

Pengolahan Sampah

Referensi:

- PP NOMOR 81 TAHUN 2012 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH RUMAH TANGGA DAN SAMPAH SEJENIS SAMPAH RUMAH TANGGA
- PERMEN PU NOMOR 03/PRT/M/2013 TENTANG PENYELENGGARAAN PRASARANA DAN SARANA PERSAMPAHAN DALAM PENANGANAN SAMPAH RUMAH TANGGA DAN SAMPAH SEJENIS SAMPAH RUMAH TANGGA



Oleh: Faukal Hasan

Difinisi Pengolahan Sampah

- adalah kegiatan mengubah karakteristik, komposisi, dan/atau jumlah sampah.
- Tempat Pengolahan Sampah Dengan Prinsip 3R (reduce, reuse dan recycle), yang selanjutnya disingkat TPS 3R, adalah tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, dan pendauran ulang skala kawasan.
- Tempat Pengolahan Sampah Terpadu, yang selanjutnya disingkat TPST, adalah tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan, dan pemrosesan akhir.

Karakteristik Sampah

Karakteristik
Fisik

Karakteristik
Kimia

Karakteristik
Biologis

Karakteristik
Lainnya

Karakteristik Sampah secara Fisik

1. **Komposisi**

Persentase jenis sampah dalam satu tumpukan. Contoh di Indonesia: 60% organik, 15% plastik, 10% kertas, 5% logam/kaca, 10% lain-lain. Komposisi nentuin metode pengolahan. Organik tinggi = cocok kompos/biogas.

2. **Berat Jenis**

Berat sampah per satuan volume, biasanya kg/m^3 .

- Sampah basah organik: $300\text{-}500 \text{ kg/m}^3$, berat dan cepat padat.
- Plastik, kertas: $50\text{-}100 \text{ kg/m}^3$, ringan tapi voluminous. Ini nentuin kapasitas truk angkut dan luas TPA.

3. **Kadar Air / Moisture Content**

Persentase air dalam sampah. Sampah organik Indonesia kadar airnya 60-80% karena iklim tropis dan banyak sisa makanan. Kadar air tinggi bikin proses pembakaran susah dan cepat busuk.

4. **Ukuran & Bentuk**

Nentuin perlu nggak dicacah dulu sebelum diolah. Sampah pasar beda sama sampah kantor.

5. **Densitas setelah pemadatan**

Seberapa padat sampah setelah dipadatkan di TPA. Penting buat hitung umur TPA.

Karakteristik Sampah secara Kimia

1. Kandungan Organik & Anorganik

Persentase bahan yang bisa diurai mikroba. Tinggi organik = bagus buat kompos.

2. Nilai Kalor / Calorific Value

Energi panas yang dihasilkan kalau sampah dibakar.

- Plastik, kertas: 3.500-4.500 kkal/kg, tinggi.
- Sampah basah organik: 800-1.200 kkal/kg, rendah karena kadar air tinggi.

Nentuin sampah cocok nggak buat insinerator atau RDF.

3. pH

Sampah organik biasanya asam pH 4-6 saat proses pembusukan. Ngaruh ke korosi peralatan dan kualitas lindi.

4. Kandungan C/N Ratio

Rasio karbon terhadap nitrogen. Kompos yang bagus butuh C/N 25-30:1. Terlalu tinggi lambat terurai, terlalu rendah bau amonia.

5. Kandungan Bahan Berbahaya

Logam berat Pb, Hg, Cd, Cr, zat beracun, B3. Ada di baterai, elektronik, limbah medis.

Karakteristik Sampah secara Biologis

Berkaitan dengan mikroorganisme dan kemampuan terurai.

1. **Biodegradabilitas**

Seberapa cepat sampah bisa diurai mikroba.

- Biodegradable: sisa makanan, daun, kertas.
- Non-biodegradable: plastik, kaca, logam.

2. **Kandungan Mikroorganisme & Patogen**

Sampah organik basah banyak bakteri E.coli, Salmonella. Makanya harus dikelola biar nggak jadi sumber penyakit.

3. **Potensi Pembentukan Gas & Lindi**

Sampah organik di TPA anaerob hasilkan gas metana 50-60% dan lindi yang asam, hitam, bau. Bahaya kalau nggak dikelola.

Karakteristik Sampah (Lainnya)

1. **Sumber Asal**

Rumah tangga, pasar, industri, komersial, medis. Tiap sumber punya komposisi beda. Sampah pasar 80% organik, sampah kantor 70% kertas/plastik.

2. **Sifat Bahaya**

Mudah terbakar, korosif, beracun, infeksius. Dipakai buat klasifikasi sampah B3 atau non-B3.

3. **Musiman**

Sampah di Indonesia naik 20-30% saat lebaran, natal, tahun baru. Komposisi juga berubah, banyak sisa makanan.

Karakteristik Sampah Penting untuk dipahami

Karakteristik	Pengaruhnya ke Pengelolaan
Kadar air tinggi	Susah dibakar, cocok kompos/maggot BSF
Nilai kalor tinggi	Cocok buat insinerator, RDF, bahan bakar alternatif
Organik >60%	Prioritas pengolahan biologi, bukan TPA
Ada B3	Harus dipisah dan diolah khusus, nggak boleh ke TPA biasa
Berat jenis rendah	Butuh pemadatan dulu biar hemat biaya angkut



Komposisi sampah

gambaran dari masing-masing material penyusun sampah.

- Sampah yang mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun seperti:- Batere, Aki, Oli bekas, Pestisida, Herbisida, Limbah medis.
- Sampah Elektronik: Sampah yang berasal dari peralatan elektronik seperti: Televisi, Komputer, Handphone, Baterai, Kabel.
- Sampah Organik: Sampah yang berasal dari bahan-bahan organik seperti: Sisa makanan, Sayuran dan buah-buahan, Daun-daun, Kotoran hewan, Limbah pertanian.
- Sampah Guna Ulang (Anorganik): Sampah yang berasal dari bahan-bahan anorganik seperti: Plastik, Kertas, Karton, Gelas, Logam, Tekstil.
- Sampah Daur Ulang:
 - Plastik: Botol plastic, Kantong plastic, Kemasan plastic, Pipa plastic
 - Kertas: Kertas koran, Kertas HVS, Kertas karton, Kertas bekas
 - Gelas: Botol gelas, Gelas bekas, Kaca
 - Logam: Kaleng, aluminium, Kaleng besi, Kawat, Pipa logam
 - Tekstil: Pakaian bekas, Kain, Karpet, Teksil
 - Lainnya: Kayu: Kayu bekas, Papan kayu, Palet kayu

**Komposisi
sampah dapat
bervariasi
tergantung
pada sumber
dan lokasi**

Kegiatan Pengolahan Sampah

pemadatan

pengomposan

daur ulang
materi

mengubah
sampah
menjadi
sumber energi.

Pemadatan Sampah

Pemadatan sampah dapat mengurangi volume sampah hingga 50 dan dapat menghemat ruang penyimpanan sampah.



1. **Pemadatan Manual:** Teknik ini menggunakan tenaga manusia untuk memadatkan sampah dengan menggunakan alat-alat seperti sekop, garpu, atau mesin pemadat manual.
2. **Pemadatan Mekanis:** Teknik ini menggunakan mesin pemadat yang dilengkapi dengan sistem hidrolik atau pneumatik untuk memadatkan sampah.
3. **Pemadatan Hidrolik:** Teknik ini menggunakan cairan hidrolik untuk memadatkan sampah.
4. **Pemadatan Pneumatik:** Teknik ini menggunakan udara bertekanan untuk memadatkan sampah.
5. **Pemadatan Vibrasi:** Teknik ini menggunakan getaran untuk memadatkan sampah.

Pengomposan Sampah

Referensi:

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 14 TAHUN 2021 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH PADA BANK SAMPAH

Pengomposan dilakukan terhadap Sampah organik atau dikenal juga dengan istilah Sampah basah, yaitu Sampah yang berasal dari makhluk hidup seperti sisa makanan, serasah, atau jenis lainnya yang dapat terurai oleh proses alam. Pada umumnya pengomposan dilakukan dengan cara menggunakan bantuan mikroorganisme untuk menghasilkan pupuk kompos. Pengolahan Sampah dengan cara pengomposan dapat menghasilkan pupuk kompos padat dan cair yang keduanya memiliki nilai ekonomi, baik untuk digunakan sendiri ataupun dijual kembali.

Daur ulang materi

Daur ulang materi dilakukan dengan cara mengubah bentuk sampah untuk menghasilkan produk yang berguna.



contoh:

- Sampah botol plastik dari kemasan bekas air mineral yang dicacah/dihancurkan sampai berbentuk bijih plastik;
- Sampah kaca dari botol bekas kemasan minuman yang dapat dihancurkan dan selanjutnya digunakan sebagai bahan baku membuat produk baru berbahan dasar kaca.

Daur ulang Energi

- Daur ulang energi dilakukan dengan cara mengubah bentuk dan sifat Sampah melalui proses biologi, fisika, dan/atau kimia menjadi energi.
- pelaksanaan daur ulang energi dilakukan melalui teknologi yang relatif sederhana, seperti pemanfaatan biogas dari penangkapan gas metana (CH_4) yang dihasilkan oleh tumpukan Sampah organik yang diproses secara anaerobik.

Pertimbangan Pengolahan Sampah

- karakteristik sampah;
- teknologi pengolahan yang ramah lingkungan;
- keselamatan kerja;
- kondisi sosial masyarakat.

Teknologi Pengolahan Sampah

- teknologi pengolahan secara fisik berupa pengurangan ukuran sampah, pemadatan, pemisahan secara magnetis, masa-jenis, dan optik;
- teknologi pengolahan secara kimia berupa pembubuhan bahan kimia atau bahan lain agar memudahkan proses pengolahan selanjutnya;
- teknologi pengolahan secara biologi berupa pengolahan secara aerobik dan/atau secara anaerobik seperti proses pengomposan dan/atau biogasifikasi;
- teknologi pengolahan secara termal berupa insinerasi, pirolisis dan/atau gasifikasi;
- pengolahan sampah dapat pula dilakukan dengan menggunakan teknologi lain sehingga dihasilkan bahan bakar yaitu Refused Derifed Fuel (RDF);

Siapa yang melakukan Pengolahan Sampah?

setiap orang pada sumbernya

pengelola kawasan permukiman, kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas umum, fasilitas sosial dan fasilitas lainnya

pemerintah kabupaten/kota

Kewajiban penyediaan fasilitas pengolahan skala kawasan

berupa TPS
3R

Pengelola kawasan permukiman, kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas umum, dan fasilitas lainnya

Proses Pengolahan Sampah

Proses
pengolahan
sampah secara
fisik

Proses
pengolahan
sampah secara
biologi

Proses
pengolahan
sampah secara
kimia termal

Proses Pengolahan Sampah Secara Fisik

1. Proses pencacahan.
2. Proses pemilahan berdasarkan nilai massa jenis/densitas (secara gravitasi).
3. Proses pemilahan berdasarkan nilai magnetik.
4. Proses pemilahan berdasarkan nilai adsorbansi/transmitansi (secara optik).

Proses Pencacahan

- a) memperkecil ukuran partikel sampah dan memperluas bidang permukaan sentuh sampah.
- b) dapat mereduksi volume hingga mencapai 3 kali lipat atau densitas sampah akan meningkat 3 kali lipat melalui proses ini.
- c) Kebutuhan energi untuk proses ini mencapai 3 MJ/ton sampah.
- d) proses wajib sebelum sampah diolah lebih lanjut dengan proses kimia termal atau biologi, karena reduksi ukuran partikel akan selalu meningkatkan kinerja proses lanjut yang akan dipilih.

Proses Pemilahan berdasarkan nilai massa jenis/densitas (secara gravitasi)

- bertujuan untuk memilah berbagai jenis sampah berdasarkan densitasnya, yang umumnya dilakukan untuk sampah plastik.
- dilakukan melalui proses peniupan (dengan menggunakan semburan udara pada laju alir tertentu) atau menggunakan proses sentrifugasi (dengan mengalirkan sampah plastik pada aliran berbentuk heliks, sehingga sampah plastik dengan densitas tertentu dapat terpisahkan).

Proses Pemilahan berdasarkan nilai magnetik

- Umumnya dilakukan untuk pemilahan sampah logam, dengan mengikat logam pada magnet berukuran besar, yang dapat berupa magnet permanen atau magnet tidak permanen (elektromagnetik)
- Dengan proses ini, maka sampah logam yang bersifat ferromagnetik dan non ferromagnetik dapat dipisahkan.

Proses pemilahan berdasarkan nilai adsorbansi/transmitansi (secara optik)

- bertujuan untuk memilah sampah gelas, berdasarkan perbedaan nilai transmitansi gelombang cahaya yang diarahkan. Sebuah hamparan cahaya dengan panjang gelombang tertentu diemisikan kepada sampah gelas yang akan dipilah.
- Gelombang cahaya tersebut akan direfleksikan kembali oleh sampah gelas dan ditangkap oleh sebuah sensor.
- Sensor akan menentukan tingkat refleksi gelombang yang dihasilkan dan diterjemahkan oleh suatu program komputasi untuk penentuan jenis sampah gelas, yang akan dilanjutkan dengan proses pemilahan sesuai dengan yang diprogramkan.

Proses Pengolahan sampah secara Biologi

-
1. Proses Anaerobik.
 2. Proses Aerobik.



Proses
Pengolahan Sampah

Anaerobik



Proses Pengolahan Sampah Anaerobik

- Merupakan proses oksidasi parsial untuk mereduksi volume dan daya cemar sampah dengan bantuan mikroorganisme anaerobik dalam kondisi ketiadaan oksigen (udara).
- Proses oksidasi parsial ini akan mengunci nilai kalor pada senyawa produk dari proses tersebut, di antaranya gas hidrogen (H_2), gas metana (CH_4), etanol (C_2H_5OH), isopropanol (C_3H_7OH), dan butanol (C_4H_9OH).
- aplikasi untuk proses anaerobik lebih banyak ditujukan untuk menghasilkan gas metana, karena ketersediaan mikroorganisme penghasil gas metana, Methanogens, yang lebih berlimpah di alam, dapat bersimbiosis dengan mikroorganisme lain (tidak membutuhkan kultur murni), dan relatif tahan terhadap perubahan kondisi reaktor.

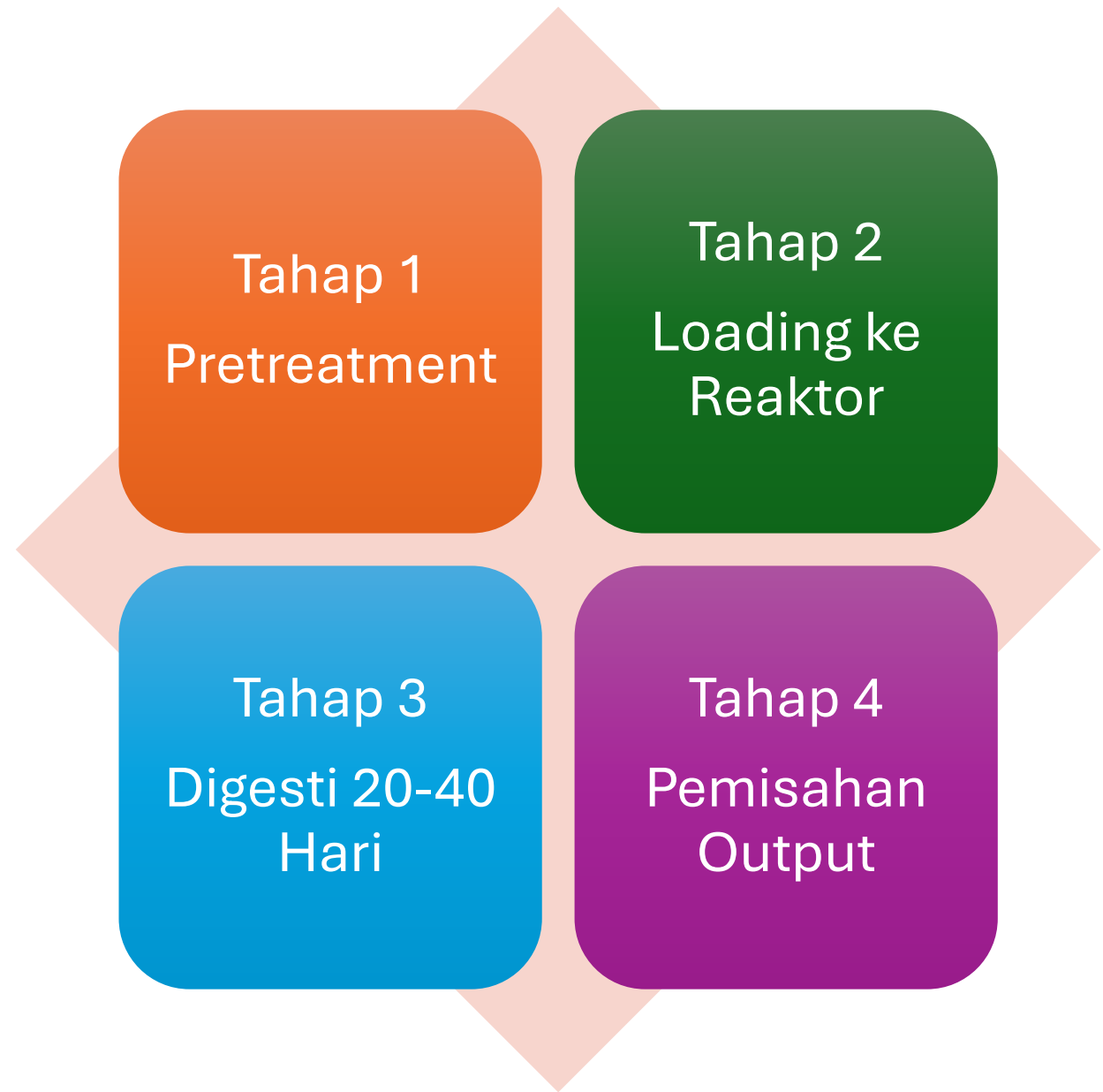
Prinsip Dasar Pengolahan Sampah Anaerobik

1. **Hidrolisis:** Bakteri memecah polimer besar - karbohidrat, protein, lemak - jadi gula, asam amino, asam lemak. Butuh 1-3 hari.
2. **Asidogenesis:** Bakteri ubah gula jadi asam organik volatil VFA seperti asam asetat, propionat, butirat. pH turun jadi 5-6.
3. **Asetogenesis:** Bakteri lain ubah VFA jadi asam asetat, H_2 , dan CO_2 . Tahap ini sensitif sama pH dan suhu.
4. **Metanogenesis:** Archaea metanogen ubah asam asetat dan H_2/CO_2 jadi CH_4 dan CO_2 . Ini tahap penghasil gas utama.

Jenis Reaktor yang Dipakai Pada Proses Anaerobik

Tipe Reaktor	Cara Kerja	Cocok untuk	Waktu Retensi
CSTR - Continuous Stirred Tank Reactor	Sampah diaduk terus, homogen. Skala industri 50-500 ton/hari	Sampah pasar, restoran, food waste	15-30 hari
Plug Flow / PFR	Sampah masuk dari satu sisi, keluar dari sisi lain tanpa diaduk	Sampah dengan padatan tinggi 15-25% TS	20-40 hari
Anaerobic Digester Dry	Sampah padat 25-40% TS, nggak perlu banyak air	Sampah sayur pasar, kotoran hewan	20-30 hari
Fixed Bed / UASB	Mikroba nempel di media, cairan lewat	Air limbah organik cair	1-5 hari

Tahapan Proses Lengkap Anaerobik



Tahap 1 Pretreatment

Tahap 1: Pretreatment

- Sampah organik dipisah dari plastik, logam, kaca pakai trommel screen dan magnet.
- Lalu dihancurkan jadi ukuran 2-5 cm dan dicampur air sampai kadar air 85-90%.
- Tahap 1 ini penting untuk mencegah reaktor mampet.

Tahapan 2 Loading ke Reaktor

Tahap 2: Loading ke Reaktor

Sampah cair masuk reaktor kedap udara. Suhu dijaga:

- Mesofilik: 35-38°C. Stabil, umum dipakai.
- Termofilik: 50-55°C. Lebih cepat, bunuh patogen, tapi sensitif gangguan.

Tahapan 3 Digesti 20-40 Hari

Tahap 3: Digesti 20-40 Hari

- Mikroba bekerja tanpa oksigen.
- Reaktor diaduk perlahan 10-15 menit tiap 2 jam biar substrat kena mikroba dan gas lepas.
- Parameter yang dipantau:
 1. pH 6.8-7.5
 2. VFA <3000 mg/L
 3. suhu stabil $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Tahapan 4 Pemisahan Output

Tahap 4: Pemisahan Output

1. **Biogas:** 100-200 m³/ton sampah organik. Ditampung di gas holder, lalu dimurnikan H₂S dan CO₂ nya untuk jadi biomethane atau langsung dibakar jadi listrik.
2. **Digestat:** Sisa padat-cair kaya nitrogen dan fosfor. Dipisah pakai screw press. Cairan jadi pupuk cair, padatan dikeringkan jadi kompos.

Kelebihan Proses Pengolahan Sampah Anaerobik

1. **Hasilkan energi:** 1 ton sampah organik = 100-150 kWh listrik. Bisa untuk PLTSa skala kecil.
2. **Kurangi emisi metana:** Gas metana ditangkap, nggak lepas ke atmosfer. 1 ton sampah organik yang diolah anaerobik mengurangi 0.5-0.8 ton CO₂e.
3. **Kurangi volume:** Volume sampah turun 70-80%.
4. **Bebas bau:** Karena tertutup, nggak ada bau busuk seperti kompos terbuka.
5. **Hasil pupuk bagus:** Digestat punya NPK lengkap dan mikroba menguntungkan.

Kekurangan Proses Pengolahan Sampah Anaerobik

1. **Butuh pemilahan ketat:** Kalau ada plastik 5% aja, reaktor bisa mampet dan proses macet.
2. **Start-up lama:** Butuh 30-60 hari untuk kultur mikroba stabil. Nggak bisa langsung nyala.
3. **Sensitif gangguan:** Perubahan pH, suhu, atau racun seperti amonia tinggi bisa bunuh mikroba metanogen.
4. **Investasi awal tinggi:** Reaktor stainless + sistem gas handling mahal. Rp10-20 miliar untuk 50 ton/hari.
5. **Butuh operator ahli:** Nggak bisa ditangani operator biasa, harus ngerti biologi proses.

Contoh Aplikasi Proses Pengolahan Sampah Anaerobik

1. **IPLT Duri Kosambi Jakarta:** Olah lumpur tinja 200 m³/hari pakai anaerobik, hasil biogas untuk genset.
2. **Pasar Induk Kramat Jati:** Pilot project sampah pasar 10 ton/hari jadi biogas untuk kompor pasar.
3. **PT Charoen Pokphand:** Pabrik ayam pakai anaerobik untuk kotoran ayam, hasil listrik 2 MW.



Proses
Pengolahan Sampah

Aerobik

Proses Pengolahan Sampah Aerobik

- Merupakan proses oksidasi parsial untuk mereduksi volume dan daya cemar sampah dengan bantuan mikroorganisme aerobik dalam kondisi keberadaan oksigen (udara).
- Proses oksidasi parsial ini memiliki nilai oksidasi yang lebih tinggi ketimbang proses anaerobik, meskipun masih akan dihasilkan kompos padat dan kompos cair (tanpa produksi gas bio).
- Proses aerobik ini akan mengubah sampah organik menjadi kompos padat, kompos cair, dan gas karbon dioksida, dengan menggunakan oksigen sebagai oksidatornya, serta waktu detensi 3-8 minggu. Reduksi volume yang dapat dihasilkan dalam proses ini mencapai 40-60 %.
- Proses dapat dilakukan dengan aerasi alami (windrow composting) maupun aerasi dipaksakan (forced aeration).

Prinsip Dasar Proses Pengolahan Sampah Aerobik

Mikroba aerobik seperti bakteri, jamur, actinomycetes "mengkonsumsi" bahan organik pakai oksigen.



Bahan Organik + O₂ + Mikroba → CO₂ + H₂O + Panas + Kompos + Biomassa Baru



Panas yang dihasilkan bisa naik sampai 60-70°C. Suhu ini penting buat membunuh patogen, telur cacing, dan biji gulma.

Tahapan Proses Komposting Aerobik

1. Fase Mesofilik 20-40°C - 1-3 hari

Bakteri mesofilik mulai bekerja. Suhu naik cepat karena aktivitas mikroba. Di fase ini bahan organik mudah urai seperti gula dan protein habis.

2. Fase Termofilik 40-70°C - 1-3 minggu

Bakteri termofilik ambil alih. Suhu tinggi membunuh patogen E.coli, Salmonella, dan biji gulma. Fase ini yang menentukan kompos bebas penyakit.

3. Fase Pendinginan - 1-2 minggu

Bahan organik mudah urai sudah habis. Suhu turun ke 40°C. Jamur dan actinomycetes mulai mengurai selulosa dan lignin yang susah.

4. Fase Pematangan - 2-8 minggu

Mikroba stabilisasi sisa bahan organik. Kompos jadi gelap, remah, bau tanah, pH 6.5-7.5. Siap dipakai.

Metode Pengolahan Aerobik yang Dipakai

Windrow / Tumpukan Terbuka

Aerated Static Pile

In-Vessel Composting / Reaktor

Vermicomposting

Windrow / Tumpukan Terbuka

Metode

Windrow / Tumpukan Terbuka

Sampah ditumpuk panjang 2m tinggi, lebar 3m. Dibalik tiap 3-7 hari pakai loader biar kena oksigen.

- Kapasitas: 10-100 ton/hari
- Biaya: Murah
- Dipakai: TPS 3R, TPA skala kecil.
- Contoh: TPS 3R Surabaya, Malang

Aerated Static Pile

Metode Aerated Static Pile

Tumpukan nggak dibalik, tapi ditiup udara dari bawah pakai blower lewat pipa berlubang.

- Kapasitas: 20-200 ton/hari
- Kelebihan: Lebih cepat, bau lebih terkontrol
- Dipakai: TPA Supit Urang Malang

Metode In-Vessel Composting / Reaktor

In-Vessel Composting / Reaktor

Sampah diolah dalam drum putar, silo, atau kontainer tertutup. Suhu, kelembapan, aerasi dikontrol otomatis.

- Kapasitas: 1-50 ton/hari
- Kelebihan: 14-21 hari selesai, nggak bau, nggak kena hujan
- Dipakai: Mall, hotel, kampus.

Contoh: Green Technology Center UI

Vermicomposting

Metode

Vermicomposting

Pakai cacing tanah jenis *Lumbricus rubellus* atau *Eisenia fetida* untuk bantu penguraian.

- Kapasitas: 1-5 ton/hari
- Kelebihan: Kompos kualitas tinggi, hasil cacing bisa dijual pakan
- Dipakai: Rumah tangga, sekolah

Parameter Kunci yang Harus Dijaga Pada Proses Aerobik

Parameter	Nilai Ideal	Kalau Salah
Rasio C/N	25-30:1	C/N tinggi = lama. C/N rendah = bau amonia
Kelembapan	50-60%	<40% = mikroba mati. >65% = anaerob, bau
Oksigen	10% di pori	Kurang O ₂ = jadi anaerob, bau busuk
Ukuran partikel	2-5 cm	Terlalu besar = lama. Terlalu kecil = mampet
pH	6.5-7.5	<5.5 atau >8.5 = mikroba terganggu

Kelebihan Proses Aerobik

1. **Murah dan sederhana:** Nggak perlu teknologi tinggi. TPS 3R bisa jalan pakai cangkul dan sekop.
2. **Cocok untuk sampah Indo:** Sampah organik 60-70% basah bisa langsung diolah.
3. **Hasil bernilai ekonomi:** Kompos dijual Rp1.500-3.000/kg. Bisa nutup OPEX.
4. **Kurangi emisi:** Nggak hasilkan metana. 1 ton kompos mengurangi 0.3 ton CO₂e.
5. **Bunuh patogen:** Suhu termofilik 60°C selama 3 hari membunuh bakteri berbahaya.

Kekurangan Proses Aerobik

1. **Butuh lahan:** Windrow butuh 0.5-1 m² per ton/hari.
2. **Bau kalau gagal:** Kalau anaerob, bau H₂S dan amonia menyengat.
3. **Butuh pemilahan:** Plastik harus dipisah dulu. Kalau nggak, kompos jadi kotor.
4. **Tergantung cuaca:** Sistem terbuka terganggu hujan deras. Harus ada atap.

Tingkat Keberhasilan Proses Aerobik

Pisah sampah di sumber

90% masalah kompos gagal itu karena tercampur plastik.

Pencacahan awal

Cacah sampah jadi 2-5 cm biar cepat terurai.

Pembalikan rutin

Untuk windrow, balik tiap 3 hari di fase termofilik.

Tambah aktivator

Pakai EM4, M-Bio, atau kompos jadi 5% untuk mempercepat start-up.

Perbedaan Proses Anaerobik Dengan Aerobik

Aspek	Aerobik	Anaerobik
Oksigen	Butuh	Tidak boleh ada
Produk utama	Kompos, CO ₂ , panas	Biogas, digestat
Waktu proses	14-60 hari	20-40 hari
Bau	Bau tanah kalau benar	Bau khas kalau tertutup
Energi	Butuh listrik untuk aerasi	Hasilkan listrik dari biogas
Investasi	Rendah-Sedang	Tinggi

Proses pengolahan sampah secara Kimia Termal

- bertujuan untuk mereduksi volume sampah dan daya cemar sampah, dengan tingkat oksidasi yang lebih tinggi ketimbang proses fisika dan proses biologi.
- Umumnya dilakukan dengan eskalasi temperatur, sehingga kandungan air pada sampah akan berkurang (menguap) dan akhirnya mengalami proses pembakaran



Proses
pengolahan
sampah
secara
Kimia
Termal

Proses pengeringan

Proses pirolisis

Proses gasifikasi

Proses insinerasi

Proses plasma gasifikasi

Proses pengeringan Sampah

- untuk mereduksi volume dan daya cemar sampah melalui penguapan air yang terkandung dalam sampah.
- diawali dengan proses pencacahan untuk meningkatkan kinerja penguapan, dengan temperatur kerja 105-120 oC dan waktu tinggal 1-2 jam.
- Proses ini akan menghasilkan sampah dengan volume yang tereduksi (hingga mencapai 20 % volume sebagai residu padat akhir).
- Sampah yang telah mengalami reduksi volume tersebut, juga akan mengalami reduksi kadar air dan peningkatan nilai kalor sampah, serta dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif berbentuk padat. Untuk penyeragaman bentuk dan ukuran, seringkali residu tersebut dibuat menjadi briket (Refuse Derived Fuel/RDF).

Proses Pirolisis Sampah

- untuk mereduksi volume (hingga mencapai 30 % volume sebagai residu padat akhir) dan daya cemar sampah melalui penguapan air dan senyawa volatil yang terkandung dalam sampah, tanpa kehadiran oksigen sebagai oksidator.
- Umumnya diawali dengan proses pencacahan untuk meningkatkan kinerja penguapan air dan senyawa volatil, dengan temperatur kerja 200-550 oC dan waktu tinggal 0,5-2 jam.
- Sebagai suatu proses oksidasi parsial, proses ini akan menghasilkan senyawa yang memiliki nilai kalor dalam wujud padat/char, wujud cair/tar, dan wujud gas/syngas (karbon dioksida, karbon monoksida, hidrogen, dan hidrokarbon ringan).

Proses Gasifikasi Sampah

- untuk mereduksi volume (hingga mencapai 20 % volume sebagai residu padat akhir) dan daya cemar sampah melalui penguapan air dan senyawa volatil yang terkandung dalam sampah, dengan kehadiran oksigen terbatas (substoikiometrik) sebagai oksidator.
- Umumnya diawali dengan proses pencacahan untuk meningkatkan kinerja penguapan air dan senyawa volatil, dengan temperatur kerja 700 - 1000 oC dan waktu tinggal 0,5-1 jam.
- Sebagai suatu proses oksidasi parsial (namun memiliki tingkat oksidasi lebih tinggi ketimbang proses pirolisis), maka proses ini akan menghasilkan senyawa berwujud gas yang memiliki nilai kalor/syngas (karbon dioksida, karbon monoksida, dan hidrogen).

Proses Insinerasi Sampah

- untuk mereduksi volume (hingga mencapai 10 % volume sebagai residu padat akhir) dan daya cemar sampah melalui penguapan air dan senyawa volatil yang terkandung dalam sampah, dengan kehadiran oksigen berlebih (superstoikiometrik) sebagai oksidator.
- Umumnya diawali dengan proses pencacahan untuk meningkatkan kinerja penguapan air dan senyawa volatil, dengan temperatur kerja 700 - 1200 oC dan waktu tinggal 0,5-1 jam.
- Sebagai suatu proses oksidasi yang relatif sempurna, maka akan dihasilkan gas yang tidak memiliki nilai kalor, berupa gas karbon dioksida, belerang di/tri oksida, nitrogen mono/di oksida, serta abu yang relatif bersifat stabil/ inert.

Proses Plasma Gasifikasi

- untuk mereduksi volume (hingga mencapai 5 % volume sebagai residu padat akhir) sampah melalui penguapan air dan senyawa volatil yang terkandung dalam sampah, dengan kehadiran oksigen terbatas (substoikiometrik) sebagai oksidator, serta disempurnakan dengan tekanan udara tinggi (dimampatkan) dan tegangan listik/voltase tinggi.
- Proses ini akan menghasilkan plasma yang berwarna kebiruunguan. Umumnya diawali dengan proses pencacahan untuk meningkatkan kinerja penguapan air dan senyawa volatil, dengan temperatur kerja 2.000-14.000 oC dan waktu tinggal 0,5-1 jam.
- Sebagai suatu proses oksidasi parsial (namun memiliki tingkat oksidasi lebih tinggi ketimbang proses pirolisis, gasifikasi, dan insinerasi), maka proses ini akan menghasilkan senyawa berwujud gas yang memiliki nilai kalor/syngas (karbon dioksida, karbon monoksida, dan hidrogen) dengan kemurnian sangat tinggi dan abu yang sangat stabil.

Semoga Bermanfaat

Terimakasih Atas Perhatiannya

Anda butuh Training Pengelolaan Sampah/ Limbah Padat Non B3 (PLNB3-OLNB3) Sertifikasi BNSP?

[Info Lengkap](#)

