

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penyusunan penulisan ini, peneliti mengumpulkan data dari berbagai jurnal baik nasional maupun internasional sebagai penelitian yang relevan untuk dibahas dalam penelitian ini, antara lain:



Tabel 1 - Hasil Penelitian Terdahulu (Dokumen Pribadi, 2023)

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Keterangan
1.	Hendro David Patar Sibagariang, Fatimah, Zulkifli B Lubis	<i>Design of a Community-Based Waste Management System in Rengas Pulau, Medan Marelán District, Medan City</i>	Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pengelolaan sampah, menggunakan analisis SWOT untuk memformulasikan pengelolaan sampah berbasis komunitas	Terdapat <i>pain and gain points</i> yang dapat diimplementasikan pada sistem berbasis komunitas.
2.	M Rois, A Mubarak and A Suzianti IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 464 (2020)	<i>Designing Solution for Organic Waste Management System with Design Thinking Approach (Case Study in Depok)</i>	Mencari metode pengolahan volume sampah organik yang perlu diolah secara khusus dalam skala besar di Depok.	Diperlukan adanya penghubung antar penggerak atau <i>stakeholder</i> dan data komputerisasi yang dapat memenuhi kebutuhan komunitas dalam mengolah sampah secara transparan.

3.	Hendro Putra Johannes Journal of environmental Science and Sustainable Development	<i>Waste Reduction Through Integrated Waste Management Modeling at Mustika Residence (Tangerang)</i>	Menganalisis pengurangan timbulan sampah melalui TPST Mustika Residence di Tangerang menggunakan model sistem dinamis (CLD) dan (SFD)	Melalui hasil penelitian, ditemukan model ekonomi sirkular pada TPST yang berhasil mengayomi masyarakat untuk berpartisipasi dan mengurangi sampah yang dihasilkan dengan melakukan <i>composting</i> .
4.	Aretha Aprilia, Tetsuo Tezuka and Gert Spaargaren	<i>Household Solid Waste Management in Jakarta, Indonesia: A Socio-Economic Evaluation</i>	Mengidentifikasi masalah yang terjadi mulai dari perilaku rumah tangga hingga mengerti persepsi masyarakat mengenai situasi terkini.	Penelitian ini mengemukakan <i>composting</i> sebagai salah satu cara yang mudah digunakan, berbasis komunitas dan dapat menghemat materi masih jarang dipakai akibat beberapa faktor. Salah satu alasan jaranganya ditemukan metode ini adalah kurangnya <i>communal composting area</i> .
5.	Deasy Olivia, Ida Ayu Sawitri Dian Mawarni, Harianto	Pengelolaan Sampah <i>Home Industry</i> berbasis	Pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mendorong partisipasi masyarakat	Edukasi menjadi salah satu faktor penentu dalam menentukan partisipasi masyarakat untuk memilah dan

	Hardjasaputra, Ade Firmansyah PKM-CSR, Vol. 2 (2019)	Partisipatif di Kelurahan Kerangan	Kelurahan Kerangan dengan mengubah persepsi dan pola pikir masyarakat dalam mengolah sampah.	mengolah sampah.
6.	Nur Azizah Affandy, Enik Isnaini, Cicik Herlina Yulianti Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015	Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Komprehensif Menuju Zero Waste	Penelitian ini bertujuan untuk menelusuri besarnya peran masyarakat dalam mengelola sampah yang timbul dari rumah tangga Kecamatan Lamongan secara komprehensif	Peran serta masyarakat menjadi kunci keberhasilan gerakan zero waste. Dalam mengevaluasi keberhasilan dalam pengelolaan sampah, diperlukan beberapa aspek mulai dari perilaku, pemahaman, pelaksanaan, dan kelestarian lingkungan.
7.	Hafizhul Khair Disertasi Teknik Lingkungan Universitas Kitakyushu (2019)	<i>Study on Waste Bank Activities in Indonesia Towards Sustainable Municipal Solid Waste Management</i>	Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari manajemen bank sampah terhadap <i>Municipal Solid Waste (MSW)</i> atau timbulan sampah di Kota Medan.	Bank sampah terbukti dapat mengurangi beban lingkungan dan membantu secara finansial. Penelitian ini juga mencakup beberapa simulasi pengembangan menunjukkan bank sampah dapat lebih ramah lingkungan dan mengurangi gas karbon yang dihasilkan.

2.2 Sampah

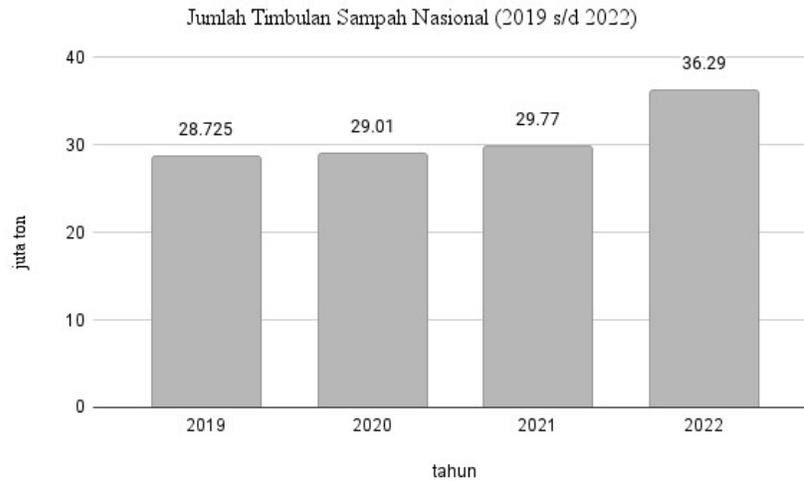
Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia no 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, sampah merupakan sisa yang dihasilkan oleh kegiatan mahasiswa atau proses alami yang berbentuk padat. Terdapat sampah spesifik yang dikategorikan sedemikian rupa karena sifat, konsentrasi atau diperlukan pengelolaan sampah terhadap tumpukan sampah tertentu. Semua proses alam atau orang yang menghasilkan timbulan sampah disebut sebagai penghasil sampah. Menurut United States Environmental Protection Agency (2023), sampah adalah bahan padat yang dihasilkan oleh manusia dari aktivitas sehari-hari baik itu industrial, komersial, agrikultural, dan lainnya, yang meliputi bahan organik, kertas, kardus, kemasan, barang-barang bekas, dan bahan lainnya. Menurut National Geographic Society, sampah adalah bahan-bahan yang tidak diinginkan yang telah mencapai akhir dari kegunaannya dan harus dibuang, dibakar, atau didaur ulang. Melalui beberapa pengertian mengenai sampah, dapat diartikan bahwa sampah adalah hasil dari aktivitas manusia, terdiri dari berbagai jenis bahan, dan dapat memiliki dampak negatif pada lingkungan jika tidak dikelola dengan baik melalui praktik-praktik seperti pengurangan, penggunaan kembali, daur ulang, dan pembuangan yang tepat.

2.2.1 Jenis Sampah

Secara umum, sampah dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu sampah anorganik dan sampah organik. Limbah atau sampah yang bersifat organik adalah sampah yang dihasilkan secara alami sebagaimana makhluk hidup seperti hewan, manusia, dan tumbuhan mengalami dekomposisi dengan bantuan organisme lain seperti bakteri, cacing, dan sebagainya. Sampah anorganik merupakan sampah yang berasal dari hasil kegiatan manusia yang sulit untuk diurai hingga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk diolah dan dihancurkan. Beberapa sampah anorganik yang biasa ditemukan di rumah tangga biasanya berbahan plastik seperti botol, tas, kemasan produk, dan kaleng (Taufik & Maulana, 2015; Olivia, Mawarni, Hardjasaputra, & Firmansyah, 2019).

2.2.2 Jumlah Timbulan Sampah Tahunan Indonesia

Timbulan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dari masyarakat dalam satuan volume maupun berat per kapita per hari, atau perluas bangunan, atau perpanjang jalan (Artiani & Handayasari, 2015).



Gambar 2.1 Jumlah Timbulan Sampah Tahunan Indonesia (SIPSN, 2023)

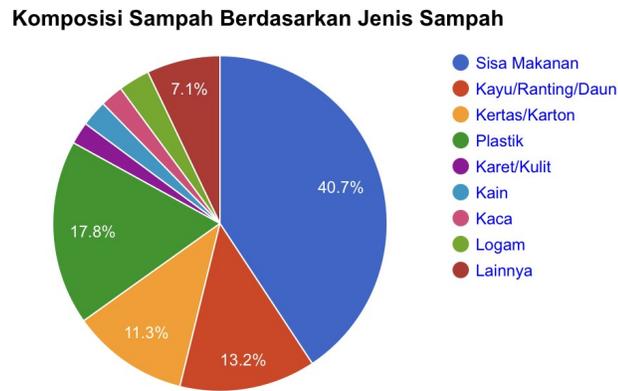


Gambar 2.2 Jumlah Timbulan Sampah Tahunan Jakarta (SIPSN, 2023)

Jumlah sampah yang dihasilkan pada 2020 diketahui meningkat 12,63% dari jumlah sampah pada 2019. Berdasarkan data SIPSN, terjadi peningkatan timbulan sampah dari tahun ke tahun, pada tahun 2022 timbulan sampah yang ditemukan sebanyak 36.29 juta ton. Diketahui sebanyak 65,83% sampah di Indonesia masih diteruskan ke TPA tanpa pemilahan sampah sesuai jenisnya

(KLHK, 2019). Dari data diatas, ditemukan sebuah keperluan untuk mengayomi masyarakat dalam mengolah sampah secara mandiri supaya dapat mengurangi jumlah timbulan sampah di Indonesia mulai dari sumbernya sebagai penghasil sampah.

2.2.3 Komposisi Sampah Berdasarkan Jenis Sampah



Gambar 2.3 Komposisi sampah Berdasarkan Jenis Sampah (KLHK, 2022)

Berdasarkan data capaian hasil penginputan data yang dilakukan oleh 298 Kabupaten/Kota di Indonesia pada tahun 2022 oleh SIPSN, timbulan sampah di Indonesia didominasi oleh sampah organik, sebesar 40,7% merupakan sampah sisa makanan, 13,2% merupakan sampah kayu/ranting/daun, 11,3% lainnya merupakan kertas dan karton. Sisanya merupakan sampah anorganik sebesar 17,8%. Hal ini menekankan pentingnya penanggulangan terhadap timbulan sampah organik, khususnya sisa makanan di Indonesia.

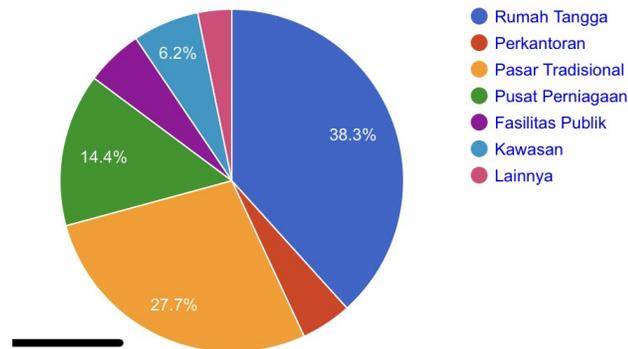
2.2.4 Komposisi Sampah Berdasarkan Sumber Sampah

Menurut Gilbert dkk. dalam Artiningsih (2008, Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Kulon Progo), sumber timbulan sampah dapat dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu :

1. Sampah dari pemukiman penduduk
2. Sampah dari tempat – tempat umum dan perdagangan (pasar, pertokoan, dan tempat perdagangan)

3. Sampah dari sarana pelayanan masyarakat milik pemerintah (tempat hiburan umum, pantai, masjid, rumah sakit, bioskop, perkantoran, dan sarana pemerintah lainnya)
4. Sampah dari industri
5. Sampah Pertanian

Komposisi Sampah Berdasarkan Sumber Sampah



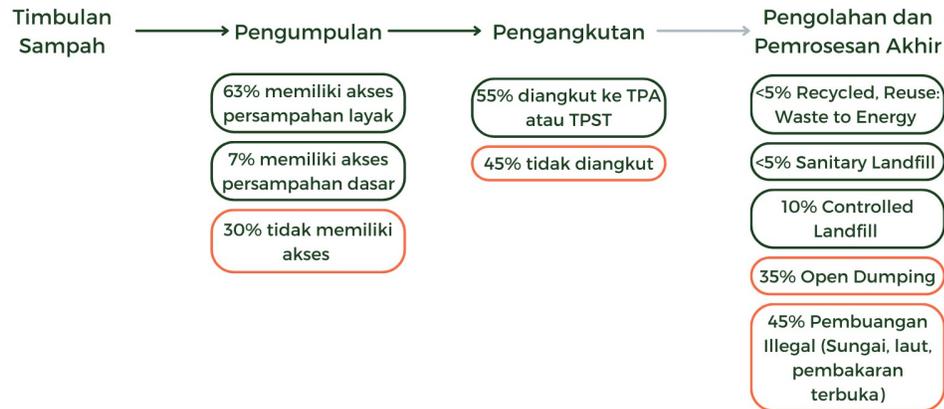
Gambar 2.4 Komposisi sampah Berdasarkan Sumber Sampah (KLHK, 2022)

SIPSN mengkategorisasikan komposisi sampah berdasarkan sumbernya, yaitu sebanyak 38,3% berasal dari rumah tangga, sebanyak 27,7% lainnya merupakan sampah dari pasar tradisional, 14,4% lainnya bersumber dari pusat perniagaan, 6,2% lainnya berasal dari kawasan, 4,8% lainnya berasal dari perkantoran. Kemudian, sebanyak 5,4% lainnya merupakan fasilitas publik dan 3,2% lainnya. Besarnya angka tersebut mengusulkan penekanan timbunan sampah perlu dilakukan pada rumah tangga yang merupakan penghasil sampah terbesar.

2.2.5 Kondisi Sampah di Indonesia Saat Ini

Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menyatakan bahwa pemerintah akan memberikan toleransi waktu 2 tahun untuk mengalihkan pengelolaan sampah dari *open dumping* menjadi *sanitary landfill* dengan tujuan menetapkan pengelolaan sampah yang sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mendata ada sebanyak 35,46% TPA yang dikelola secara *open dumping* per Mei 2022. Menurut Menteri LHK Siti Nurbaya dalam rapat kerja Baleg DPR RI bersama menteri LHK pada November 2022, angka TPA yang bukan *open*

dumping pada 2019 sudah lebih baik, namun terjadinya pandemi Covid-19 menyebabkan banyaknya pembuangan sampah yang sembarang, hingga pada 2021 kembali terkontrol ketika penanganan limbah medis dilakukan.



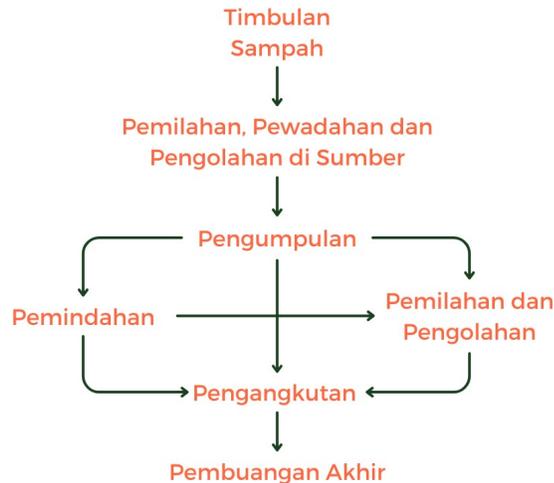
Gambar 2.5 Aliran Sampah di Indonesia (World bank, 2013, as cited in Biro Infrastruktur Daerah Jawa Tengah, 2018)

Kondisi yang ditemukan di Indonesia, berdasarkan Biro Infrastruktur Daerah Jawa Tengah menandakan bahwa sistem pengelolaan sampah saat ini tidak berjalan dengan baik. Mulai dari kurangnya akses terhadap pewardahan yang layak, tidak meratanya sampah yang diangkut ke TPA atau TPST, hingga banyaknya pelaksanaan open dumping yang masih sebesar 35% pada 2013 meski sudah dihimbau untuk dihentikan pada Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008. Tidak banyak perubahan ditemukan oleh KLHK yang menyatakan masih sebanyak 35,46% TPA melakukan open dumping per Mei 2022

Menurut LCDI (2023), peningkatan laju timbulan dan perubahan komposisi sampah yang dipengaruhi oleh pertumbuhan ekonomi, gaya hidup, dan budaya konsumerisme sehingga menyebabkan penimbunan sampah di TPA melewati batas kemampuannya. Berdasarkan kajian data mengenai sampah di enam wilayah proyek, menunjukkan bahwa laju timbulan sampah yang dihasilkan perorangan pada akhir 2021 berkisar dari 0,5-1,2 kg per harinya dengan rata-rata mencapai 0,8kg per hari. Sedikitnya jumlah sampah yang dipilah sebelum diteruskan ke TPA menyebabkan penumpukan sampah yang berlebih dan

mengancam keberlangsungan TPA akibat kelebihan kapasitas. Hal ini mengindikasikan Indonesia sedang mengalami darurat sampah.

2.3 Alur Pemrosesan Sampah di Indonesia



Gambar 2.6 Diagram Teknik Operasional Pengelolaan Persampahan (SNI 19-2454-2002)

Diagram diatas merupakan teknik operasional yang sesuai dengan SNI mengenai pengelolaan sampah. Data ini menunjukkan kondisi yang seharusnya terlaksanakan di sistem pengelolaan sampah di Indonesia saat ini. Timbulan sampah perlu dipilah, diwadahkan, dan dikelola dari sumbernya. Sampah yang sudah dikelola tersebut akan kemudian dikumpulkan dan melalui proses pemindahan serta pemilahan untuk kemudian dialihkan ke pembuangan akhir.

2.3.3 Tempat Pemrosesan Akhir

Pengelolaan limbah menjadi salah satu permasalahan yang cukup menantang di berbagai negara yang berdampak langsung pada berbagai aspek kehidupan manusia dari kesehatan, kelestarian lingkungan dari sumber daya alam, hingga perekonomian. Tempat pemrosesan akhir yang dikelola secara aman atau sanitary dumping sudah mulai diterapkan dari beberapa tahun kebelakang guna menghindari penimbunan sampah secara *open dumping* yang diketahui memiliki banyak dampak yang tidak menguntungkan. Proses pembuangan, pemadatan, dan pemuatan sampah untuk memproses timbulan sampah yang terjadi pada sebuah

lokasi disebut sebagai tempat pemrosesan akhir. Hingga saat ini, TPA dikenal sebagai salah satu cara yang sederhana, fleksibel dan lebih terjangkau dibandingkan dengan opsi pembuangan lainnya hingga menjadi salah satu cara utama untuk membuang bahan limbah (Vaverkova, 2019, as cited in Yaashikaa, et. al., 2022).

Berdasarkan (Astha, et. al., 2018) tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan, terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan dalam pembuangan akhir sampah kota, yaitu:

1. Metode *Open Dumping*

Metode ini merupakan cara tradisional dalam pembuangan sampah pada ruang terbuka. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan masalah kesehatan masyarakat.

2. Metode *Controlled Landfill*

TPA dengan pengelolaan yang lebih terkontrol, termasuk pemadaman api, pemadatan sampah, dan pengendalian gas. Meskipun lebih baik daripada TPA terbuka, TPA terkendali masih memiliki risiko pencemaran lingkungan dan kesehatan masyarakat.

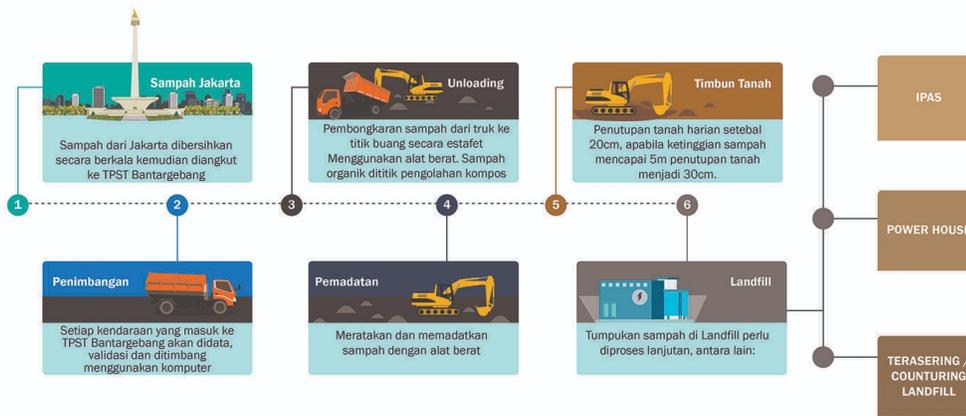
3. Metode *Sanitary Landfill*

Sanitary landfill adalah salah satu metode yang dirancang untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan masyarakat sekitarnya. Metode ini menggunakan teknik pengelolaan yang canggih seperti sistem pengumpulan gas, pemantauan lingkungan yang ketat, serta melapisi tumpukan sampah menggunakan tanah.

2.3.4 Tempat Pengolahan Sampah Terpadu

Tempat Pengolahan Sampah Terpadu merupakan tempat dilaksanakannya kegiatan pengolahan sampah mulai dari kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, daur ulang, dan pemrosesan akhir sampah. (Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, n.d.)

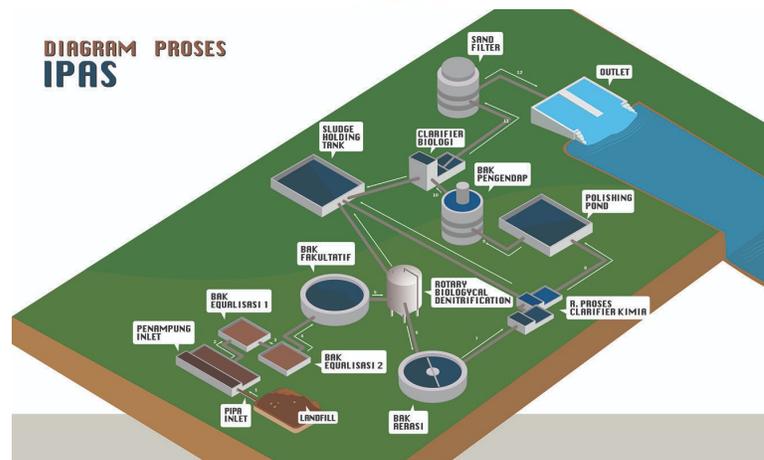
Berdasarkan situs web TPST Bantargebang, dibawah ini merupakan sistem serta proses pengolahan yang dilakukan pada TPST tersebut.



Gambar 2.7 Sistem Pengolahan Sampah (TPST Bantargebang, 2022)

Menurut sistem pengolahan sampah diatas, proses pengumpulan sampah dari suatu titik diangkut secara berkala ke TPST Bantargebang dan di data menggunakan timbangan online. Muatan truk sampah dibongkar, diratakan, dan dipadatkan menggunakan alat berat. Setiap harinya, timbulan sampah ditutup menggunakan tanah setebal 20 cm atau 30 cm apabila ketinggian sampah melebihi 5m. Setelah proses pengumpulan sampah di zona aktif TPST, sampah di *landfill* akan kemudian diproses pada *powerplant* seperti IPAS, *Power House*, dan *Terasering/Contouring Landfill*.

1. Instalasi Pengolahan Air Sampah



Pengolahan Air Sampah (*Leachate Treatment*)

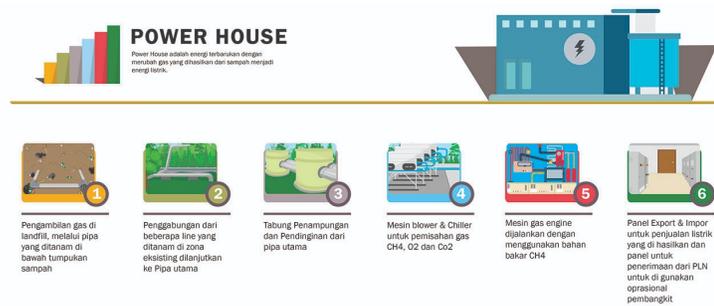


Gambar 2.8 Instalasi Pengolahan Air Sampah
 (Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 2022)

Air yang dihasilkan oleh air hujan yang merembes kedalam timbunan sampah atau dikenal dengan sebutan air lindi (*leachate*). Air lindi yang membawa berbagai zat yang terdapat dalam sampah seperti nitrit, metana, karbon dioksida, sulfat, amoniak, air, dan mikroorganisme lainnya akan mencemari air tanah di kawasan tersebut jika tidak diolah. Zona yang telah menerapkan *sanitary landfill* memiliki pipa-pipa yang dapat mengalirkan air lindi tersebut ke IPAS agar diolah menjadi air yang tidak mencemari lingkungan melalui serangkaian proses (Damanhuri, 1993, as cited in Luthfi Firmansyah, 2015).

Pada TPST Bantargebang, terdapat 3 IPAS (Instalasi Pengolahan Air Sampah). Diantaranya, 2 merupakan konvensional dan memiliki kapasitas sebanyak 200m³ per harinya. Satu lainnya menerapkan teknologi *Advanced Oxidation Process* dengan kapasitas 70m³ setiap harinya.

2. Power House





Power house:

- Mulai produksi pada tahun (Production Since) 2011
- Jumlah engine: 12 units
- Kapasitas engine terpasang (Engines Capacity) 16 MW
- Produksi listrik saat ini (Ongoing Production) 3 MW

Gambar 2.9 Instalasi Pengolahan Air Sampah
(Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 2022)

Proses dekomposisi anaerob pada landfill akibat tumpukan sampah menghasilkan gas rumah kaca yang menjadi salah satu faktor pemanasan global. Pada *power house plant*, gas metan ditangkap melalui pipa yang ditanam di landfill lalu dikonversikan menjadi energi dalam bentuk listrik. Padatan sampah seberat 1 ton dapat menghasilkan 50 kg gas metana (Danata, 2013, as cited in Luthfi Firmansyah, 2015).

Pabrik ini sudah berjalan sejak 2011, dan kini memiliki 12 unit mesin pengolahan dengan masing-masing berkapasitas 16 MW. Menurut TPST Bantargebang (2022), produksi listrik saat ini mencapai 3 MW dan listrik akan kemudian digunakan oleh fasilitas di TPST dan dijual ke PLN.

3. *Contouring and Covering Landfill*

Pada tahun 2016, Pengelolaan TPST Bantargebang dilakukan kembali oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Berikut Pengelolaan yang dilakukan. (In 2016 the management of this facility was taken over by Govt. of DKI)

1. Perapihan (*Landfill Contouring*)

Perapihan Zona Landfill

2. Covering Landfill

Kegiatan coversoil ini untuk:

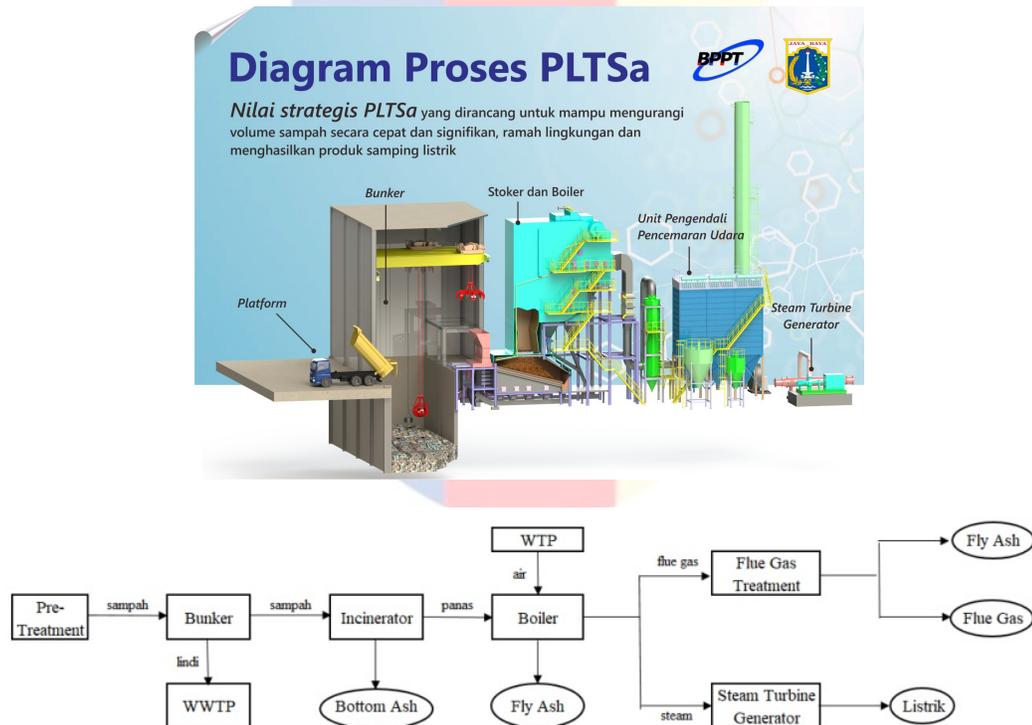
- Menekan perkembangbiakan vektor penyakit (Suppress the growth of disease vector)
- Mengurangi potensi longsor (Reduce the possibility of landslide)
- Mengurangi bau dan emisi gas rumah kaca (Reduce the odor from the waste)
- Estetika dan meredam kebakaran (For aesthetics and prevent big fire)

Tahun	Luas
2017	15,65 Ha
2018	16,23 Ha
2019	14,32 Ha
Total	46,20 Ha

Gambar 2.10 Perapihan dan Penutupan *Landfill*
(Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 2022)

Perapihan zona *landfill* dengan metode terasering atau *contouring* yang sering digunakan dalam bercocok tanam seperti hamparan sawah ini dilakukan dengan alasan yang sama pada tumpukan sampah ini. Dengan melakukan terasering, tumpukan sampah akan lebih kokoh sehingga tidak mudah terjadi longsor, Kemiringan yang ada juga mempermudah perpindahan air sehingga tidak terjadi penumpukan air pada satu titik. Selain itu, kerapihan zona juga menjadi salah satu poin dalam melakukan perapihan zona. Setelah dilakukan terasering, biasanya tumpukan sampah diberikan lapisan tanah setinggi 20 cm atau apabila tumpukan sampah melebihi 5 m maka tanah setinggi 30 cm lah yang akan melapisi tumpukan tersebut.

4. PLTSA (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah)



Gambar 2.11 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah
(Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 2022)

Berdasarkan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta (2022), PLTSA merupakan sebuah pabrik pengolahan sampah yang menggunakan proses termal untuk memusnahkan sampah secara cepat dan ramah lingkungan. Dalam

arti lain, PLTSa ini merupakan insinerator yang didesain untuk dapat beroperasi selama 24 jam/hari dan minimal 250 hari/tahun, menggunakan listrik sebesar 700 kW dan memiliki kapasitas 100 ton sampah per hari. Per tanggal 25 Maret 2019, PLTSa ini diresmikan dan mulai beroperasi setelah disempurnakan pada Januari 2019.

Sampah yang telah diproses melalui tahapan screening akan dialihkan ke bunker untuk proses pengeringan dan memisahkan sampah dari air lindi. Kemudian sampah akan dibakar dan menghasilkan bottom ash dan fly ash yang dapat digunakan sebagai bahan batu bata. Uap yang dihasilkan pun akan melalui tahapan proses yang dapat menetralsir dampaknya pada lingkungan. Proses tersebut juga dapat menghasilkan listrik sehingga proses ini memberikan alternatif pengolahan sampah yang *sustainable*.

5. Hanggar Landfill mining (RDF Plant)



Gambar 2.12 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah
(Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 2022)

Landfill Mining dilakukan dengan cara menggali sampah di zona tidak aktif, kemudian mengolah sampah hasil galian menjadi materi bernilai guna. Hasil dipasok ke PT. Solusi Bangun Persada & PT. Indocement Tunggal Prakarsa. Pilot Project Mulai Februari 2019 RDF Plant dimulai tahun 2023.

2.3.5 Tempat Pemrosesan Akhir Sementara

Menurut Waste 4 Change (2020) Tempat Penampungan Sementara (TPS) adalah tempat di mana sampah dikumpulkan sebelum diangkut ke tempat pengolahan lebih lanjut, seperti Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). TPS memiliki peran penting dalam pengelolaan sampah perkotaan, di mana sampah dikumpulkan sebelum diangkut ke tempat pemrosesan akhir. TPS yang baik dapat memilih dan memproses sampah untuk mengurangi beban di TPA.

2.3.6 Bank Sampah

Bank Sampah adalah sebuah inisiatif pengelolaan sampah yang melibatkan masyarakat dalam pengumpulan, pemilahan, dan pengelolaan sampah untuk dijual atau didaur ulang. Bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir, meningkatkan kesadaran lingkungan, dan memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat yang terlibat. Bank sampah telah diterapkan di berbagai daerah di Indonesia dan telah terbukti efektif dalam mengelola sampah secara berkelanjutan. Bank sampah yang tidak lagi beroperasi biasanya terkendala biaya operasional dan tidak mendapatkan dukungan baik dari masyarakat maupun pemerintah.

2.4 Dampak Penimbunan Sampah di TPA

Penimbunan sampah yang berlebih di TPA tentunya menimbulkan dampak tertentu terhadap lingkungan sekitarnya. Gangguan estetika akibat tumpukan sampah yang menggunung di TPAS, pencemaran lingkungan, udara, air, serta tanah akibat proses dekomposisi sampah organik yang mengeluarkan gas rumah kaca, bau busuk, pencemaran dan air lindi yang merembes ke tanah. Hal ini meningkatkan timbulnya vektor atau perantara penyakit seperti hewan pengerat, nyamuk, dan sebagainya (Citra Pratiwi Sidebang, 2022).

2.5 Pengelolaan sampah yang optimal dan *sustainable*

Gerakan *Zero Waste Zero Emission* dari sektor limbah diluncurkan oleh KLHK untuk dapat menurunkan emisi gas rumah kaca Indonesia sebesar 40 Mton CO₂eq di tahun 2030. Selain itu, pemerintah telah memberitakan program Indonesia Bersih Sampah 2025 melalui Peraturan Presiden Indonesia No.97/2017

yang diimplementasikan dengan tujuan mengurangi sampah dari sumbernya sebanyak 30%, serta mengurangi paling sedikit 70% sampah agar tidak menumpuk di TPA. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan partisipasi aktif oleh seluruh masyarakat untuk dapat mengurangi sampah dan melindungi lingkungan kita. Masyarakat Indonesia bertanggung jawab dalam mengurangi dan mengolah limbah sampah, khususnya sampah organik sebelum diolah lebih lanjut oleh pihak berwenang atau diserahkan ke TPA.

Berdasarkan laporan LCDI, penerapan ekonomi sirkular yang berpedoman pada 5R, atau melalui penggunaan kembali, daur ulang, pengurangan limbah, dan optimalisasi penggunaan sumber daya, diharapkan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, dan melindungi lingkungan.

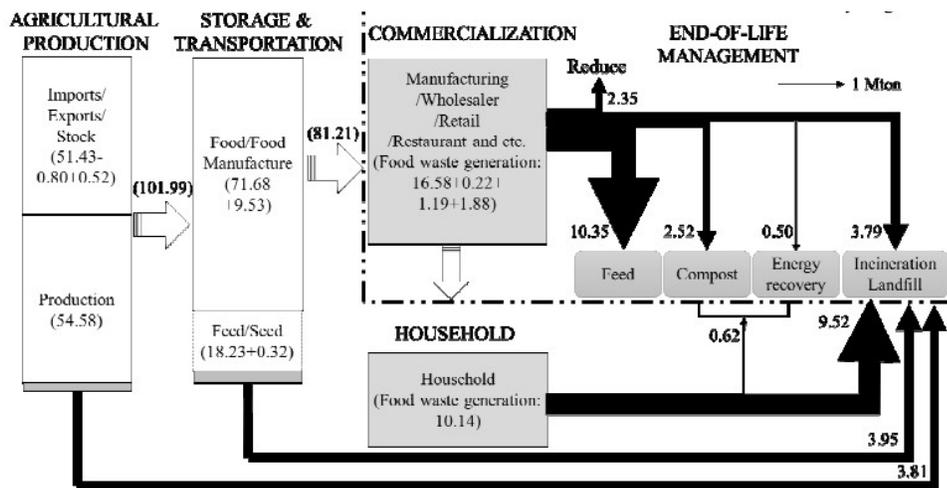
Penerapan ekonomi sirkular di lima sektor utama, makanan dan minuman, tekstil, konstruksi, plastik, dan elektronik—dapat meningkatkan Produk Domestik Bruto (PDB) sebesar Rp 593-638 triliun pada tahun 2030. Mengurangi emisi gas rumah kaca hingga 126 juta ton CO₂ ekuivalen pada tahun 2030, mengurangi limbah sebesar 18-52% di sektor-sektor prioritas, dan menghemat penggunaan air hingga 6,3 miliar meter kubik. Pemerintah Indonesia telah memasukkan ekonomi sirkular ke dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024 sebagai bagian dari strategi pembangunan rendah karbon. Kerja sama dengan UNDP dan Pemerintah Denmark telah membantu dalam menganalisis dan mengimplementasikan konsep ini di berbagai sektor.

2.5.1 Sistem yang telah diterapkan di negara lain

1. Jepang

Pemerintah Jepang secara aktif menjalankan kampanye untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pemilahan dan daur ulang sampah yang dilakukan melalui berbagai media dan di sekolah-sekolah. Pengelolaan sampah organik di Jepang sangat maju dan didasarkan pada prinsip pengurangan, pemanfaatan ulang, dan daur ulang. Masyarakat Jepang diwajibkan untuk memilah sampah mereka menjadi beberapa kategori, termasuk sampah organik. Sampah organik yang telah dipilah dikumpulkan oleh pemerintah daerah atau perusahaan swasta yang bekerja sama dengan

pemerintah ke fasilitas pengolahan, dan diolah melalui berbagai metode seperti pengomposan atau fermentasi anaerobik. Sampah organik diubah menjadi kompos yang dapat digunakan sebagai pupuk. Metode fermentasi anaerobik ini digunakan untuk mengolah sampah organik menjadi biogas (sumber energi) dan bio-slurry (pupuk).



Gambar 2.13 Food recycling Law Jepang (Liu, C., et al., 2016).

Perubahan jumlah timbulan sampah sisa makanan dari tahun 2008-2013 ditunjukkan secara bertahap berkurang (sekitar 2-4% per tahun), terutama karena upaya yang dilakukan oleh industri manufaktur makanan. Jumlah total limbah makanan yang akhirnya diolah melalui pembakaran atau pembuangan ke tempat pembuangan akhir juga secara bertahap berkurang (sekitar 2-5% per tahun). Namun, perubahan di tingkat rumah tangga sangat sedikit meskipun hampir setengah dari sampah yang dihasilkan akhirnya diolah melalui pembakaran atau penimbunan. Sementara itu, jumlah sampah makanan yang didaur ulang hanya sedikit berkurang setelah 2010, menunjukkan kesulitan dalam meningkatkan upaya daur ulang lebih lanjut. (Liu, C., Hotta, Y., Santo, A., Hengesbaugh, M., Watabe, A., Totoki, Y., Bengtsson, M., 2016).

2. Korea

Sejak 2013, Korea Selatan menerapkan wajib kompos. Pemerintah melarang penimbunan sampah organik di TPA pada 2005. Masyarakat perlu memeras air dari sampah dan menggunakan kantong 3L khusus berwarna kuning untuk membuang sisa makanan. Kantong kuning akan diangkut ke pabrik pengolahan, di mana plastik dipisahkan dan isinya didaur ulang menjadi biogas, pakan ternak, atau pupuk. Beberapa kota telah memperkenalkan pengumpul sampah otomatis di apartemen, memungkinkan pembayaran biaya berdasarkan berat tanpa kantong. Pada 1996, Korea Selatan mendaur ulang 2,6% sampah makanan, dan kini hampir 100%.

Kemudahan penggunaan dan aksesibilitas menjadi kunci keberhasilan model Korea Selatan. Pembuangan sampah harus semudah mungkin dan didampingi dengan kebijakan pengurangan sampah lainnya. Sampah makanan berat karena kandungan airnya tinggi, sehingga biaya transportasinya mahal. Pendapatan dari kantong kuning membantu mengurangi biaya ini, berfungsi sebagai pajak *pay-as-you-throw*. Penerapan biaya untuk sampah makanan baik untuk dilakukan selama tidak terlalu membebani masyarakat sehingga mereka membuangnya secara ilegal. (the guardian.org, 2022)

2.6 Teknik pengolahan sampah organik

Sebagai upaya mengurangi dampak negatif dari timbunan sampah di TPA, praktik pengelolaan sampah yang berkelanjutan seperti 3R dalam mengurangi, menggunakan kembali serta daur ulang menjadi hal yang krusial. Berdasarkan SNI 19-2454-2002, teknik pengolahan sampah secara keseluruhan terdiri dari pengomposan, insinerasi, daur ulang, pencacahan atau pemadatan, serta biogasifikasi.

Kompos menjadi metode yang mudah untuk diterapkan oleh penghasil sampah dan diketahui dapat mengurangi sebanyak 25% timbunan sampah yang dihasilkan tiap harinya apabila dilakukan secara rutin. (Biro Infrastruktur Daerah Jawa Tengah, 2018).

1. Berdasarkan Kapasitas

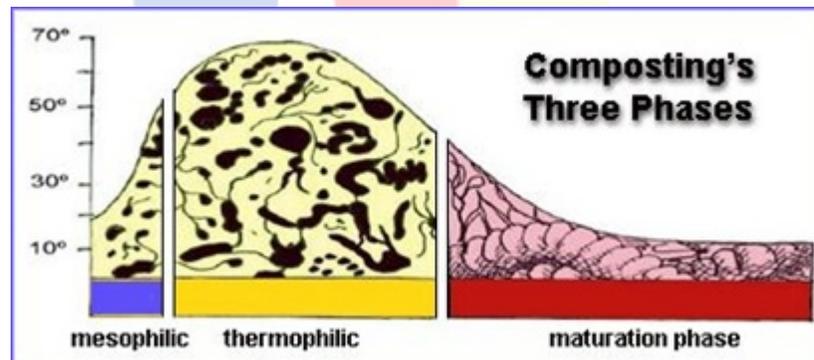
Terbagi antara pengomposan individu (oleh individu atau rumah tangga) dan komunal (oleh komunitas atau kawasan tertentu), serta skala lingkungan (pengomposan dalam skala yang lebih besar).

2. Berdasarkan Proses

Terdapat beberapa metode pengomposan, seperti pengomposan alami, pengomposan biologis dengan cacing, larva BSF dan mikroorganisme lainnya.

a. Kompos

Proses dekomposisi yang terjadi pada sampah organik dan terpecah dalam tanah sehingga menjadi media bernutrisi yang dapat digunakan oleh tanaman untuk mendapatkan dorongan dalam bertumbuh dan bertahan hidup. Proses ini memiliki beberapa teknik yang berbeda, namun pada dasarnya, komposting dibagi menjadi dua kategori yakni aerobic dan anaerobic. Pengomposan dengan lingkungan kaya oksigen akan mempercepat proses dekomposisi dan meminimalisir gas metana yang dilepaskan ke udara. Untuk proses anaerob, biasanya menghasilkan lebih banyak metana dan membutuhkan waktu minimal 3 bulan agar mendapatkan kompos yang matang.

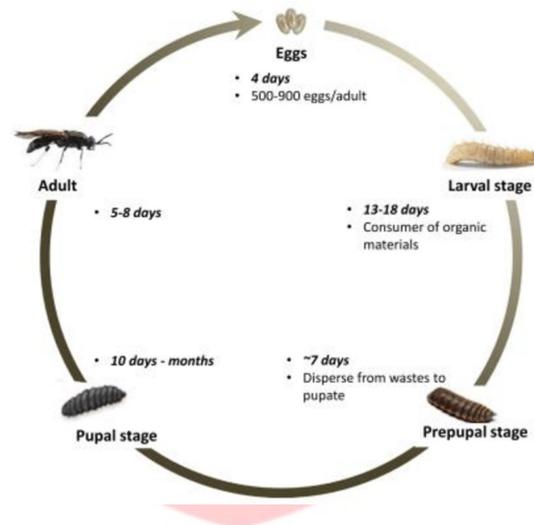


Gambar 2.14 Tiga fase Pengomposan (Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021)

Secara umum, proses pengomposan memiliki beberapa faktor yang berubah secara konstan dan dapat mempengaruhi laju aktivitas metabolisme mikroorganisme. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi antara lain merupakan temperatur, pH, dan ketersediaan nutrisi.

Tahap awal penguraian biasanya berlangsung selama satu minggu dan suhu dapat meningkat dari 15°C hingga 45 °C. Fase termofilik mempengaruhi suhu kompos menjadi 50°C hingga 75°C dan mengeliminasi berbagai patogen bagi lingkungan. Peningkatan suhu terjadi akibat akselerasi pemecahan protein, lemak, serta karbohidrat kompleks. Kehadiran oksigen atau aerasi perlu dipastikan untuk mendukung tahap kedua ini. Tahap terakhir dari pembuatan kompos yaitu proses maturasi perlu dilewati supaya kompos mengalami penurunan suhu sebanyak 50% dan dapat digunakan pada tanaman. (Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021).

b. Biokonversi BSF (Black Soldier Fly)



Gambar 2.15 Siklus hidup lalat BSF (Surendra et al., 2020)

Metode pengolahan sampah organik menggunakan larva BSF merupakan sebuah solusi untuk mengurangi jumlah sampah organik sisa makanan secara cepat. Dalam prosesnya, larva BSF menghasilkan sisa metabolisme serta residu sisa makanan tidak termakan yang dapat digunakan sebagai kompos. BSF baru dapat diberi makanan berupa sampah organik sisa makanan ketika sudah berumur 6 hari karena baru memasuki tahap larva. Larva dewasa mampu mengurai sampah organik dengan lebih cepat, tergantung pada permukaan dan tingkat kelunakan makanan tersebut. Penguraian yang cepat tersebut juga berpengaruh pada

penekanan pertumbuhan bakteri pada wadah dan mengurangi bau tidak sedap akibat sampah yang membusuk (Yuwita R, Fitria L, Jumiati,2022).

Serbuk gergaji, dedak, serabut kelapa, dapat ditambahkan sebagai penambahan materi pada wadah di awal pengomposan untuk dapat menjaga kelembaban yang optimal dan mempertahankan suhu pengomposan. (Monita, 2017, as cited in Yuwita R, et al, 2022) Selain itu, berdasarkan komunitas yang ada, dikatakan media-media tersebut dapat dimanfaatkan untuk mencegah para larva kabur dari wadah akibat kurang optimalnya kelembaban yang ada.

2.7 Produk Pengolahan Sampah Organik Secara Mandiri

Produk yang dapat membantu meminimalisir tumpukan sampah organik di TPA biasanya menggunakan alat-alat sederhana atau mesin yang sepenuhnya otomatis dan tidak ada yang diantaranya. Selain itu, kebanyakan alat yang dimaksudkan untuk penggunaan dalam ruangan memiliki tutup yang kedap udara dengan *activated charcoal filter* untuk membantu menghindari bau tidak sedap dan membantu mengurangi emisi karbon. Beberapa alat tersebut dapat dilihat dibawah ini.

1. Komposter

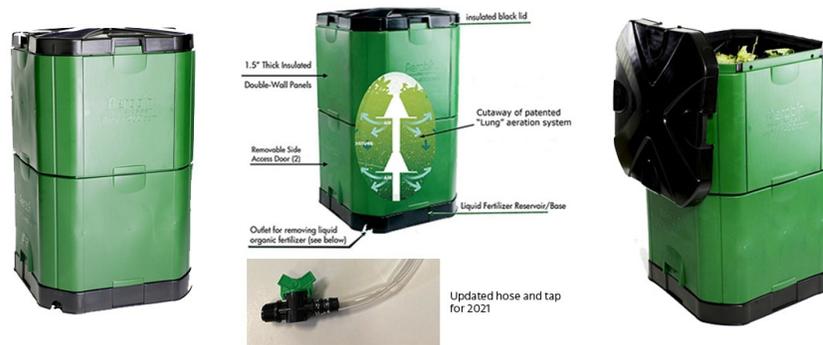
Metode komposting menjadi cara yang paling dikenal dalam mengolah sampah organik. Kepopuleran metode ini mendorong banyaknya pilihan alat yang tersedia di pasar. Pasar yang berkembang memberikan ruang untuk inovasi dan menghasilkan beberapa produk seperti yang dibawah ini.



Gambar 2.16 *Composting Bin* (Epic Gardening, 2023)

Gambar diatas merupakan metode komposting secara tradisional yang hanya membutuhkan wadah dan lahan yang cukup besar untuk menampung

sampah selama 1 hingga 4 bulan. Kompos yang ditampung pada tempat seperti ini, biasanya memerlukan usaha yang lebih agar dapat menghasilkan kompos dengan cepat. Proses pengadukan atau *aerating* membantu tumpukan kompos ini lebih cepat terurai karena adanya oksigen yang membantu mikroorganisme bekerja dan menghasilkan panas.



Gambar 2.17 Aerobin 400 (Exaco greenhouse, n.d.)

Selain komposter tradisional, banyak juga alat alat komposting lainnya yang serupa dan memiliki inovasi dalam membantu menghasilkan kompos dengan cepat. Pada dasarnya, komposter merupakan sebuah wadah untuk sampah organik mengendap dan terurai oleh mikroorganisme dalam kurun waktu satu hingga 4 bulan. Komposter pada gambar 2.13 contohnya memiliki desain yang membantu penggunanya agar tidak perlu melakukan proses pengadukan dengan lubang udara yang dapat membantu menyuplai pasokan oksigen ke dalam kompos.



Gambar 2.18 Compost tumbler (The Strategist, 2023)

Komposter lainnya memiliki bentuk dan mekanisme yang menyerupai roda atau gentong yang dapat diputar. Komposter jenis ini biasa disebut sebagai *Tumbler*. Sesuai dengan namanya, alat ini memudahkan penggunaannya untuk mengaduk kompos dengan menggunakan mesin ringkas berbentuk roda dan gandar. Desain yang memiliki kaki juga membantu dalam menghindari hewan pengerat menginvasi kompos. Apabila mesin ini terkena hujan, kompos di dalamnya akan ikut basah dan air akan terus terperangkap dalam alat sehingga kompos akan terlalu lembab dan perlu dikeringkan dengan membuka tutup alat.



Gambar 2.19 VermiTumbler (The Strategist, 2023)

Komposting menggunakan cacing merupakan salah satu pilihan yang banyak dipilih untuk mengurangi sampah organik dengan cepat. VermiTumbler ini terdiri dari beberapa wadah yang dipenuhi dengan alas untuk cacing. Cacing-cacing tersebut akan bermigrasi ke wadah di atasnya setelah memakan sampah sisa makanan dan meninggalkan kotoran yang tinggi nutrisi untuk tanaman. Idealnya, 1 kg cacing dapat mengkonsumsi rata-rata 0,5 kg sisa makanan per harinya. Tutup yang digunakan oleh alat ini menggunakan serat kelapa untuk meregulasi kelembaban pada wadah cacing, memastikan kelembaban pada wadah terjaga dan sesuai dengan kebutuhan para cacing.

2. *Countertop Compost Bin*



Gambar 2.20 Countertop bin (Epic Gardening, 2023)

Seperti namanya *countertop compost bin* ini pada dasarnya merupakan tempat sampah untuk menampung sisa makanan atau sampah organik di dapur. Di desain kecil dan kedap udara agar tidak memakan tempat ataupun mengeluarkan bau tidak sedap. Ukuran yang *compact*, biasanya berukuran 3 hingga 4 liter bertujuan untuk menampung sampah organik selama 2 hingga 4 hari, tergantung jumlah penghuni dan seberapa banyak sampah yang dihasilkan per harinya. Sampah yang telah dikumpulkan akan dialokasikan ke tempat sampah khusus yang telah disediakan oleh pemerintah atau pihak berwenang setempat.



Gambar 2.21 Bokashi bin (Epic Gardening, 2023)

Berbeda dengan *countertop compost bin* sebelumnya, bokashi bin ini, dimaksudkan untuk melakukan komposting secara anaerob dan mengeluarkan cairan yang dapat digunakan sebagai pupuk bagi tanaman. Secara keseluruhan, cara ini cukup ringkas dan mudah untuk dilakukan namun kurang dapat diimplementasikan, terutama pada rumah tangga yang menghasilkan

banyak sampah organik. Kapasitas yang relatif kecil membuat alat ini kurang ideal untuk dimiliki namun dapat menjadi alternatif bagi sebagian orang.

3. *Food Cyclers*

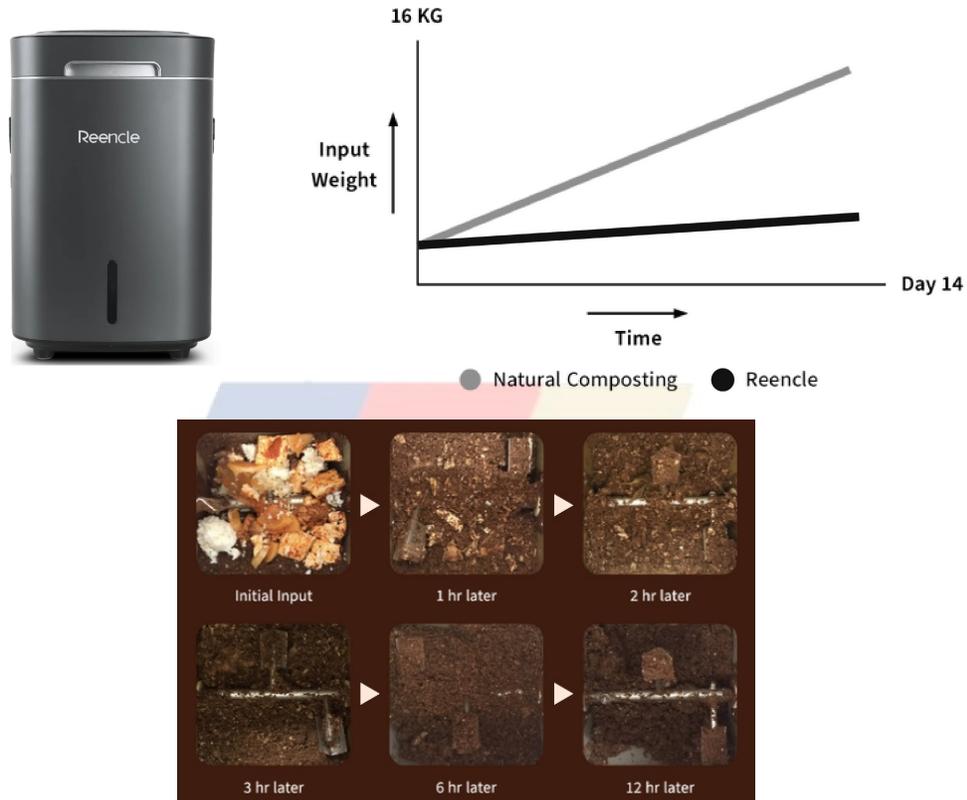


Gambar 2.22 Vitamix dan Lomi Food Cyclers (Brett Ferdock/CNN, 2023)

Mengikuti perkembangan zaman, muncul beberapa alat yang mengatakan bahwa mereka mampu menghasilkan kompos dalam hitungan jam dari 8 hingga 24 jam. Beberapa *brand* yang paling banyak memiliki ulasan di situs web adalah Vitamix dan Lomi. Kebanyakan food cyclers memiliki fungsi yang sama, yaitu mulai dari menghancurkan sisa makanan dengan perlahan dan mengurangi kadar air yang terdapat didalamnya. Sampah organik tersebut akan dihancurkan dengan kecepatan yang lebih cepat dan memasuki proses pendinginan. Banyak kontroversi dari alat ini, salah satunya merupakan hasil dari produk-produk ini bukanlah kompos, melainkan awal dari kompos. Pada wawancara CEO Lomi dan Epic Gardening yang diunggah melalui situs *youtube* pada 8 Januari 2023, dikatakan bahwa hasil dari mesin ini merupakan 'Pre-compost' sehingga perlu dicampur dengan tanah menggunakan perbandingan 1:10 untuk dapat menjadi kompos yang matang. Alat seperti Vitamix dan Lomi ini bertujuan untuk membantu pengguna yang tidak memiliki lahan atau tempat untuk melakukan komposting secara tradisional, khususnya bagi mereka yang memiliki tempat tinggal kecil seperti apartemen

ataupun tinggal di daerah dingin yang tidak memungkinkan untuk melakukan proses komposting secara aerobik.

4. Reencle



Gambar 2.23 Reencle food composter (Reencle.co, 2023)

Reencle berbeda dengan alat elektronik lain seperti *food cyclers*. Mengusung konsep tempat sampah dan memiliki alat yang dapat mengaduk untuk mempercepat proses dekomposisi menggunakan mikroorganisme yang telah dipatenkan, alat dari korea selatan ini merupakan alat yang dapat menghasilkan kompos dengan baik dan bukan hanya mengeringkan sampah organik saja. Mesin ini dapat mengurangi sebanyak 1 kg sampah organik per harinya. Hanya saja, mesin ini tidak memiliki fitur yang memudahkan penggunaannya dalam memindahkan hasil kompos ke tempat lain karena seluruh bagiannya tidak dapat di bongkar. Untuk mengatasi masalah ini, Reencle menyediakan sekop dengan setiap pembelian alat untuk membantu pengguna mengeluarkan produk dari alat.

Tabel 2 - Kelebihan dan Kekurangan Produk Komposting

(Dokumen Pribadi, 2024)

No.	Produk	Kelebihan	Kekurangan
1.	Komposter	Kapasitas yang besar, dan banyaknya organisme yang membantu proses pematangan kompos	Membutuhkan wadah yang lumayan besar untuk proses yang lebih cepat dan perlu diaduk 2 hari sekali
2.	Compost Tumblr	Memudahkan dalam proses aerasi, dan menghindari pest	Harus memiliki ruang yang lumayan besar, dan tidak boleh kena hujan.
3.	Vermi Hut	Mudah untuk dilakukan, dan dapat menambah pemasukan dengan menjual cacing sebagai pakan	Tidak untuk semua orang, mengeluarkan sedikit bau
4.	Compost Bin	Wadah sementara untuk sampah organik supaya tidak tercampur	Tidak dapat mengolah sampah organik disini
5.	Lomi composter	Mudah, cepat, dan efisien. Memberikan solusi komposting bagi yang tidak dapat melakukan komposting secara tradisional.	Tidak menghasilkan kompos sejati dan kesulitan untuk diperbaiki apabila ada part yang rusak
6.	Reencle	Menghasilkan kompos sejati dengan waktu yang sesuai	Kesulitan dalam memindahkan produk akibat beberapa part yang tertanam.