainya.
- 3) Sampah yang berupa debu dan abu.
- 4) Sampah yang mengandung zat kimia yang berbahaya. Disamping berasal dari industri atau pabrik-pabrik, sampah jenis ini banyak pula di hasilkan dari kegiatan kota termasuk dari rumah tangga.

Komposisi sampah di perkotaan di Indonesia mayoritas di dominasi oleh sampah organik seperti terlihat pada tabel berikut.

**Tabel 2. 3 Komposisi Sampah di beberapa Kota**

Komposisi	London	Singapura	Hongkong	Jakarta	Bandung
Organik	28	4,6	9,4	74	73,4
Kertas	37	43,1	32,5	8	9,7
Logam	9	3	2,2	2	0,5

Komposisi	London	Singapura	Hongkong	Jakarta	Bandung
Kaca	9	1,3	9,7	2	0,4
Tekstil	3	9,3	9,6	-	1,3
Plastik/Karet	3	6,1	6,2	6	8,6
Lain - lain	11	32,6	29,4	8	6,1

Sumber : Damanhuri dan Padmi, 2010

Tabel 2.3 menunjukkan bahwa di kota-kota besar di Indonesia sampah organik mendominasi komposisi sampah di Indonesia. Bagian terbesar dari sampah organik adalah makanan. Hal ini menunjukkan bahwa potensi pemanfaatan sampah organik untuk menjadi kompos bisa diterapkan dalam upaya untuk mengurangi timbulan sampah pada TPA. Selain juga manfaat hasil dari pengomposan bisa digunakan untuk pemupukan dan bisa memberi nilai ekonomis apabila dilakukan secara optimal oleh kelompok masyarakat.

Berdasarkan SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan, komponen komposisi sampah terdiri atas sampah sisa – sisa makan, sampah kertas karton, sampah kayu, sampah kain-tekstil, sampah karet-kulit, sampah plastik, sampah logam besi-non besi, sampah kaca, dan sampah lain-lain. Selain komposisi sampah, Damanhuri (2011) menyebutkan karakteristik lain yang biasa ditampilkan dalam penanganan sampah yaitu karakteristik fisika dan kimia sebagai berikut:

1. Karakteristik fisika : yang paling penting adalah densitas, kadar air, kadar volatile, kadar abu, nilai kalor, dan distribusi ukuran.
2. Karakteristik kimia : khususnya yang menggambarkan susunan kimia sampah yang terdiri dari unsur C,N,O,P,H,S dan sebagainya.

## 2.2. Pengelolaan Sampah

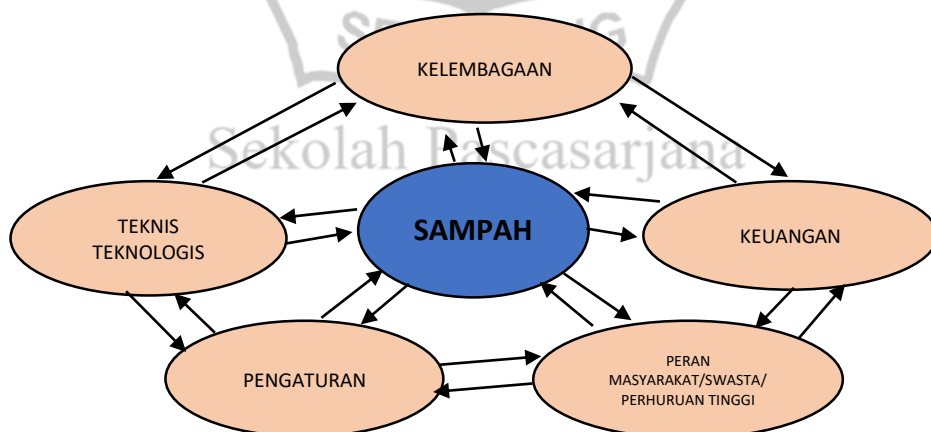
Dalam Undang-undang Nomor 18 tahun 2008 yang dimaksud pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh dan

berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengelolaan sampah bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. Timbulan sampah yang tidak dikelola dengan baik akan berdampak pada kesehatan dan pencemaran lingkungan, sehingga diperlukan manajemen pengelolaan sampah secara komprehensif dari hulu hingga hilir. Pengelolaan sampah adalah manajemen atau kontrol terhadap timbulan sampah, pewadahan, pengumpulan, pemindahan dan pengangkutan, proses dan pembuangan akhir sampah (Tchobanoglous,2002).

Menurut Gunadi (2004), pengelolaan sampah perkotaan pada dasarnya dilihat sebagai komponen – komponen subsistem yang saling mendukung, saling berinteraksi untuk mencapai tujuan kota yang bersih, sehat. Komponen itu adalah :

- a. Sub sistem pengaturan;
- b. Sub sistem kelembagaan
- c. Sub sistem keuangan
- d. Sub sistem Peran masyarakat/Swasta/Perguruan Tinggi
- e. Sub sistem Teknis Teknologis

Sistem pengelolaan sampah perkotaan dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2. 1 Sistem Pengelolaan Sampah Perkotaan**  
 Sumber : Dirjen Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum, 2011

Berdasarkan Undang – Undang nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah , paradigma baru memandang sampah sebagai sumber daya yang mempunyai nilai ekonomi yang dapat dimanfaatkan, misalnya untuk energi, kompos ataupun untuk bahan baku industri. Pengelolaan sampah seharusnya dilakukan dengan pendekatan komprehensif dari hulu yaitu sejak sebelum dihasilkan suatu produk yang berpotensi sebagai sampah, sampai ke hilir yaitu pada fase produk sudah digunakan, sehingga sudah menjadi sampah yang kemudian dikembalikan ke media yaitu lingkungan secara aman. Pengelolaan sampah dengan menggunakan paradigma baru tersebut dilakukan dengan kegiatan pengurangan dan penanganan sampah.

Pengurangan sampah meliputi kegiatan pembatasan, penggunaan kembali dan pendaurulangan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga bahwa penanganan sampah meliputi pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan dan pemrosesan akhir. Pemilahan sampah oleh masyarakat dibedakan antara sampah organik dan anorganik. Selain sampah organik dan anorganik terdapat juga sampah bahan berbahaya dan beracun yang harus dibedakan perlakuannya dengan sampah rumah tangga dan sejenisnya.

Konsep daur ulang sampah merupakan salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan sehingga nilai ekonomis yang masih terkandung di dalam sampah dapat lebih dimanfaatkan. Selain itu juga dibutuhkan keterlibatan beragam teknologi dan disiplin ilmu termasuk dalam mengontrol timbunan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, pemrosesan, pembuangan akhir (*final disposal*) sampah yang dihasilkan masyarakat. Beragam pertimbangan perlu dimasukkan seperti aspek administrasi, finansial, legal, planning dan kerekayasaan (Damanhuri, 2011). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jahan, S., et al. (2016) bahwa problem pengelolaan sampah yang tidak baik di Kushtia Bangladesh, akan mengakibatkan masalah bau (54%) dan kondisi

tidak higienis (23%), masalah serangga (13%) dan penyumbatan saluran (10%).

Paradigma baru pengelolaan sampah yang menangani sampah pada sumbernya harus diterapkan saat kapasitas landfill sudah overload dan lahan TPA semakin berkurang sementara untuk mencari lahan baru bukan merupakan hal yang mudah. Paradigma baru dalam pengelolaan sampah mengharapkan bahwa tanpa adanya partisipasi masyarakat penghasil sampah, semua program pengelolaan sampah yang direncanakan akan sia – sia (Damanhuri, 2011). Hal ini dilakukan oleh pemerintah Kota Bangalore India. Menurut penelitian dari Sivapullaiah, et al. (2016) dari permasalahan sampah di Kota Bangalore India yang sangat parah akibat semakin banyaknya jumlah sampah yang dihasilkan masyarakat membuat pemerintah memiliki kebijakan untuk tidak mengizinkan membuang sampah organik untuk diangkut ke TPA, sehingga masyarakat dipaksa untuk menangani sampah organik dengan cara daur ulang.

### **2.3. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)**

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) menurut Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah tempat untuk memroses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan. Berdasarkan SNI 03-3241-1994 TPA merupakan akhir dari sistem pengolahan sampah yang secara fisik merupakan tempat berlangsungnya kegiatan pembuangan akhir dan juga sebagai tempat untuk menyingkirkan serta mengkarantina sampah kota sehingga aman dan tidak mencemari lingkungan. Permasalahan penanganan sampah yang sering muncul di TPA antara lain pertumbuhan vektor penyakit, pencemaran udara, pandangan dan bau tak sedap, asap pembakaran, pencemaran lindi, kebisingan dan dampak sosial (Damanhuri, 2011).

Menurut Yaashikaa, et all (2022) Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan metode utama dalam penanganan sampah padat perkotaan, namun menimbulkan permasalahan lingkungan akibat dari pencemaran air lindi dan

emisi gas. Mikroorganisme dalam tanah menguraikan bahan organik dalam sampah, menghasilkan lindi yang mengandung zat organik, anorganik, dan logam berat yang dapat mencemari tanah dan air. Selain itu, proses dekomposisi juga menimbulkan emisi gas seperti metana dan karbon dioksida yang bervariasi tergantung kondisi penimbunan, sehingga diperlukan desain TPA dan kriteria operasional yang spesifik. Langkah pertama dalam merencanakan sebuah TPA baru adalah menentukan lokasi TPA yang sesuai dengan persyaratan. Lokasi TPA baru adalah menentukan lokasi TPA yang sesuai dengan persyaratan. Lokasi TPA tersebut harus menyediakan kapasitas yang cukup dengan periode desain yang dipilih dan mendukung fungsi pengelolaan sampah pendukung lainnya seperti pengolahan lindi, pengelolaan gas TPA, fasilitas daur ulang, rumah kompos, dan lain-lain.

TPA memerlukan areal yang dipergunakan untuk menempatkan sampah ataupun mengkarantinakan sampah kota kemudian ditimbun agar aman, sehingga tidak menimbulkan gangguan dari segi lingkungan, segi estetika ataupun gangguan kelestarian. TPA sebagai elemen terakhir dalam pengelolaan sampah merupakan pilihan terakhir dalam pengelolaan sampah jika sampah yang dihasilkan tidak habis direduksi dalam proses sebelumnya. Menurut Damanhuri (2011) ditinjau dari daya tampung lokasi yang digunakan untuk TPA sebaiknya dapat menampung pembuangan sampah minimal 5 tahun. Operasi daya tampung tersebut dipengaruhi oleh metode lahan urug yang digunakan, kedalaman dasar TPA, ketinggian timbunan, volume sampah yang dibuang, kepadatan sampah dan kemampuan pengurangan volume sampah di sumber.

Pada dasarnya pola pembuangan sampah yang dilakukan dengan sistem TPA sudah tidak relevan lagi dengan lahan kota yang semakin sempit dan penambahan penduduk yang pesat, sebagai akibat besarnya kebutuhan terhadap lahan dan volume sampah yang semakin bertambah (Andrabi, 2025). Prinsip dari pembuangan akhir sampah adalah untuk memusnahkan sampah domestik di suatu lokasi pembuangan akhir dengan cara sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya setelah

dilakukan pengolahan. Berdasarkan Undang – Undang nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pemerintah telah mewajibkan pengelolaan sampah dengan cara *Sanitary Landfill*. Beberapa metode pengelolaan sampah di TPA adalah sebagai berikut.

- a. Pembuangan akhir sampah dengan sistem *open dumping* atau pembuangan terbuka merupakan cara pembuangan sederhana dimana sampah hanya dihamparkan pada suatu lokasi, dibiarkan terbuka tanpa pengaman dan ditinggalkan setelah lokasi penuh. Cara ini tidak direkomendasikan lagi mengingat banyaknya potensi pencemaran lingkungan yang ditimbulkannya seperti berikut.
  - 1) Perkembangan vektor penyakit seperti lalat, tikus dan sebagainya;
  - 2) Pencemaran polusi udara oleh bau dan gas yang dihasilkan;
  - 3) Polusi air akibat banyaknya lindi (cairan sampah) yang timbul;
  - 4) Berpotensi terjadinya bahaya kebakaran yang sulit dipadamkan;
  - 5) Estetika lingkungan yang buruk karena pemandangan yang kotor.
- b. Metode *controlled landfill* adalah sistem *open dumping* yang diperbaiki atau ditingkatkan. Metode ini merupakan suatu cara penimbunan sampah yang dilakukan dengan cara meratakan dan memadatkan sampah yang dibuang untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan dan kestabilan permukaan TPA serta menutupnya dengan lapisan tanah pada periode tertentu. Penutupan tanah tidak dilakukan setiap hari tapi dengan periode tertentu. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan pencemaran tetapi dengan biaya relatif murah. Biasanya di sekitar lokasi dibuat sumur kontrol yang digunakan untuk mengontrol terjadinya pencemaran air di sekitar lindi. Di Indonesia metode *controled landfill* dianjurkan untuk diterapkan di kota sedang dan kecil. Dalam metode ini diperlukan penyediaan beberapa fasilitas di antaranya saluran drainase untuk mengendalikan saluran air hujan, saluran pengumpul lindi dan kolam penampungan, pos pengendalian operasional, fasilitas pengendalian gas metana dan alat berat.
- c. Metode *sanitary landfill* merupakan metode standar penutupan sampah dengan lapisan tanah dilakukan setiap hari akhir operasi sehingga setelah

operasi berakhir tidak akan terlihat adanya timbunan sampah. Metode ini memerlukan penyediaan prasarana dan sarana yang cukup mahal bagi penerapannya sehingga sampai saat ini baru dianjurkan untuk kota besar saja.

- d. Pembakaran dengan *incinerator* merupakan metode pengolahan sampah secara kimiawi dengan proses oksidasi (pembakaran) dengan maksud stabilisasi dan reduksi volume dan berat sampah.

Metode pengelolaan sampah seperti di atas, *Incinerator* merupakan metode yang berdampak terhadap timbulnya Gas Rumah Kaca, sehingga perlu dicarikan alternatif teknologi yang mampu mengubah panas yang dihasilkan menjadi energi yang bisa dimanfaatkan. Menurut Kwon, et al., (2023) bahwa teknologi *incinerator* yang dominan digunakan di Kota Seoul, Korea Selatan bisa mengatasi masalah luas lahan untuk *landfill* namun menimbulkan efek gas rumah kaca.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI Nomor 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah rumah Tangga bahwa suatu Tempat Pemrosesan Akhir harus memperhatikan pemilihan lokasi, kondisi fisik, kemudahan operasional, aspek lingkungan dan sosial. Kondisi lokasi TPA paling sedikit harus memenuhi kriteria aspek geologi, hidrogeologi, dan kemiringan zona. Menurut SNI 03-3241-1994 pemilihan lokasi TPA harus mempertimbangkan beberapa aspek berikut ini :

1. Tercantum dalam dokumen perencanaan tata ruang kota dan daerah.
2. Secara geologi lahan TPA bersifat kedap dengan nilai  $k < 10^{-6}$  cm/detik contohnya batuan beku, batu liat, dan batuan malihan yang kedap.
3. Secara geohidrologi lahan TPA memiliki jarak paling dekat 4 m dengan lapisan akuifer dan paling dekat 100 m dengan badan air.
4. Berjarak minimal 1.500 m dari lapangan terbang untuk pesawat baling – baling dan 3.000 meter untuk jenis pesawat jet.

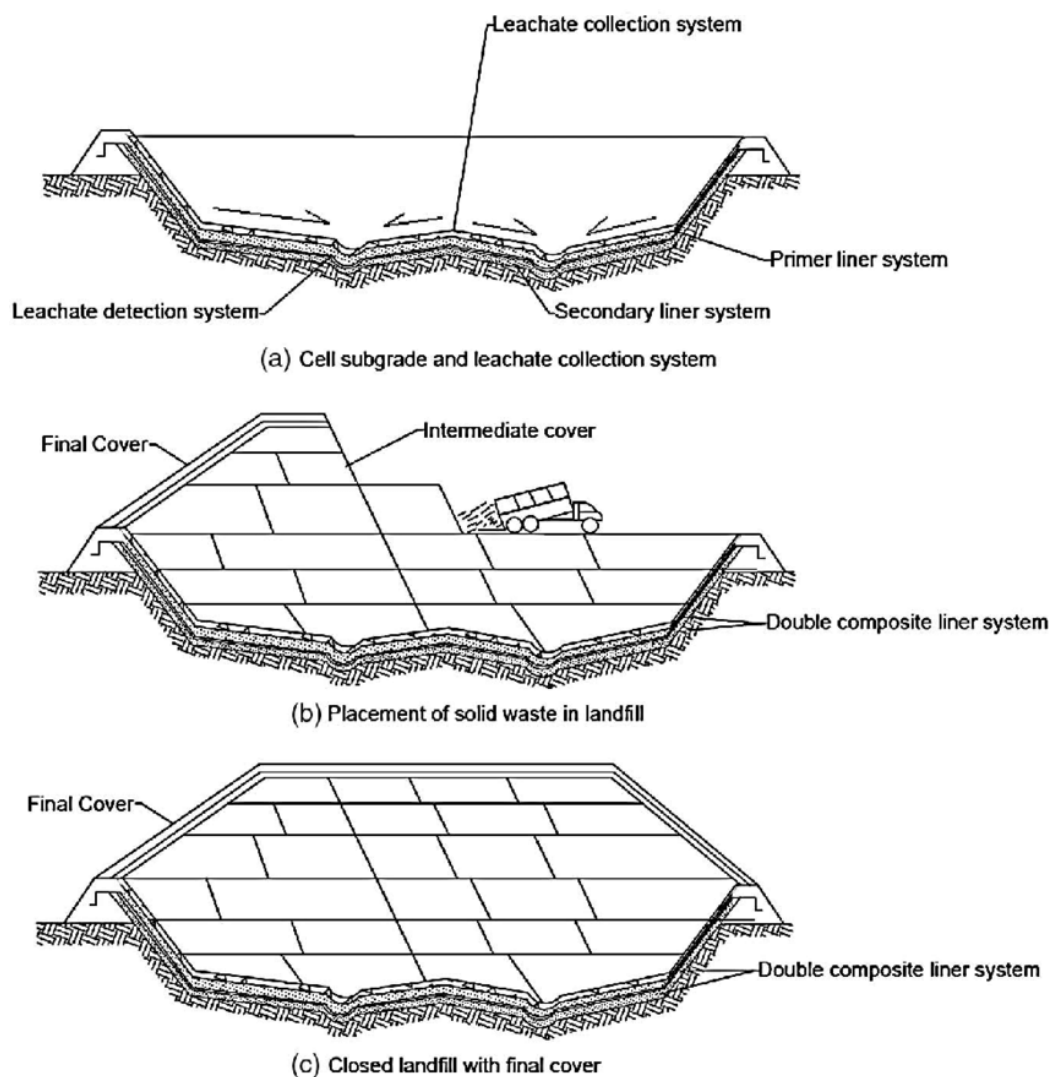
5. Kondisi curah hujan kecil, terutama daerah kering dengan kecepatan angin rendah dan berarah dominan tidak menuju permukiman.
6. Topografi: tidak boleh pada bukit dengan lereng tidak stabil, daerah berair, lembah yang rendah dan dekat dengan air permukaan dan lahan dengan kemiringan alami  $> 20 \%$ .
7. Lokasi tersebut tidak berpotensi terkena banjir.
8. Tidak merupakan lahan pertanian produktif
9. Tidak berada pada kawasan lindung / cagar alam
10. Mampu digunakan minimal dalam jangka waktu 5 – 10 tahun.

Hal terpenting dalam sistem pengelolaan TPA adalah sistem penimbunan sampah sesuai dengan aspek teknis yang telah ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum ataupun SNI. Sistem penimbunan sampah yang baik yaitu dengan membuang di tempat yang rendah atau parit yang digali untuk menampung sampah, lalu sampah ditimbun dengan tanah yang dilakukan lapis demi lapis sedemikian rupa sehingga sampah tidak berada di alam terbuka. Hal ini untuk mencegah timbulnya bau dan menjadi tempat bersarangnya binatang. Material yang paling baik untuk dijadikan lapisan penutup pada *landfill* adalah tanah yang agak berpasir atau lumpur yang mengandung batuan kecil. Sedangkan tanah yang mengandung lempung tinggi secara umum jelek untuk dipakai sebagai material penutup. Penelitian yang dilakukan oleh Sivapullaiah, et al.(2016) bahwa akibat pengelolaan sampah di Kota Bangalore India maka menyebabkan air lindi yang dihasilkan memiliki potensi yang tinggi terhadap pencemaran air yang ditunjukkan dengan kualitas sumber air tanah yang buruk. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan sampah tersebut tidak mengikuti kaidah teknis yang harus dipenuhi dalam pemrosesan sampah di TPA. Sebuah *landfill* yang dibangun tanpa perencanaan dan pelaksanaan yang tepat akan banyak menimbulkan masalah lingkungan yang berdampak pada pencemaran, air, tanah dan udara.

Dalam tahap persiapan lahan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut.

- a. Dilakukan perataan dan pembentukan kemiringan tanah, konstruksi liner dasar dan pipa pengumpul lindi.
- b. Liner dengan permeabilitas yang rendah dipasang di dasar *landfill* untuk menjaga aliran lindinya.
- c. Pengumpul lindi dan fasilitas ekstraksi diletakkan pada atau di atas liner.

Tahapan persiapan landfill dan lapisan yang digunakan untuk membuat landfill dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2. 2 Tahap persiapan landfill**

Sumber : Meegoda, et al (2016)

Metode terbaik dari pengelolaan sampah di TPA adalah *sanitary landfill* dikarenakan dapat meminimalkan dampak pencemaran. Menurut Lakhouti

(2024) dalam suatu pengelolaan sampah di TPA maka harus mempertimbangkan prinsip *no leachet, no odor, no gas, no disease*. Untuk itu, menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 21 Tahun 2006 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Pengelolaan Persampahan (KNSP-SPP) maka sistem pembuangan akhir sampah yang dapat diterapkan di Kota Metropolitan, besar dan sedang adalah sistem *Sanitary Landfill*.

Keberhasilan manajemen pengelolaan sampah di TPA akan menjadi sistem yang efektif apabila terdapat solusi terhadap permasalahan kompleks yang dihadapi. Tidak hanya memikirkan teknologi yang digunakan namun juga dampak lingkungan, budaya masyarakat, legalitas hukum, pemerintah dan kondisi ekonomi masyarakat yang mempunyai hubungan erat dengan sistem persampahan secara umum (Zhang, et al., 2024)

#### **2.4. Sistem Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)**

Menurut SNI 19-2454-2002 tentang tata cara teknik operasional pengelolaan TPA sampah menyebutkan teknologi pengelolaan sampah secara umum dibedakan menjadi tiga metode, antara lain :

##### **2.4.1. Metode Pembuangan Terbuka (*Open Dumping*)**

Pembuangan terbuka atau dikenal dengan istilah *open dumping* merupakan metode pengelolaan TPA yang paling sederhana. Sampah hanya diletakkan begitu saja pada lokasi tertentu dalam kondisi terbuka dimana tanpa adanya pengamanan dan kemudian diitinggalkan ketika kapasitasnya sudah tidak lagi terpenuhi sehingga metode ini berpotensi menimbulkan gangguan terhadap lingkungan (Sukarmawati, 2023).

Meninjau dari banyaknya potensi pencemaran lingkungan yang dapat ditimbulkannya antara lain timbulnya bau tidak sedap , potensi dalam pengembangan vector berbagai penyakit , pencemaran air akibat air lindi, berkurangnya estetika lingkungan dan bahaya kebakaran akibat gas metan yang terakumulasi di TPA sehingga TPA dengan sistem pembuangan terbuka sudah dilarang untuk dioperasikan. Undang – Undang nomor 18 tahun 2008 khususnya pada pasal 44 mendorong pemerintah daerah untuk

membuat perencanaan penutupan TPA dengan sistem pembuangan terbuka paling lambat 1 tahun dan melaksanakan penutupan TPA paling lambat 5 tahun setelah peraturan ini diterbitkan (Susanti, 2016). Faktanya masih terdapat pemerintah daerah yang menggunakan sistem pembuangan terbuka hingga batas waktu yang ditentukan oleh undang – undang tersebut. Hal ini mengakibatkan banyaknya pertentangan atau konflik dengan masyarakat sekitar yang merasa dirugikan terhadap keberadaan TPA seperti penolakan masyarakat terhadap TPA Galuga Bogor pada tahun 2009, TPA Randegan Mojokerto, dan TPA Pasir Bungur Cibeber, Jawa Barat karena pencemaran dan kerusakan lingkungan yang terjadi, kemudian protes dari masyarakat juga terjadi terhadap pengoperasian TPA Bantar gebang, TPST Bojong, dan TPA Jankurang Garut serta konflik social lainnya akibat operasional TPA yang tidak tepat (Mahyudin, 2017). TPA dengan metode pembuangan terbuka dapat dilihat pada gambar 2.3



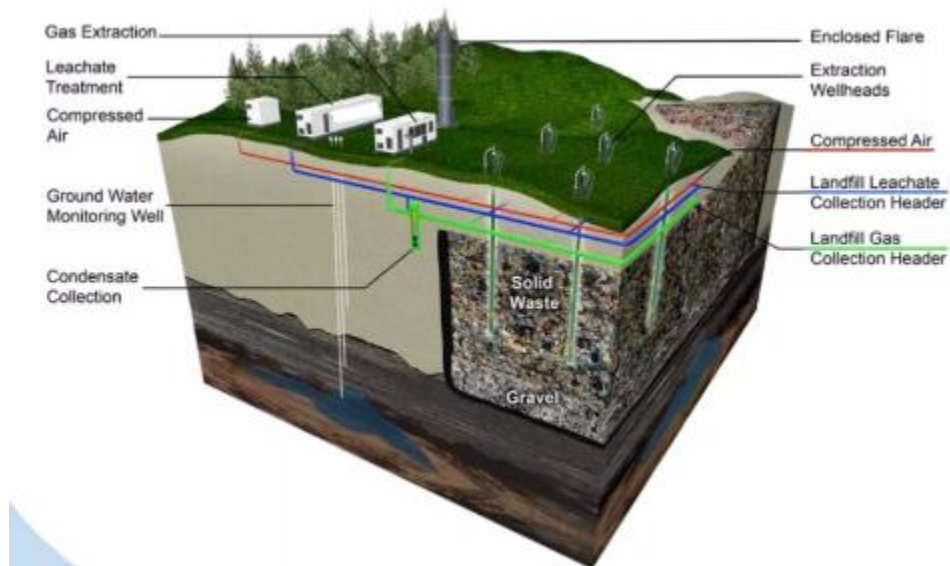
**Gambar 2. 3 Pembuangan Terbuka (*Open Dumping*)**

Sumber <https://media.istockphoto.com/id/845816364/photo/garbage-pile-in-trash-dump-or-landfill-pollution-concept.jpg>

#### **2.4.2. Metode Lahan Urug Terkendali (*Controlled Landfill*)**

Lahan Urug Terkendali (*Controlled Landfill*) merupakan peningkatan dari metode pengelolaan sampah pembuangan terbuka. Metode

ini dilakukan dengan menutup timbunan sampah secara periodik dengan lapisan tanah dengan tujuan agar mengurangi potensi pencemaran lingkungan dari sampah (Darmasetiawan, 2004). Menurut Simanjutak, dkk. (2014) kegiatan operasional pada lahan urug terkendali (*Controlled Landfill*) juga dilakukan proses perataan serta pemadatan sampah untuk kestabilan permukaan TPA serta meningkatkan efisiensi dalam pemanfaatan lahan. Desain TPA dengan sistem lahan urug terkendali (*Controlled Landfill*) dapat dilihat pada gambar 2.4.



**Gambar 2. 4 Lahan Urug Terkendali (*Controlled Landfill*)**

Sumber <https://www.slideshare.net/slideshow/msw-treatment-zero-waste-plant/37234629>

Teknik Operasional pengelolaan sampah di TPA menggunakan sistem lahan urug terkendali (*Controlled Landfill*) secara rinci berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no. 3 tahun 2013 adalah sebagai berikut sampah masuk ke zona aktif kemudian disebar lalu dilakukan pemadatan lapis per lapis dengan ketebalan 0,5 m setiap lapis yang digilas paling tidak sebanyak 3 sampai 5 gilasan dengan *steel wheel compactor* atau *dozer*. Terbentuk hingga memiliki tebal sekitar 4,5 m sehingga menjadi sel – sel sampah kemudian timbunan sampah tersebut ditutup dengan tanah tanah penutup antara setebal minimum 20 cm. Tinggi lapisan setinggi sekitar 5 m

disebut sebagai 1 lift. Di atas timbunan sampah dalam bentuk lift tersebut kemudian diurug sampah baru, membentuk ketinggian seperti dijelaskan di muka. Bila pengurugan sampah dilakukan dengan metode area, maka untuk memperkuat kestabilan timbunan batas antara 2 lift tersebut dibuat terasering selebar 3 – 5 m. Komponen yang terdapat pada TPA dengan sistem lahan urug terkendali (*Controlled Landfill*) dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2. 4 Komponen pada TPA dengan Sistem Lahan Urug Terkendali**

No	Parameter	Lahan Urug terkendali
A.	Proteksi terhadap lingkungan	
1	Dasar lahan urug menuju suatu titik tertentu	Tanah setempat dipadatkan, liner dasar dengan tanah permeabilitas rendah
2	Liner dasar	Tanah dengan permeabilitas rendah dipadatkan 2 x 30 cm, bila perlu gunakan geomembran HDPE
3	Karpet kerikil minimum 20 cm	Dianjurkan
4	Pasir pelindung minimum 20 cm	Dianjurkan
5	Drainase/ tanggul keliling	Dianjurkan
6	Drainase lokal	Dianjurkan
7	Pengumpul lindi	Minimal saluran kerikil
8	Kolam penampung	Diharuskan
9	Resirkulasi lindi	Dianjurkan
10	Pengolah lindi	Kolam - kolam stabilitasi
11	Sumur pantau	Minimum 1 hulu dan 1 hilir sesuai arah aliran tanah
12	Ventilasi gas	Minimum dengan kerikil horisontal - vertikal
13	Jalur hijau penyangga	Diharuskan

No	Parameter	Lahan Urug terkendali
14	Tanah penutup rutin	Minimum setiap 7 hari
15	Sistem penutup antara	Bila tidak digunakan lebih dari 1 bulan
16	Sistem penutup final	Minimum tanah kedap 20 cm, ditambah subdrainase air permukaan, ditambah top soil
17	Pengendali vektor dan bau	Diharuskan
B.	Pengoperasian Landfill	
1	Alat berat	Dozer dan loader, dianjurkan dilengkapi excavator
2	Transportasi lokal	Dianjurkan
3	Cadangan bahan bakar	Diharuskan
4	Pelataran unloading dan manuver	Diharuskan
5	Jalan operasi utama	Diharuskan
6	Jalan operasi dalam area	Diharuskan
7	Jembatan Timbang	Diharuskan
8	Ruang Registrasi	Diharuskan, minimal manual
9	Laboratorium Air	Dianjurkan
C.	Sarana Prasarana	
1	Papan Nama	Diharuskan
2	Pintu Gerbang Pagar	Diharuskan
3	Kantor TPA	Minimum digabung dengan pos jaga
4	Garasi alat berat	Diharuskan
5	Gudang	Dianjurkan
6	Workshop dan peralatan	Dianjurkan
7	Pemadam Kebakaran	Diharuskan

No	Parameter	Lahan Urug terkendali
8	Fasilitas Toilet	MCK
9	Cuci Kendaraan	Minimum ada faucet
10	Penyediaan Air Bersih	Diharuskan
11	Listrik	Diharuskan
12	Alat Komunikasi	Diharuskan
13	Ruang jaga	Diharuskan
14	Area khusus daur ulang	Diharuskan
15	Area transit limbah B3 rumah tangga	Diharuskan
16	P3K	Diharuskan
17	Tempat Ibadah	Diharuskan

Sumber : PERMENPU No. 3 Tahun 2013

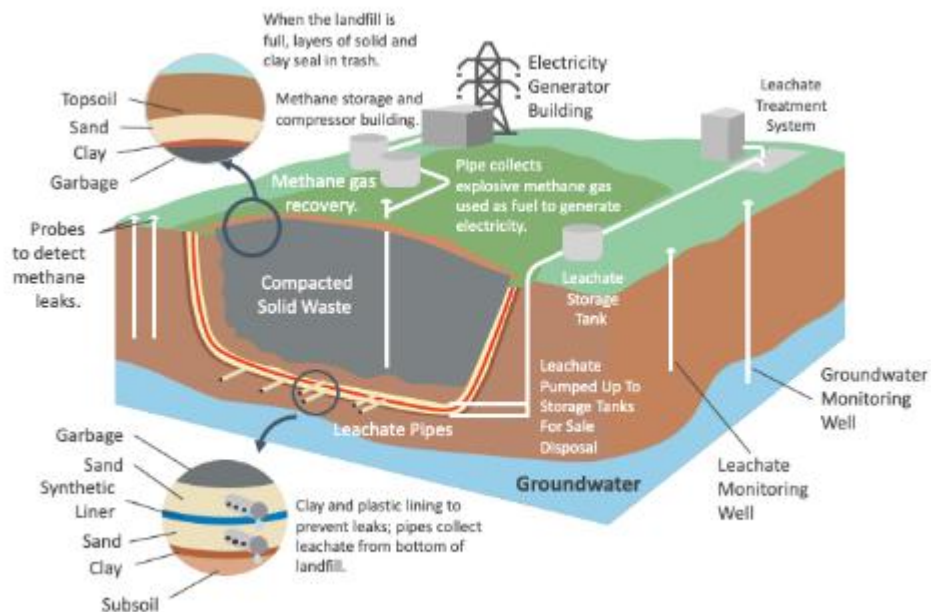
#### 2.4.3. Lahan Urug Saniter (*Sanitary Landfill*)

Menurut Ghosh dan Hasan (2011) lahan urug saniter merupakan salah satu metode tertua dan paling umum dalam pengelolaan TPA. Konsep lahan urug saniter (*sanitary landfill*) pertama diperkenalkan di Inggris pada tahun 1992 sedangkan di USA menjadi metode yang umum digunakan pada tahun 1990 an. Desain TPA mencakup langkah - langkah yang bertujuan untuk melindungi lingkungan terhadap pencemaran air tanah, air permukaan, debu yang berterbangan, bau, bahaya kebakaran, ancaman burung, hama atau tikus, emisi gas rumah kaca, ketidakstabilan lereng dan erosi. TPA dengan sistem lahan urug saniter (*Sanitary landfill*), sampah dibuang ke area penimbunan dalam lapisan tipis, dipadatkan hingga volume terkecil dan ditutup dengan bahan tanah yang sesuai setiap hari untuk mencegah pencemaran lingkungan. Langkah - langkah ini meminimalkan potensi polusi dan mengisolasi sampah dari paparan terhadap lingkungan. Lahan urug saniter biasanya akan tetapi tidak selalu terletak di daerah yang

melayani populasi 5.000 atau lebih dan mungkin menerima semua jenis sampah kota.

Lahan urug saniter (*Sanitary Landfill*) didefinisikan sebagai sistem penimbunan sampah secara sehat dimana sampah dibuang di tempat yang rendah atau parit yang digali untuk menampung sampah, lalu sampah ditimbun dengan tanah yang dilakukan lapis demi lapis sedemikian rupa sehingga sampah tidak berada di alam terbuka (Tchobanoglous, dkk., 2002). Secara internasional metode ini sering digunakan atau menjadi standar pengelolaan sampah dimana sampah ditutup dengan tanah urug yang dilakukan setiap hari sehingga dapat meminimalkan potensi pencemaran yang ditimbulkan, akan tetapi penerapannya perlu penyediaan sarana serta prasarana yang cukup mahal sehingga saat ini baru kota kategori besar dan metropolitan yang dianjurkan untuk menggunakan metode ini.

Berdasarkan PERMEN PU No. 03 tahun 2013 pada metode lahan urug saniter atau *sanitary landfill*, sampah disebar dan dipadatkan lapis per lapis sampai ketebalan sekitar 1,5 m yang terdiri dari lapisan sampah setebal sekitar 0,5 m yang digilas dengan *steel wheel compactor* atau dozer paling tidak sebanyak 4 sampai 6 gilasan, dan setiap hari ditutup oleh tanah penutup setebal minimum 15 cm, sehingga menjadi sel - sel sampah. Setelah terbentuk 3 (tiga) lapisan, timbunan tersebut kemudian ditutup dengan tanah penutup antara setebal minimum 30 cm. Tinggi lapisan setinggi sekitar 5 m disebut sebagai 1 lift, dengan kemiringan talud sel maksimum 1:3 Timbunan sampah dalam bentuk lift tersebut kemudian di atasnya diurug sampah baru, membentuk ketinggian seperti dijelaskan sebelumnya. Lebar sel dibuat antara 1,5 - 3 lebar *blade* alat berat agar manuver alat berat dapat lebih efisien. Sedangkan panjang sel dihitung berdasarkan volume sampah yang akan diurug pada hari itu dibagi dengan lebar dan tebal sel. Batas sel harus dibuat jelas dengan pemasangan patok atau tali sehingga operasi penimbunan sampah dapat berjalan dengan lancar.



**Gambar 2. 5 Lahan Urug Saniter (*Sanitary Landfill*)**

Sumber : Vesilind, et al (2010).

Guna memudahkan masuknya truk pengangkut sampah ke titik pemuatan, maka dibuat jalan semi permanen antar lift, dengan maksimum kemiringan jalan 5%. Elevasi dan batas sub-zona maupun sel urugan sampah tersebut harus dibuat jelas dengan pemasangan patok atau cara lain agar operasi pengurugan dan penimbunan sampah dapat berjalan dengan lancar. Pencegahan terjadinya erosi air permukaan maka dibuat jelas dengan pemasangan patok atau cara lain agar operasi pengurugan dan penimbunan sampah dapat berjalan dengan lancar. Pencegahan terjadinya erosi air permukaan maka dibuat drainasi pelindung penggerusan menuju titik di bawahnya. Pelapisan lahan diprioritaskan dimulai dari lembah (lajur utama pipa lindi). Pelapisan berikutnya adalah di bagian kemiringan dinding sesuai dengan naiknya lift timbunan sampah. Kegiatan pengurugan sampah harus didahului dengan konstruksi berjalan yang secara garis besar terdiri dari : pembuatan sistem pelapisan dasar, pemasangan sistem penangkap dan pengumpulan lindi dan pemasangan sistem pengumpul dan penyalur gas. Desain TPA dengan metode lahan urug saniter (*sanitary landfill*) dapat dilihat pada gambar 2.5.

## 2.5. Sarana Prasarana TPA

Berdasarkan PERMENPU No. 3 tahun 2013 agar pengelolaan sampah dapat berjalan dengan baik diperlukan sarana dan prasarana meliputi :

### a. Fasilitas Dasar

#### - Jalan Masuk

Jalan masuk TPA harus memenuhi kriteria yaitu dapat dilalui kendaraan truk sampah dari 2 arah, lebar jalan 8 m, kemiringan permukaan jalan 2 - 3 % kearah saluran drainase, tipe jalan kelas 3 dan mampu menahan beban perlintasan dengan tekanan gandar 10 ton dan kecepatan kendaraan 30 km/jam

#### - Jalan Operasi

Jalan operasi yang dibutuhkan dalam pengoperasian TPA terdiri dari 3 jenis, yaitu:

1. Jalan operasi penimpunan sampah, jenis jalan bersifat temporer, setiap saat dapat ditimbun dengan sampah.
2. Jalan operasi yang mengelilingi TPA, jenis jalan bersifat permanen dapat berupa jalan beton, aspal atau perkerasan jalan sesuai beban dan kondisi jalan.
3. Jalan penghubung antar fasilitas , yaitu kantor pos/jaga bengkel, tempat parkir, tempat cuci kendaraan, jenis jalan bersifat permanen.

#### - Kantor Pos jaga

sebagai pusat pengendalian kegiatan di TPA baik teknis maupun administrasi, dengan ketentuan luas bangunan kantor tergantung pada lahan yang tersedia dengan mempertimbangkan rencana kegiatan yang akan dilaksanakan antara lain:

- a. Pencatatan sampah
- b. Tampilan rencana tapak dan rencana pengoperasian TPA
- c. Tempat cuci kendaraan
- d. kamar mandi/wc
- e. gudang

- f. bengkel
  - g. alat pemadam kebakaran
  - Drainase  
Drainase TPA berfungsi untuk mengurangi volume air hujan yang jatuh pada area timbunan sampah, jenis drainase dapat berupa drainase permanen (jalan utama disekeliling timbunan terakhir, daerah kantor, gudang, bengkel, tempat cuci) dan drainase sementara (dibuat secara lokal pada zona yang akan dioperasikan).
  - Pagar  
Berfungsi untuk menjaga keamanan TPA dapat berupa pagar tanaman sehingga sekaligus dapat juga berfungsi sebagai daerah penyangga minimal setebal 5 m dan dapat pula dilengkapi dengan pagar kawat atau lainnya.
  - Papan Nama  
Papan nama berisi nama TPA, pengelola jenis sampah, dan waktu kerja yang dipasang di depan pintu masuk TPA
- b. Fasilitas Perlindungan Lingkungan
- Lapisan dasar TPA  
Ketentuan untuk lapisan dasar TPA adalah sebagai berikut :
    1. Lapisan dasar TPA harus kedap air sehingga lindi terhambat meresap kedalam tanah dan tidak mencemari air tanah (koefisien permeabilitas  $<10^{-6}$  cm/det).
    2. Pelapisan dasar kedap air dapat dilakukan dengan cara melapisi dsar TPA dengan tanah lempung yang dipadatkan (30 cm x 2) atau geomembran setebal 1,5 - 2 mm, terkandung pada kondisi tanah.
    3. Dasar TPA harus dilengkapi saluran pipa pengumpul lindi.
    4. Bila menurut desain perlu digunakan geosintesis seperti geomembran, geotekstil, non woven, geonet, dan sebagainya, pemasangan bahan ini hendaknya disesuaikan spesifikasi teknis yang telah direncanakan.
  - Pengumpulan dan pengolahan lindi

Selama pengumpul lindi terdiri dari saluran pengumpul sekunder dan primer. Saluran pengumpul terdiri dari rangkaian pipa PVC, untuk saluran pengumpul primer menggunakan pipa PVC/HDPE dengan diameter minimal 3. Terdapat beberapa alternatif dalam penggunaan teknologi pengolahan lindi antara lain :

1. Alternatif 1 yaitu kolam Anaerobik, Fakultatif, Maturasi, dan Biofilter
  2. Alternatif 2 yaitu Kolam Anaerobik, Fakultatif, Maturasi, dan Landtreatment/Wetland.
  3. Alternatif 3 yaitu Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dengan Aerated Lagoon.
  4. Alternatif 4 yaitu proses koagulasi - flokulasi, sedimentasi, kolam anaerobik atau ABR
  5. Alternatif 5 yaitu proses koagulasi - flokulasi, sedimentasi I, aerated lagoon, sedimentasi II
- Penanganan Gas  
Pada sistem lahan urug saniter gas bio harus dialirkan ke pipa penangkap gas melalui ventilasi sistem penangkap gas, lalu dibakar pada gas flare atau menangkap gas bio tersebut untuk dimanfaatkan.
  - Tanah Penutup  
Tanah penutup dibutuhkan untuk mencegah sampah berserakan, bahaya kebakaran, timbulnya bau, berkembang biaknya lalat atau binatang pengerah, dan mengurangi timbulan lindi. Pengadaan tanah penutup dilakukan setiap tahun anggaran berjalan, maka pengadaan tanah harus diadakan pada awal tahun anggaran berjalan atau pengadaan tanah penutup untuk pengoperasian tahun anggaran berjalan dilakukan pada tahun anggaran sebelumnya dengan jumlah yang cukup untuk pengoperasian dalam setahun. Jumlah pasokan tanah penutup disarankan cukup untuk pengoperasian selama sebulan atau minimal cukup untuk seminggu pengoperasian.
  - Daerah Penyangga / *buffer zone*

Berfungsi untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan pembuangan akhir sampah terhadap lingkungan sekitarnya. Daerah penyangga ini dapat berupa jalur hijau atau pagar tanaman disekeliling TPA. Jenis tanaman yang bisa ditanam adalah tanaman tinggi dikombinasi dengan tanaman perdu yang mudah tumbuh dan rimbun dengan kerapatan pohon adalah 2 - 5 m untuk tanaman keras.

- Sumur Uji

Berfungsi untuk memantau kemungkinan terjadinya pencemaran lindi terhadap air tanah disekitar TPA dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Lokasi sumur uji harus terletak pada area pos jaga (sebelum lokasi penimbunan sampah), dilokasi sekitar penimbunan dan pada lokasi setelah penimbunan.
2. Penempatan lokasi harus tidak pada daerah yang akan tertimbun sampah.
3. Kedalaman sumur 20 - 25 m dengan luas 1 m

c. Fasilitas Penunjang

- Jembatan timbang

Berfungsi untuk menghitung berat sampah yang masuk ke TPA dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Jembatan timbang diwajibkan untuk kota atau kabupaten dengan timbulan sampah min 5 ton/hari
2. Lokasi jembatan timbang harus dekat dengan kantor / pos jaga dan terletak pada jalan masuk TPA
3. Mampu menahan beban min. 5 ton dengan lebar jembatan timbang min. 3,5 m

- Fasilitas Air Bersih

Fasilitas air bersih akan digunakan terutama untuk kebutuhan kantor, pencucian kendaraan (truk dan alat berat), maupun fasilitas TPA lainnya. Penyediaan air bersih ini dapat dilakukan dengan sumur bor dan pompa.

- Bengkel / Hangar

Bengkel/garasi/hangar berfungsi untuk menyimpan dan atau memperbaiki kendaraan atau alat besar yang rusak. Luas bangunan yang akan direncanakan harus dapat menampung 3 kendaraan. Peralatan bengkel minimal yang harus ada di TPA adalah peralatan untuk pemeliharaan dan kerusakan ringan.

- Fasilitas Operasional

Fasilitas operasional di lokasi TPA berupa alat berat. Pemilihan alat berat harus mempertimbangkan kegiatan pemrosesan akhir seperti pemindahan sampah, pemadatan sampah, penggalian/pemindahan tanah. Pemilihan alat berat harus disesuaikan dengan kebutuhan (jumlah, jenis, dan ukuran). Peralatan dan perlengkapan yang digunakan di TPA sebagai berikut :

1. *Buldoze* untuk perataan, pengurugan, dan pemadatan
2. *Crawl/track dozer* untuk pemadatan pada tanah lunak
3. *Wheel dozer* untuk perataan dan pengurugan
4. *Loader dan powershowel* untuk penggalian, perataan, pengurugan, dan pemadatan
5. *Dragline* untuk penggalian dan pengurugan
6. *Scraper* untuk pengurugan tanah dan peralatan
7. Kompaktor (*Landfill compactor*) untuk pemadatan timbunan sampah pada lokasi dalam

Rata-rata kebutuhan peralatan untuk TPA dengan metode lahan urug saniter (*sanitary landfill*) menurut Tchobanoglous, dkk., (1993) dapat dilihat pada tabel 2.5.

**Tabel 2. 5 Rata - rata kebutuhan peralatan untuk TPA dengan metode lahan urug saniter (*sanitary landfill*)**

Jumlah Penduduk	Sampah Harian, Ton	Peralatan			Perlengkapan
		Jumlah	Jenis	Berat, lb	
0 - 20.000	0 - 50	1	<i>Tractor, Crawler</i>	10.000 - 30.000	<i>Dozer blade Front end loader (1 - 2 yd<sup>3</sup>) Trash blade</i>
20.000 - 50.000	50 - 150	1 1 1	<i>Tractor, Crawler Scraper Water Truck</i>	30.000 - 60.000	<i>Dozer blade Front end loader (2 - 4 yd<sup>3</sup>) Bullclam Trash blade</i>
50.000 - 100.000	150 - 300	1-2 1 1	<i>Tractor, Crawler Scraper Water Truck</i>	30.000 +	<i>Dozer blade Front end loader (2 - 5 yd<sup>3</sup>) Bullclam Trash blade</i>
> 100.000	300*	1-2 1 1 1 1	<i>Tractor, Crawler Steel wheel Compactor Scraper Water Truck Road Grader</i>	45.000 +	<i>Dozer blade Front end loader (2 - 5 yd<sup>3</sup>) Bullclam Trash blade</i>

## 2.6. Teknik Operasional TPA

Berdasarkan PERMENPU No. 3 tahun 2013 teknik operasional TPA adalah :

### a. Penanganan sampah yang masuk

Setiap truk atau kendaraan pengangkut sampah yang masuk ke TPA membawa sampah harus melalui petugas registrasi di pos pengendalian guna dicatat jumlah, jenis, dan sumbernya serta tanggal waktu pemasukan. Petugas mencatat secara rutin jumlah sampah yang masuk dalam satuan volum (m<sup>3</sup>) atau dalam satuan berat (ton) per hari. Pencatatan dilakukan

secara praktis di jembatan timbang/pos jaga dengan mengurangi berat truk masuk (isi) dengan berat truk keluar TPA (kosong). Petugas berkewajiban menolak sampah yang dibawa dan akan diproses di TPA bila tidak sesuai ketentuan.

Petugas mengarahkan pengangkutan sampah dari pos penerimaan ke lokasi sel yang dioperasikan sesuai dengan rute yang telah ditentukan. Letak titik pembongkaran harus diatur dan diinformasikan secara jelas kepada pengemudi truk agar mereka membuang pada titik yang benar sehingga proses berikutnya dapat dilaksanakan dengan efisien. Pemrosesan sampah masuk di TPA dapat terdiri dari menuju area pengurangan untuk diurug, menuju area pemrosesan lain selain pengurangan, atau menuju area transit untuk diangkut ke luar TPA. Pengemudi truk pengangkut sampah dilarang membuang sampah di mana saja kecuali di tempat yang telah ditentukan oleh pengawas lapangan/petugas.

b. Pembongkaran sampah

Pembongkaran sampah dilakukan di titik bongkar yang telah ditentukan dengan manuver kendaraan sesuai petunjuk pengawas. Titik bongkar umumnya diletakkan di tepi sel yang sedang dioperasikan dan berdekatan dengan jalan kerja sehingga kendaraan truk dapat dengan mudah mencapainya. Jumlah titik bongkar sendiri pada setiap sel ditentukan oleh beberapa faktor yaitu lebar sel, waktu bongkar rata - rata dan frekuensi kedatangan truk pada jam puncak. Setiap kendaraan yang datang diupayakan agar dapat segera mencapai titik bongkar dan melakukan pembongkaran sampah agar efisiensi kendaraan dapat dicapai. Sampah kemudian dituangkan secara teratur sesuai arahan petugas lapangan di area kerja aktif (*working face area*) yang tersedia.

c. Perataan dan Pemadatan Sampah

Pekerjaan perataan dan pemadatan sampah dilakukan dengan memperhatikan efisiensi operasi alat berat. Perataan sampah oleh alat berat dilakukan lapis per lapis agar tercapai kepadatan optimum yang diinginkan

sehingga stabilitas permukaannya dapat menyangga lapisan berikutnya. Perataan dan pemadatan sampah dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi pemanfaatan lahan yang efisien dan stabilitas permukaan TPA yang baik. TPA dengan intensitas kedatangan truk yang tinggi, perataan dan pemadatan perlu segera dilakukan setelah sampah menngunung sehingga pekerjaan perataannya akan kurang efisien dilakukan. Sedangkan pada TPA dengan frekuensi kedatangan truk yang rendah maka perataan dan pemadatan sampah dapat dilakukan secara periodik.

d. Penutupan Sampah

Jenis tanah penutup adalah tanah yang tidak kedap. Periode penutupan tanah harus disesuaikan dengan metode pembuangannya, untuk lahan urug saniter penutupan tanah dilakukan setiap hari.

Sistem penutup akhir pada lahan urug saniter terdiri atas beberapa lapis, yaitu berturut - turut dari bawah ke atas:

1. Di atas timbunan sampah terdapat lapisan tanah penutup reguler (harian atau antara). Bila sel harian tidak akan dilanjutkan untuk jangka waktu lebih dari 1 bulan, maka dibutuhkan penutup antara setebal 30 cm dengan pemadatan.
2. Lapisan karpet kerikil berdiameter 30 - 50 mm sebagai penangkap gas horizontal setebal 20 cm , yang berhubungan dengan perpipaan penangkap gas vertikal
3. Lapisan tanah liat setebal 20 cm dengan permeabilitas maksimum sebesar  $1 \times 10^{-7}$  cm/det
4. Lapisan karpet kerikil *under-drain* penangkap air infiltrasi terdiri dari media kerikil berdiameter 30 - 50 mm setebal 20 cm, menuju sistem drainase.
5. Bilamana diperlukan di atasnya dipasang lapisan geotekstil untuk mencegah masuknya tanah di atasnya.
6. Lapisan tanah humus setebal minimum 60 cm.
7. Pada area yang telah dilaksanakan penutupan final diharuskan ditanami pohon yang sesuai dengan kondisi daerah setempat.

Tanah penutup reguler dipadatkan menggunakan alat berat, dan diarahkan dengan kemiringan dasar menuju pengumpul aliran drainase. Air *run-off* diupayakan agar tidak bercampur dengan saluran penampung lindi yang keluar secara lateral. Kemiringan tanah penutup akhir hendaknya mempunyai *grading* dengan kemiringan maksimum 1:3 untuk menghindari terjadinya erosi. Selain itu berfungsi untuk memudahkan perawatan dan meningkatkan stabilitas lereng. Kemiringan dan kondisi tanah penutup harus dikontrol setiap hari untuk menjamin peran dan fungsinya, bilamana perlu dilakukan penambahan dan perbaikan pada lapisan ini.

Penutupan sampah dengan tanah serta proses pematatannya dilakukan secara bertahap sel demi sel, sehingga setelah sel lapisan pertama selesai maka dapat dilanjutkan dengan membuat lapisan selanjutnya di atasnya. Lapisan tanah penutup hendaknya tidak tergerus selama menunggu penggunaan, seperti tergerus hujan, tergerus akibat operasi rutin, khususnya akibat truk pengangkut sampah dan operasi alat berat yang lalu di atasnya. Apabila sulit mendapatkan tanah penutup, dapat digunakan reruntuhan bangunan, sampah lama atau kompos, debu, sapuan jalan, dan hasil pembersihan saluran sebagai pengganti tanah penutup.

Menurut Permen PU no. 3 tahun 2013 pemulung ataupun kegiatan peternakan di lokasi TPA dan sekitarnya tidak dilarang, tetapi sebaiknya dikendalikan oleh suatu peraturan untuk ketertiban kegiatan tersebut. Ringkasan parameter - parameter yang harus ada pada TPA dengan metode lahan urug saniter (*sanitary landfill*) dapat dilihat pada tabel 2.6

**Tabel 2. 6 Komponen pada TPA dengan Sistem Lahan Urug Saniter**

No	Parameter	Lahan Urug Saniter
A.	Proteksi terhadap lingkungan	
1	Dasar lahan urug menuju suatu	Tanah setempat dipadatkan, liner dasar

No	Parameter	Lahan Urug Saniter
	titik tertentu	dengan tanah permeabilitas rendah, bila diperlukan gunakan geomembran
2	Liner dasar	Tanah dengan permeabilitas rendah dipadatkan 3 x 30 cm, bila perlu gunakan geomembran HDPE
3	Karpet kerikil minimum 20 cm	Diharuskan
4	Pasir pelindung minimum 20 cm	Diharuskan
5	Drainase/ tanggul keliling	Diharuskan
6	Drainase lokal	Diharuskan
7	Pengumpul lindi	Sistem saluran dan pipa perforasi
8	Kolam penampung	Diharuskan
9	Resirkulasi lindi	Diharuskan
10	Pengolah lindi	Pengolahan biologis, bila perlu ditambah pengolahan kimia dan <i>landtreatment</i>
11	Sumur pantau	Minimum 1 hulu dan 2 hilir dan 1 unit di luar lokasi sesuai arah aliran air tanah
12	Ventilasi gas	Sistem vertikal beronjong kerikil dan pipa, karpet kerikil setiap 5 m lapisan, dihubungkan dengan perpipaan <i>recovery gas</i>
13	Jalur hijau penyangga	Diharuskan
14	Tanah penutup rutin	setiap hari
15	Sistem penutup antara	Bila tidak digunakan lebih dari 1 bulan dan setiap mencapai ketinggian lapisan 5 m
16	Sistem penutup final	Sistem terpadu dengan lapisan kedap, subdrainase air permukaan, pelindung karpet penangkap gas, bila perlu dengan geosintesis diakhiri dengan topsoil minimum 60 cm

No	Parameter	Lahan Urug Saniter
17	Pengendali vektor dan bau	Diharuskan
B.	Pengoperasian Landfill	
1	Alat berat	<i>Dozer, loader, dan excavator</i>
2	Transportasi lokal	Diharuskan
3	Cadangan bahan bakar	Diharuskan
4	Pelataran unloading dan manuver	Diharuskan
5	Jalan operasi utama	Diharuskan
6	Jalan operasi dalam area	Diharuskan
7	Jembatan Timbang	Diharuskan
8	Ruang Registrasi	Diharuskan
9	Laboratorium Air	Diharuskan
C.	Sarana Prasarana	
1	Papan Nama	Diharuskan
2	Pintu Gerbang Pagar	Diharuskan
3	Kantor TPA	Diharuskan
4	Garasi alat berat	Diharuskan
5	Gudang	Diharuskan
6	Workshop dan peralatan	Diharuskan
7	Pemadam Kebakaran	Diharuskan
8	Fasilitas Toilet	Diharuskan
9	Cuci Kendaraan	Diharuskan
10	Penyediaan Air Bersih	Diharuskan
11	Listrik	Diharuskan
12	Alat Komunikasi	Diharuskan

No	Parameter	Lahan Urug Saniter
13	Ruang jaga	Diharuskan
14	Area khusus daur ulang	Diharuskan
15	Area transit limbah B3 rumah tangga	Diharuskan
16	P3K	Diharuskan
17	Tempat Ibadah	Diharuskan

Sumber : PERMENPU No. 3 Tahun 2013

## 2.7. Masa Pakai Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Desain TPA dengan sistem lahan urug saniter (*sanitary landfill*) dibuat untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan sehingga sampah dapat kembali ke lingkungan dengan aman. Evaluasi pengelolaan TPA menjadi penting untuk memastikan penggunaan fasilitas dan kegiatan operasional TPA yang optimal untuk meningkatkan umur operasinya dan menurunkan dampak negatif yang dapat timbul (Owuso-Nimo, dkk, 2019). Operasional pengelolaan sampah di TPA menggunakan metode lahan urug saniter terdiri atas beberapa tahap salah satunya adalah proses pemadatan dan pelapisan dengan tanah penutup. Menurut SNI 19-2454-2002 pemadatan sampah adalah upaya mengurangi volume sampah dengan cara dipadatkan baik secara manual maupun mekanis, sehingga pengangkutan ke tempat pembuangan akhir lebih efisien. Proses pemadatan di TPA selain untuk mendapatkan stabilitas permukaan TPA yang baik tapi juga dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi pemanfaatan lahan yang efisien. Adanya pemadatan di TPA membutuhkan peralatan berupa alat berat yang mampu memadatkan volume sampah yang akan ditimbun hingga beberapa persen lebih kecil. Contohnya pada *buldozer* yang tidak hanya berfungsi meratakan dan memadatkan sampah tapi juga menempatkan dan meratakan material tanah penutup. Alat ini mampu menurunkan densitas sampah dari 475 menjadi 590 kg/m<sup>3</sup>. Peralatan lain yang bisa digunakan adalah *compactor* merupakan alat yang efektif dalam

meratakan dan memadatkan sampah dalam jumlah yang besar sekitar 25 ton, alat ini mampu memadatkan sampah dalam jumlah yang besar sekitar 25 ton, alat ini mampu memadatkan sampah dari 710 menjadi 950 kg/m<sup>3</sup> (Worrel dan Vesilind, 2012). Penelitian di TPA Oti, Ghana menunjukkan bahwa pemadatan sampah dilakukan secara maksimal dapat meningkatkan volume ruang kosong yang tersedia di TPA sehingga TPA dapat menerima sampah lebih dari yang diperkirakan yaitu 15 tahun (Owuso-Nimo, dkk, 2019). Berbeda dengan proses pemadatan yang bisa menambahkan ruang kosong di TPA untuk diisi oleh sampah lebih banyak lagi akan tetapi sebaliknya kegiatan penutupan sampah dengan tanah justru dapat mengurangi kapasitas TPA. Akan tetap langkah tersebut diharuskan dalam TPA dengan sistem lahan urug saniter karena menurut Worrell dan Vesilind (2012) penutupan sampah harian memiliki fungsi penting dalam perlindungan lingkungan antara lain:

1. Mengendalikan vektor penyakit
2. Meminimalisir bau, sampah, dan emisi udara
3. Mengurangi resiko kebakaran
4. Meminimalisir produksi lindi

Menurut Marliani (2014) semakin sedikit jumlah sampah dan semakin dekat sampah dikelola maka pengelolaannya akan semakin mudah dan baik serta dampak negatif yang ditimbulkan juga semakin sedikit. Apabila proses pengelolaan sampah dilakukan dengan baik mulai dari sumbernya, sisa sampah akhir atau residu yang benar - benar tidak dapat dimanfaatkan lagi hanya sebesar 10 %. Berdasarkan penelitian Zahra dan Damanhuri (2011) di TPA Cipayung memiliki komposisi sampah plastik sebesar 16,66% terutama jenis tas kresek. Hal tersebut menunjukkan bahwa masih ada potensi daur ulang di TPA dan apabila peluang ini dapat dimaksimalkan maka dapat mengurangi sampah di TPA dan memperpanjang masa pakai TPA. Penelitian juga dilakukan di TPA Basirih Banjarmasin oleh Mahyudin, dkk., (2015) yang menunjukan bahawa sampah organik di TPA Basirih memiliki komposisi terbesar + 60% sedangkan sampah anorganik + 40% , dimana 26,02% sampah

anorganik masih bisa digunakan, sementara 13,98% sampah tidak bisa dimanfaatkan. Penelitian pun dilakukan di TPA Ori, Ghana menemukan bahwa jumlah sampah plastik di TPA masih tinggi yaitu hingga 58% sehingga masih memiliki potensi untuk dilakukan daur ulang sampah (Owuso-Nimo, dkk, 2019). Menurut Ghosh dan Hasan (2011) peningkatan minat untuk mengelola sampah dengan konsep 3R dapat mengakibatkan penurunan yang cukup besar pada volume sampah yang harus dikelola di TPA. Selain itu, peningkatan pada desain teknis dan praktek dalam konstruksi maupun keberlangsungan pengelolaan sampah TPA dapat juga meningkatkan kapasitas dan masa pakai TPA. Menurut Baba, dkk (2012) pengelolaan sampah dengan konsep *reduce, reuse, dan recycle* (3R) dapat mengurangi atau mencegah emisi gas rumah kaca, mengurangi pelepasan polutan, penghematan sumber daya, menghemat energi dan mengurangi permintaan akan teknologi pengolahan sampah dan lahan TPA.

Menurut Anatolia, dkk (2015) pengelolaan sampah dengan mekanisme *reduce, reuse, dan recycle* (3R) memiliki keunggulan antara lain :

1. Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah dan adanya organisasi pengelolaan sampah akan memberikan dampak sosial yang positif. Adanya interaksi antar individu dalam masyarakat akan memberikan pengaruh positif bagi kehidupan masyarakat.
2. Dampak lain yang dapat memberikan motivasi tambahan bagi masyarakat dalam pengelolaan sampah adalah aspek ekonomi, pendapatan, dan penjualan kompos serta dari penjualan sampah anorganik yang dapat dijual kembali, akan dapat menambah pendapatan kelompok.
3. Lingkungan akan menjadi bersih dan sehat karena semua sampah dapat termanfaatkan. Masyarakat akan mendapat keuntungan secara tidak langsung dari penurunan biaya pengobatan anggota keluarga yang sakit akibat sanitasi lingkungan yang buruk.
4. Jumlah sampah yang harus diangkat menuju TPA menjadi berkurang, hal ini akan dapat memperpanjang umur TPA. Dengan demikian tidak lagi di pusingkan untuk mencari lahan TPA yang baru.

## 2.8. Analisis *Mass Balance*

Berdasarkan teori Tchobanoglous, dkk (1993), analisis keseimbangan massa (*Mass Balance Analysis*) adalah analisis keseimbangan material tiap-tiap sumber timbulan sampah. Metode pengukuran yang paling baik dalam menentukan timbulan sampah serta perpindahannya dengan tingkat yang dapat diandalkan adalah melakukan secara detail analisa keseimbangan massa untuk setiap sumber yang menghasilkan timbulan sampah. Keseimbangan massa sampah digunakan untuk mengetahui jumlah sampah yang dapat direduksi atau residu. Menurut Wuryanti (2016), keseimbangan massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan – bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Apapun sifatnya, aliran masuk selalu seimbang dengan aliran keluar. Prinsip keseimbangan massa dapat dinyatakan dengan Gambar 2.6 berikut :



**Massa masuk = massa keluar**

**Gambar 2. 6 Bagan mass balance**  
Sumber: Wuryanti, 2016

Menurut Astari dan Warmadewanthi (2010), analisis *mass balance* dilakukan dengan tahapan – tahapan sebagai berikut :

### 1. Pengukuran timbulan sampah

Jumlah timbulan sampah diketahui dengan melakukan survei lapangan selama tujuh hari berturut – turut, jumlah timbulan sampah diketahui dalam satuan volume maupun berat per kapita perhari

### 2. Mengetahui komposisi sampah

Komposisi sampah terdiri dari jenis sampah kering dan sampah basah. Komposisi sampah basah dipisahkan berdasarkan jenisnya dengan satuan volume maupun berat per kapita perhari

### 3. Mengetahui nilai *recovery factor*

Nilai *recovery factor* diketahui berdasarkan penelitian langsung di lapangan dengan melakukan perbandingan berat rata-rata sampah sebelum dan setelah dilakukan pemilahan oleh pemulung dan petugas, serta pengomposan.

### 4. Menghitung kesetimbangan massa

Analisis mengenai kesetimbangan massa aliran sampah untuk mengetahui potensi sampah yang dapat direduksi. Perhitungan kesetimbangan massa dilakukan berdasarkan rata-rata perhitungan *recovery factor* sampah rumah tangga.

Perhitungan potensi reduksi sampah dengan *mass balance analysis* dilakukan dengan mengetahui jumlah timbulan sampah, komposisi sampah, dan nilai *recovery factor*. Perhitungan potensi reduksi sampah dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut :

**Tabel 2. 7 Perhitungan mass balance analysis**

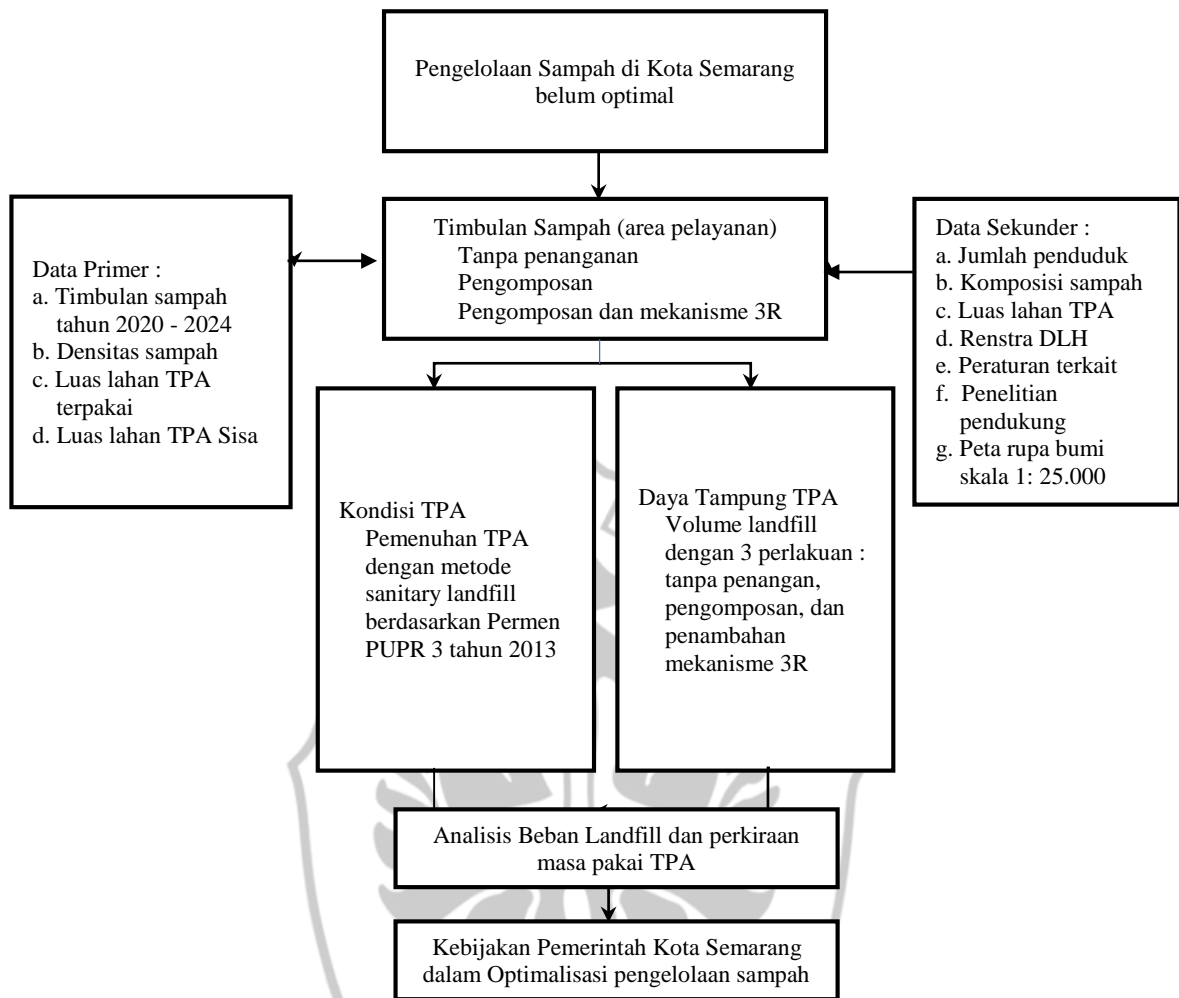
Jenis Sampah	Berat Sampah (Kg)	<i>Recovery Factor</i> (%)	Berat Reduksi (Kg)	Berat Residu (Kg)
Kertas Plastik Kain Kayu Karet Kaca Logam Lain-lain	Besaran berat sampah	Besaran (didapatkan melalui pengukuran jumlah (berat) sampah yang diambil oleh petugas kebersihan serta sampah yang dikomposkan di lokasi pengomposan TPA selama 7 (tujuh) hari berturut - turut	Berat reduksi sampah dihitung dengan melakukan perkalian antara berat sampah dengan Rf (%) , kemudian dibagi dengan 100%	Berat sampah (Kg) – Berat R (Kg)
Total	$\Sigma$ berat sampah		$\Sigma$ berat R	$\Sigma$ berat residu

Sumber : Safura (2020)

## 2.9. Kerangka Berpikir

Dengan bertambahnya jumlah penduduk maka akan mengakibatkan semakin beratnya tekanan lingkungan. Hal ini terjadi saat tidak dapat mengimbangi penanganan ekosistem lingkungan secara bijaksana, sehingga terjadi kerusakan lingkungan yang berdampak kepada kehidupan manusia secara makro. Oleh karena itu perlu adanya upaya kedepan secara bijak dalam menyikapi permasalahan yang timbul guna tetap mempertahankan kelestarian dan kualitas lingkungan. Masalah persampahan akan semakin meningkat dengan pertambahan penduduk yang tidak terkendali (Damanhuri, 2011). Hal ini akan menjadi permasalahan saat penanganan sampah pada sumbernya tidak dilakukan secara optimal dan lahan pada Tempat Pemrosesan Akhir sulit didapat. Untuk itu perlu dilakukan penelitian terkait hal tersebut untuk mengoptimalkan lahan TPA yang tersedia dengan melakukan pengurangan sampah dengan proses pengomposan dan mekanisme 3R serta kesesuaian aspek teknis dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Penelitian ini dilakukan dengan obyek penanganan sampah di Kota Semarang dengan lokasi pengelolaan akhir sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Jatibarang Kecamatan Mijen Kota Semarang. Adapun kerangka berpikir pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Sekolah Pascasarjana



**Gambar 2. 7 Kerangka Berpikir**

Hipotesis merupakan pernyataan sementara yang merupakan jawaban dari perumusan masalah sesuai dengan kerangka pemikiran penelitian. Bahwa dalam penelitian ini digunakan metode penelitian melalui analisis dan kajian data, baik data primer dan sekunder dengan memadukan unsur biotik, abiotik dan *culture* dengan menghasilkan hipotesis sebagai berikut.

1. TPA Jatibarang Kota Semarang telah menerapkan Pengolahan *Sanitary Landfill* sesuai dengan Permen PU 3 Tahun 2013.
2. Perkiraan masa pakai TPA Jatibarang hingga tahun 2029 tanpa melakukan tindakan penanganan.

3. Volume sampah yang masuk ke TPA sebesar  $1500 \text{ m}^3$  /hari (massa jenis sampah  $600 \text{ kg/m}^3$  dengan massa 900 ton/hari, sehingga diperlukan langkah penanganan sampah yang lebih optimal.
4. Dengan implementasi Perda No 6 Tahun 2012 tentang Pengolahan Sampah dengan sistem pengomposan maka penerapan sistem pengomposan dan mekanisme 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*) akan menurunkan beban TPA dan dapat memperpanjang masa pakai TPA lebih dari tahun 2029.



Sekolah Pascasarjana