

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Padat (Sampah) Dan Pengertiannya

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2024 Tentang penanganan sampah yang timbul akibat bencana, yang dimaksud sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 1 Tahun 2024 Sampah organik adalah sampah yang berasal dari makhluk hidup yang mudah terurai secara alami, seperti sisa makanan, daun, dan kotoran hewan. Sampah anorganik adalah sampah yang tidak berasal dari makhluk hidup dan sulit terurai secara alami, contohnya plastik, kaca, dan logam.

Sampah dapat menimbulkan bahaya atau gangguan terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan baik yaitu pencemaran lingkungan dan sumber penyakit. Sampah tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia, sebab pada dasarnya merupakan limbah dari berbagai kegiatan manusia yang sebetulnya tidak diharapkan. Walaupun dalam pengolahannya suatu produksi sudah dimusnahkan sekecil mungkin.

Faktor-faktor yang mempengaruhi timbulan sampah menurut peraturan terbaru, seperti Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor 1 Tahun 2024, mencakup jumlah penduduk, tingkat sosial ekonomi, perilaku masyarakat, ketersediaan infrastruktur pengelolaan sampah, dan kemajuan teknologi.

Klasifikasi limbah padat berdasarkan sumbernya sesuai PERMEN LHK No. 1 Tahun 2024 dapat dibagi menjadi beberapa kelompok utama: limbah rumah tangga, limbah industri, limbah pertanian, limbah medis, limbah pertambangan, dan limbah pariwisata. Selain itu, limbah juga dapat dikelompokkan berdasarkan jenis sampah, seperti sampah yang mengandung B3, bangkai binatang, dan sampah lainnya.

1. Limbah Rumah Tangga :

Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan sehari-hari di rumah, seperti sisa makanan, kertas, plastik, dan lain-lain.

2. Limbah Industri:

Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri, seperti sisa proses produksi, limbah bahan kimia, dan lain-lain.

3. Limbah Pertanian:

Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan pertanian, seperti sisa pupuk, pestisida, dan lain-lain.

4. Limbah Medis:

Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan medis, seperti jarum suntik, obat-obatan, dan lain-lain.

5. Limbah Pertambangan:

Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan pertambangan, seperti tanah, batuan, dan lain-lain.

6. Limbah Pariwisata:

Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan pariwisata, seperti sampah plastik, makanan, dan lain-lain.

7. Limbah Berdasarkan Jenis Sampah (PERMEN LHK No. 1 Tahun 2024):

- a. **Sampah yang Mengandung B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun):** Seperti obat-obatan tidak terpakai, produk kimia, elektronik rusak, dan lain-lain.
- b. **Bangkai Binatang:** Sampah yang berasal dari bangkai hewan.
- c. **Sampah Lainnya:** Sampah yang tidak termasuk dalam kategori di atas.

Dilihat dari keadaan fisik, karakteristik sampah dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK No. 1 Tahun 2024), antara lain sampah padat, sampah cair, sampah padat organik, sampah padat anorganik, sampah B3, sampah konstruksi, sampah spesifik, dan sampah sisa kegiatan lain.

1. Sampah Padat:

Termasuk segala bahan buangan selain kotoran manusia, urine, dan sampah cair.

2. Sampah Cair:

Sampah yang berbentuk cair, seperti limbah industri, air cucian, dll.

3. Sampah Padat Organik:

Sampah yang terbuat dari bahan-bahan organik dan mudah terurai, seperti sisa makanan, daun, dan limbah pertanian.

4. Sampah Padat Anorganik:

Sampah yang terbuat dari bahan-bahan anorganik dan sulit terurai, seperti plastik, kaca, logam, dan kertas.

5. Sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun):

Sampah yang mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun, seperti sisa limbah medis, pestisida, dan bahan kimia.

6. Sampah Konstruksi:

Sampah yang berasal dari kegiatan konstruksi, seperti puing bangunan, kayu, dll.

7. Sampah Spesifik:

Sampah yang timbul akibat bencana alam, puing bangunan, dan sampah yang belum bisa diolah secara teknologi.

8. Sampah Sisa Kegiatan Lain:

Sampah yang timbul dari sisa kegiatan industri, pertanian, dan kegiatan lainnya.

Karakteristik Sampah:

Karakteristik sampah meliputi sifat fisik, kimia, dan biologis. Sifat fisik sampah meliputi berat jenis, kelembapan, ukuran partikel, dan permeabilitas. Sifat kimia sampah meliputi pH, kandungan air, dan kandungan mineral. Sifat biologis sampah meliputi jenis mikroorganisme yang ada di dalamnya dan kemampuan sampah untuk terurai.

Sedangkan macam sampah, dikenal beberapa cara pembagian. Ada yang membagi atas dasar zat pembentuknya, yaitu:

1. Sampah organik dan
2. Sampah anorganik.

B. Kompos Dan Pengomposan

1. Pengertian Kompos dan Pengomposan

Menurut Peraturan Menteri LHK No. 14 tahun 2021, Pengomposan merupakan suatu proses yang dilakukan terhadap sampah organik atau disebut juga sampah basah, yaitu sampah yang berasal dari makhluk hidup seperti sisa makanan, daun, kertas, dan rumput yang dapat terurai oleh proses alami secara biologis. Pada umumnya pengomposan dilakukan dengan cara menggunakan bantuan mikroorganisme untuk menghasilkan pupuk kompos. Pengolahan sampah dengan cara pengomposan dapat menghasilkan pupuk kompos padat maupun cair yang keduanya memiliki nilai ekonomi, baik untuk digunakan sendiri ataupun dijual kembali.

Selama proses pengomposan, mikroba menggunakan karbon yang berasal dari material organik sebagai sumber energi dan untuk sintesis sel mikroba yang baru. Karbon menyediakan baik dinding dan sumber energi untuk mikroba. Penggunaan kompos memiliki beberapa keuntungan seperti pengelolaan pupuk, meningkatkan kesuburan tanah, mengurangi risiko lingkungan, menambah ruang udara di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan sirkulasi air dan udara pada tanah, menambahkan nutrisi ke dalam tanah, mempertahankan kelembaban tanah, menstimulasi aktivitas biologis seperti mendorong pertumbuhan akar tanaman.

2. Metode Pengomposan

Metode yang digunakan dalam proses pengomposan ada beberapa cara dan dapat diklasifikasikan berdasarkan :

- 1) Kebutuhan oksigen di dalam proses pengomposan :

- a. Pengomposan secara aerobik adalah proses pengomposan yang membutuhkan oksigen. Dalam proses ini banyak koloni bakteri yang berperan dan ditandai dengan adanya perubahan temperature.
- b. Pengomposan secara anaerobik adalah proses pengomposan yang tidak membutuhkan oksigen. Proses ini merupakan proses yang dingin dan tidak terjadi fluktuasi temperatur seperti yang terjadi pada proses pengomposan secara aerobik.

2) Teknologi yang digunakan

- a. *Open (windrow) composting* adalah proses pengomposan yang dilakukan di tempat terbuka dan bahan biasanya ditumpuk secara memanjang. Untuk mendapatkan oksigen dan kesempurnaan pencampuran, biasanya tumpukan sampah tersebut dibolak balik dan diaduk. Hal ini juga dapat menghambat bau yang mungkin timbul karena proses fermentasi. Pembalikan dapat dilakukan baik secara mekanis maupun manual.
- b. *Aerated Static Pile Composting* adalah proses pengomposan yang dilakukan dengan menyuntikkan udara melalui pipa statis ke dalam tumpukan sampah. Untuk mencegah bau yang timbul, pipa dilengkapi dengan exhaust fan yang setiap tumpukannya digunakan blower untuk memantau kebutuhan oksigen yang diperoleh dari suntikan udara.
- c. *In-vessel Composting System* adalah proses pengomposan yang dilakukan di dalam kontainer/tangki tertutup. Proses ini berlangsung secara mekanik, untuk mencegah bau disuntikkan udara, pemantauan suhu dan konsentrasi oksigen.

- d. *Vermicomposting* adalah proses pengembangan pengomposan secara aerobik dengan memanfaatkan cacing tanah sebagai perombak utama atau dekomposer. Inokulasi cacing tanah dilakukan pada saat kondisi material organik sudah siap menjadi media tumbuh (kompos setengah matang).
- e. *Effective Microorganismse (EM)*, merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. EM 4 diaplikasikan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman dan populasi mikroorganisme di dalam tanah dan tanaman (Wididana, Piyatmo dan Higa, 1996).

3) Temperatur yang terjadi, dibedakan menjadi:

- a. Pengomposan mesofilik adalah fase pengomposan pada temperatur sedang yaitu berkisar antara 25 °C - 45 °C.
- b. Pengomposan termofilik adalah fase pengomposan pada temperatur yang berkisar antara 45 °C-65 °C.

Dalam Anonim, (2002) dikatakan bahwa secara garis besar metode pengomposan dibagi menjadi :

- a. Cara pasif yaitu menimbun bahan organik dan membiarkannya mengalami dekomposisi dengan sendirinya. Dengan cara ini pengomposan terjadi melalui proses anaerobik yang relatif lama.
- b. Cara aktif yaitu dengan mencampurkan bahan tertentu pada bahan organik atau secara periodik melakukan pembalikan dan atau penyiraman. Proses yang terjadi adalah bersifat aerobik atau sekaligus aerobik dan anaerobik.

- c. Kombinasi yaitu pengomposan antara dua metode di atas. tumpukan diatur sedemikian rupa agar pembusukan dapat terjadi lebih cepat dari cara pasif tetapi dengan usaha yang lebih sedikit dari cara aktif.

2. Tingkat Kestabilan Bahan Organik Dalam Pengomposan

Hasil akhir dari proses pengomposan adalah terjadinya kestabilan bahan organik yang merupakan perubahan bahan organik menjadi kompos. Kestabilan tercapai karena berakhirnya pembentukan CO₂ dan H₂O serta mineral. Parameter kestabilan yang lain di antaranya adalah penurunan suhu akhir proses, kapasitas pemanasan diri, dan lain-lain.

Adapun ciri- ciri perubahan bentuk sampah organik menjadi kompos adalah; Suhu kurang lebih sama dengan suhu lingkungan sekitarnya

- a. Rasio Carbon dan Nitrogen (C/N) = 13: 1-20: 1, tergantung dari bahan bakunya;
- b. Jika ditutup dalam wadah (misal plastik) tidak timbul / hanya ada sedikit gas yang menunjukkan sudah tidak terjadi dekomposisi yang berarti;
- c. Berwarna coklat kehitaman
- d. Berstruktur remah dan berkonsentrasi gembur;
- e. Tidak larut dalam air, meskipun sebagian dari kompos bisa membentuk suspensi;
- f. pH berkisar antara 7-8;
- g. Jika digunakan pada tanah, kompos dapat memberikan efek menguntungkan bagi tanah dan pertumbuhan tanaman;
- h. Tidak mengandung asam lemak yang menguap;
- i. Tidak berbau.

Kualitas kompos yang dihasilkan sangat tergantung pada bahan baku yang digunakan. Menurut Murbandono (2003) disebutkan bahwa hampir semua bahan organik bisa dimanfaatkan, tetapi beberapa diantaranya tidak boleh digunakan dalam pembuatan kompos sebab bisa menimbulkan bau busuk dan mengundang bibit penyakit pes. Berikut ini beberapa contoh bahan yang harus dihindari.

- a. Daging, tulang, dan duri - duri ikan.
- b. Produk-produk yang berasal dari susu.
- c. Sisa-sisa makanan berlemak.
- d. Potongan tanaman dan atau rerumputan yang telah tercemari barang - barang kimia atau terkena hama.

3. Manfaat dan Kegunaan Kompos

Menurut Peraturan Menteri LHK No. 14 Tahun 2021: Menyebutkan bahwa pengomposan adalah proses pengolahan sampah organik yang dapat terurai secara alami.

Kompos memiliki banyak manfaat dan kegunaan, baik untuk lingkungan maupun pertanian. Salah satunya adalah meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Kompos juga membantu dalam mengurangi penggunaan pupuk kimia yang dapat menyebabkan emisi gas rumah kaca.

Manfaat dan Kegunaan Kompos:

1. Meningkatkan Kesuburan Tanah:

Kompos membantu meningkatkan kualitas dan kesuburan tanah, termasuk struktur tanah, drainase, daya ikat air, dan ketersediaan nutrisi bagi tanaman.

2. Meningkatkan Struktur Tanah:

Kompos membuat tanah lebih longgar dan berpori, sehingga akar tanaman dapat tumbuh lebih mudah dan air dapat terserap dengan baik.

3. Menjaga Kesehatan Akar:

Kompos menjaga kesehatan akar tanaman dan membantu akar tumbuh lebih kuat dan sehat.

4. Mengurangi Pupuk Kimia:

Dengan menggunakan kompos, penggunaan pupuk kimia dapat dikurangi, yang berdampak positif bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

5. Meningkatkan Daya Dukung dan Daya Tampung DAS:

Kompos dapat digunakan untuk memulihkan kesehatan dan meningkatkan daya dukung serta daya tampung Daerah Aliran Sungai (DAS).

6. Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat:

Penggunaan kompos dapat mendukung pengembangan usaha ekonomi masyarakat, seperti melalui pembentukan kelompok tani hutan.

7. Pengelolaan Sampah Organik:

Kompos merupakan salah satu cara untuk mengelola sampah organik dan mengurangi limbah yang mencemari lingkungan.

Kandungan hara dalam kompos yang baik sesuai dengan hasil penelitian, secara umum adalah dengan kadar $N > 1,5\%$, $P_2O_5 > 1\%$, dan $K_2O > 1,5\%$, serta rasio C/N antara 15-20. Beberapa penelitian menunjukkan contoh kadar hara dalam kompos, seperti pada penelitian Nurhayati (2010) yang menunjukkan kompos sampah pasar memiliki kandungan N 1,17%, C-organik 11,46%, P 0,22%, dan K 1,05%.

Kandungan Hara Kompos yang Baik:

1. **Nitrogen (N):** Lebih dari 1,5%.
2. **Phospor (P) sebagai P₂O₅:** Lebih dari 1%.
3. **Kalium (K) sebagai K₂O:** Lebih dari 1,5%.
4. **Rasio C/N:** Antara 15 - 20.

Contoh Kandungan Hara dalam Kompos:

Penelitian Nurhayati (2010):

1. Nitrogen (N): 1,17%.
2. Karbon Organik (C-organik): 11,46%.
3. Phospor (P): 0,22%.
4. Kalium (K): 1,05%.

Kompos seharusnya tidak digunakan sebagai pupuk, tetapi sebagai media pengaya tanah (*soil enrichment*). Kompos tidak secara langsung menjadi nutrisi bagi tanaman, tetapi memperbaiki komposisi tanah dan ekosistemnya, sehingga hal itu secara tidak langsung merangsang tanaman untuk tumbuh. Bagaimanapun, hasil dari kompos boleh jadi diakui setelah periode yang panjang lebih dari tiga tahun sejak penerapannya. Dibandingkan dengan pupuk anorganik yang bereaksi cepat yang hasilnya tampak cepat.

Hal tersebut sulit untuk dipastikan penerapannya yang tepat dari kompos ke tanah, karena hal itu tergantung pada struktur tanah, volume nutrisi dari tanaman pertanian yang dibedakan oleh spesies pada lokasi yang berbeda seperti padi, tanaman pertanian, dan padang rumput, atau penerapannya. Sebagai contoh, yaitu menggunakan kompos dan pupuk anorganik komersil pada saat bersamaan. Namun, hal tersebut aman jika diputuskan sesuai hasil percobaan dari instansi terkait lokal.

Kompos hasil fermentasi EM-4 sering disebut *bokashi*. Istilah bokashi sendiri berasal dari bahasa Jepang yang artinya bahan organik terfermentasi dengan EM-4, tetapi dapat pula diakronimkan sebagai Bahan Organik Kaya Akan Sumber Kehidupan. *Effective Microorganisme 4* merupakan cairan berwarna coklat dan berbau khas, apabila muncul bau busuk menandakan bahwa mikroorganisme yang terkandung di dalamnya telah rusak atau mati.

Peranan bokashi di dalam tanah setelah diinokulasikan menjadikan tanah bersifat *zimogenik*. *Zimogenik* adalah kondisi tanah yang terdapat mikroorganisme yang merugikan, tidak dapat tumbuh karena keadaan tanah sepanjang waktu selalu berubah oleh terjadinya fermentasi (Higa, 1996 dalam Muchamad, 1997).

Dalam tanah yang *zimogenik* ini mikroorganisme yang merugikan tanaman akan mengalami tiga hal, yaitu:

- a. Mikroorganisme patogen tidak dapat mengendap di lingkungan itu
- b. Terdapat mikroorganisme patogen tetapi tidak dapat menyebabkan penyakit
- c. Mikroorganisme patogen dapat menyebabkan penyakit tetapi patogenitasnya akan menurun dengan menggunakan system monokultur.

C. Dekomposisi Bahan Organik Dalam Sampah

Bahan organik merupakan sumber energi dan karbon untuk pertumbuhan tubuh baru jasad renik tanah. Selain membebaskan energi, dekomposisi bahan organik juga membebaskan sejumlah senyawa penyusunnya seperti N, P, S serta CO₂, CH₄, asam organik, dan alkohol. Dalam proses dekomposisi, unsur-unsur C, N, P, K dengan cepat didekomposisi. Mula-mula proses dekomposisi berjalan dengan cepat kemudian berangsur - angsur melambat tergantung dari faktor kandungan bahan organik, kelembaban, tata udara, kadar nitrogen, serta

suhu. Dalam proses ini bahan organik yang kompleks didekomposisi menjadi bentuk yang lebih sederhana. Mengingat sumber utama karbon dalam tanah adalah bahan organik, maka besarnya dekomposisi bergantung dari banyaknya kandungan bahan organik. Bahan organik dengan rasio C/N rendah akan cepat terdekomposisi. Sebagian besar nitrogen dibebaskan sebagai amonia dan humus yang ditinggalkan sedikit. Penurunan kandungan oksigen akan mengurangi kegiatan jasad renik tanah. Dalam kondisi aerobik, bahan organik terurai sempurna, dengan membebaskan CO₂, CH₄, NH₄, lignin dan sejumlah energi. Dalam keadaan kekurangan oksigen, dekomposisi akan membebaskan asam-asam organik, CO₂, CH₄, gas hidrogen, senyawa sulfida dan senyawa – senyawa lain. Bahan organik dengan rasio C/N yang tinggi akan terombak dengan lambat dan menambahkan sejumlah bahan organik akan mempercepat proses dekomposisi bahan organik.

Dalam pembentukan humus ada tiga sifat perubahan yang berbeda, yaitu :

- a. Dekomposisi yang cepat dari beberapa unsur kimiawi oleh beberapa mikroorganisme.
- b. Sintesa zat — zat baru oleh mikroorganisme.
- c. Pembentuk. kompleks — kompleks yang resisten dari berbagai proses kondensasi dan polimerisasi.

Berbagai macam senyawa organik mengalami dekomposisi dengan tingkatan yang berbeda. Secara umum, kecepatan dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu (Ladd et al, 1985 dalam Paramita, 2002) dan komposisi sifat fisik dan kimia bahan, yang disebut kualitas (Swift dan Sanchez, 1984 dalam Paramita, 2002). Gula, zat pati, beberapa hemiselulosa

tertentu, beberapa lemak dan minyak didekomposisi perlahan, biasanya oleh mikroorganisme yang spesifik.

Penggolongan senyawa-senyawa tersebut berdasarkan kemudahannya untuk terdekomposisi dapat dilihat pada gambar berikut :

1. Gula, zat pati, protein sederhana cepat terurai
2. Protein kasar
3. Hemiselulosa
4. Selulosa
5. Lignin, lemak, lilin sangat lambat terurai

Gambar 2.1. Penggolongan senyawa - senyawa berdasarkan kemudahannya untuk terdekomposisi (Paramita, 2002)

Dalam proses dekomposisi, mikroorganisme baik mesofilik maupun termofilik mempunyai cara tertentu. Kedua jenis mikroorganisme ini melakukan pencernaan secara kimia, dimana bahan organik dilarutkan kemudian diuraikan.

Langkah pertama dalam dekomposisi sampah adalah bahan organik dipecah menjadi lebih kecil oleh mikroorganisme mesofilik. Selanjutnya permukaan partikel-partikel kecil ini diselimuti air, karena kondisi sampah yang sudah basah. Mikroorganisme akan mengeluarkan enzim yang mampu bereaksi dengan partikel tersebut. Reaksi ini akan menguraikan permukaan organik, menjadi unsur-unsur hara yang dapat diserap oleh mikroorganisme. Reaksi ini berlangsung terus, sehingga bahan organik semakin terpecah menjadi partikel-partikel dengan ukuran yang lebih kecil. Seluruh reaksi memerlukan suatu kondisi ideal di antaranya :

- a. Kadar air yang memadai ;
- b. Aerasi yang baik ;
- c. Adanya nitrogen yang cukup ;

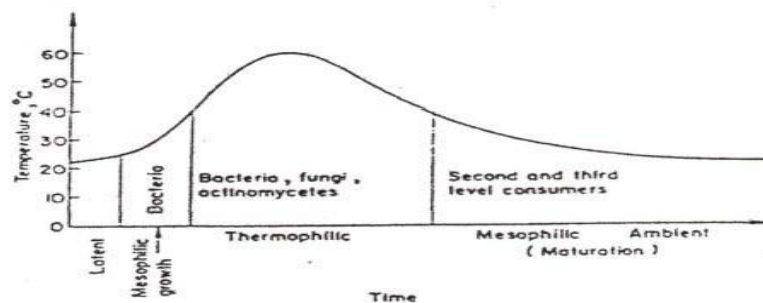
- d. pH optimum ;
- e. Temperatur optimum.

D. Deskripsi Proses Dalam Pengomposan

1. Proses Dasar

Jalannya proses penguraian biokimiawi sampah sangat kompleks, terdiri dari beberapa tahap. Pada gambar 11.2. dijelaskan fase- fase selama proses dekomposisi berdasarkan suhu :

- a. Fase Laten (fase tersembunyi), yang digambarkan dengan waktu yang diperlukan untuk penyesuaian diri mikroorganisme terhadap lingkungan dan membentuk koloni dalam tumpukan.
- b. Fase pertumbuhan; terjadi peningkatan aktivitas mikroorganisme yang ditandai dengan peningkatan suhu hingga fase mesofilik.
- c. Fase termofilik; terjadi peningkatan secara drastis hingga tingkat tertinggi. Pada fase ini terjadi stabilisasi sampah dan pemusnahan bakteri patogen secara efektif.
- d. Fase pematangan, terjadi penurunan suhu hingga kondisi mesofilik sampai Tingkat ambien (batas)

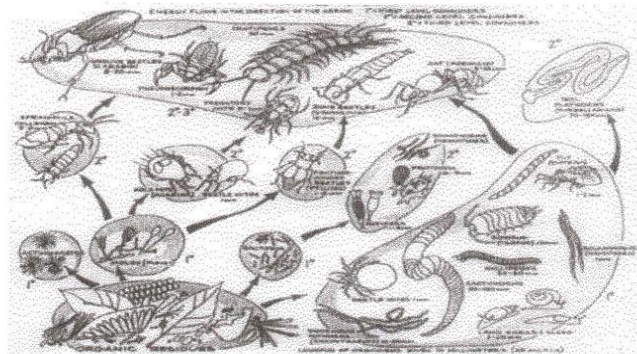


Gambar.1. Kurva pertumbuhan mikroba terhadap suhu (Paramita, 2002)

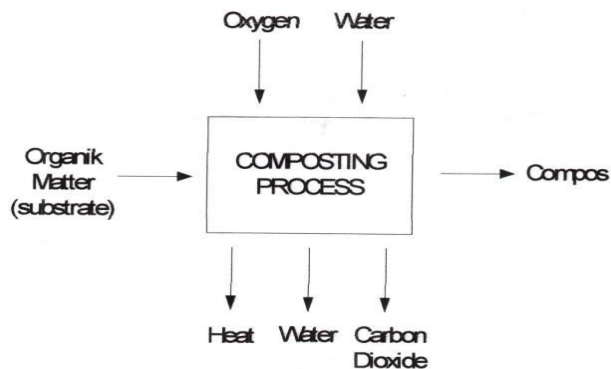
2. Proses Biologis

Dekomposisi merupakan proses biologis yang mana bahan organik akan dirombak menjadi humus yang stabil melalui aktivitas mikroorganisme kompleks yang secara alami terdapat di dalam bahan organik. Ini termasuk mikroorganisme seperti cacing tanah dan berbagai macam mikroorganisme lainnya yang dapat dilihat pada gambar 2.3.

Menurut teori yang ada saat ini, dengan ketidak hadiran oksigen maka bakteri anaerobik yang melaksanakan katabolisme. Proses ini menghasilkan produk akhir yaitu methana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Diagram sederhana yang menunjukkan input dan output utama dalam proses pengomposan dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar. 2. Berbagai konsumen dan tingkatannya selama proses dekomposisi (anonim, www.geocities.com/kompos)



Gambar. 3. Analisis input-output dari proses pengomposan

Sumber : Diaz, L.F. Composting and Recycling Munipical Solid Waste, (1993).

Pada awal proses, bahan organik akan didekomposisi oleh konsumen tingkat ke-1 seperti bakteri, fungi dan *Actinomycetes*. Stabilisasi sampah terjadi melalui reaksi bakteri.

Bakteri golongan mesofilik adalah jenis yang nampak pertama kali. Selanjutnya setelah suhu mulai meningkat, jenis termofilik akan nampak dan mendominasi populasi bakteri seiring dengan peningkatan suhu. Jamur termophilik biasanya nampak setelah 5-7 hari proses. Apabila suhu terus meningkat hingga lebih dari 65-70 °C, fungi, *Actinomycetes*, dan sebagian besar bakteri akan menjadi tidak aktif dan hanya sebagian kecil bakteri berbentuk spora saja yang aktif. Pada akhir tahap, dengan menurunnya suhu, akan didominasi oleh kelompok bakteri *Actinimycetes* yang ditandai dengan adanya warna putih pada permukaan timbunan.

Pada tahap ini, konsumen tingkat ke-1 akan menjadi makanan bagi konsumen tingkat ke-2 seperti lebah, nematoda, dan protozoa. Konsumen tingkat ke-3 seperti lipan, lebah terbang, dan semut akan memangsa konsumen tingkat ke-2.

3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengomposan

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengomposan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) meliputi rasio C/N (karbon/nitrogen) bahan baku, jenis dan ukuran bahan baku, aerasi, kelembaban, suhu, mikroorganisme, dan aktivator. Rasio C/N yang ideal, ukuran partikel yang sesuai, aerasi yang cukup, kelembaban yang optimal, suhu yang tepat, dan penggunaan aktivator akan mempercepat dan meningkatkan kualitas proses pengomposan.

Berikut adalah penjelasan lebih detail tentang masing-masing faktor:

1. Rasio C/N: Rasio C/N yang ideal (sekitar 25-30) sangat penting untuk proses dekomposisi yang optimal. Bahan baku dengan rasio C/N yang terlalu tinggi (karbon lebih banyak) akan membutuhkan waktu lebih lama untuk terdekomposisi, sementara bahan baku dengan rasio C/N yang terlalu rendah (nitrogen lebih banyak) dapat menyebabkan proses dekomposisi yang cepat, tetapi menghasilkan kompos yang kurang berkualitas.
2. Jenis dan Ukuran Bahan Baku: Jenis bahan organik yang berbeda akan memiliki kecepatan dekomposisi yang berbeda. Ukuran bahan baku yang kecil (dikocok atau dipotong) akan mempercepat proses dekomposisi karena luas permukaan yang lebih besar.
3. Aerasi: Aerasi yang baik (sirkulasi udara yang cukup) sangat penting untuk aktivitas mikroorganisme yang bertanggung jawab atas proses dekomposisi. Mikroorganisme membutuhkan oksigen untuk hidup dan bekerja, sehingga aerasi yang baik akan mempercepat proses pengomposan.
4. Kelembaban: Kelembaban yang optimal (sekitar 50-60%) sangat penting untuk aktivitas mikroorganisme. Kelembaban yang terlalu kering akan menghambat aktivitas mikroorganisme, sedangkan kelembaban yang terlalu basah dapat menyebabkan pertumbuhan jamur dan bau tidak sedap.
5. Suhu: Suhu yang tepat (sekitar 30-60°C) akan mendukung aktivitas mikroorganisme yang optimal untuk proses pengomposan. Suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat atau membunuh mikroorganisme.

6. Mikroorganisme: Mikroorganisme seperti bakteri dan jamur sangat penting untuk proses dekomposisi bahan organik menjadi kompos. Pemilihan jenis mikroorganisme yang tepat dapat meningkatkan efisiensi pengomposan.
7. Aktivator: Aktivator (misalnya enzim atau bakteri) dapat membantu mempercepat proses pengomposan, terutama pada tahap awal. Aktivator dapat membantu menguraikan bahan organik yang sulit terdekomposisi.

E. Effective Microorganisms 4 (EM-4)

Usaha untuk memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi utama bagi pertumbuhan tanaman telah dilakukan oleh International Nature Farming Research Centre di Jepang sejak tahun tujuh puluhan. Penelitian tersebut menghasilkan suatu bahan inoculan mikroorganisme yang bernama *Effective Microorganisms 4* (EM 4).

Teknologi EM 4 adalah teknologi budidaya pertanian untuk meningkatkan kesehatan, kesuburan tanah, dan tanaman dengan menggunakan mikroorganisme yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. EM 4 mengandung *Lactobacillus*, ragi, bakteri fotosintetik, *Actinomycetes*, dan jamur pengurai selulosa, untuk memfermentasikan bahan organik tanah menjadi senyawa organik yang mudah diserap oleh akar tanaman. Teknologi EM- 4 ditemukan pertama kali oleh Prof. DR. Teruo Higa dari Universitas Ryukyus, Jepang pada tahun 1980 dan telah diterapkan. Jika terjadi simbiose dengan bakteri pengikat nitrogen dalam tanah maka tanaman dapat tumbuh dengan sekalipun tanpa diberi pupuk kimia. Ini terjadi karena zat zat organik yang disintesis oleh bakteri fotosintetik diserap sebagai sumber energi organik oleh tanaman. Apabila tanah diubah menjadi tanah zimogenik dan sintetis dapat hidup secara berdampingan, bukan saja zat-zat organik dapat digunakan

secara efektif, akan tetapi juga tanah menjadi subur dengan sendirinya, karena tanah semacam itu dapat secara sintetik atau zimogenik mentransformasikan zat - zat berbahaya yang dihasilkan dalam proses seperti pembusukan, serta bakteri bakteri yang menyebabkan penyakit tidak dapat hidup dan berkembang.

Selain itu EM 4 diaplikasikan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman dan populasi mikroorganisme di dalam tanah, yang selanjutnya dapat meningkatkan kesehatan, pertumbuhan dan produktivitas usaha tani. EM 4 juga mempermentasikan limbah dan kotoran ternak hingga lingkungan menjadi tidak bau.

Effective Microorganism-4 (EM4) dapat mempercepat fermentasi bahan organik hingga unsur hara yang berada didalamnya akan mudah terserap dan tersedia untuk tanaman (Hadisuwito, 2012). Penggunaan EM4 bisa untuk mempercepat dekomposisi bahan organik dari 3 bulan menjadi 7-14 hari. EM4 yaitu campuran dari mikroba seperti *Lactobacillus* sp., bakteri penghasil asam laktat dan bakteri fotosintetik. *Streptomyces* dan ragi akan bekerja secara aktif di proses dekomposisi. Oleh karena itu penggunaan EM4 bertujuan untuk percepatan fermentasi dalam pembuatan pupuk organik (Ansori dalam Patrisyawati et al., 2024) lebih lanjut (Patrisyawati et al., 2024) mengatakan ada dua factor rancangan penelitiannya, pertama, lama waktu fermentasi dengan tiga taraf, yaitu: F1: rentang waktu 7 hari F2: rentang waktu 9 hari F3: rentang waktu 13 hari Faktor kedua, volume penambahan Effective Microorganism-4 (EM4) terdiri dari 3 perlakuan, yaitu: A: 50 ml B: 100 ml C: 150 ml.

Mekanisme kerja EM 4 dalam meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas usaha tani melalui beberapa cara, antara lain:

- a. Mempercepat dekomposisi limbah dan sampah organik
- b. Meningkatkan ketersediaan nutrisi dan senyawa organik dalam tanah
- c. Meningkatkan aktivitas menguntungkan
- d. Menekan pertumbuhan organisme patogen tanah yang merugikan
- e. Meningkatkan fiksasi nitrogen per
- f. Mengurangi kebutuhan pupuk dan pestisida kimia

Secara garis besar, mikroorganisme utama dalam EM 4 dan kegiatannya dapat digolongkan sebagai berikut:

1. *Bakteri fotosintetik (bakteri fototrofik)*

Merupakan mikroorganisme yang mandiri dan swasembada. Bakteri ini mampu membentuk zat - zat yang bermanfaat dari sekresi akar - akar tumbuhan, bahan - bahan organik dan atau gas gas yang berbahaya (seperti H₂S), dengan menggunakan sinar matahari dan panas bumi sebagai sumber energi. Zat - zat yang bermanfaat tersebut meliputi asam amino, asam nukleik, zat-zat bioaktif dan gula. Bakteri ini berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara bebas, memakan gas -gas beracun dan panas dari hasil proses pembusukan sehingga polusi tanah menjadi berkurang.

2. *Bakteri Asam Laktat (Lactobacillus)*

Bakteri ini berfungsi untuk menghasilkan senyawa senyawa antibiotik yang bersifat toksik terhadap patogen / penyakit, serta dapat melarutkan ion ion mikro lainnya. Lactobacillus berfungsi memfermentasi bahan organik menjadi senyawa - senyawa asam laktat dari gula, sedangkan bakteri fotosintetik dan ragi menghasilkan karbohidrat lainnya. Tetapi asam laktat merupakan suatu zat yang dapat mengakibatkan kemandulan (sterilizer). Oleh sebab itu asam laktat dapat

menekan pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan dan meningkatkan percepatan perombakan bahan-bahan organik karena dapat menghancurkan bahan-bahan organik resistan seperti lignin dan selulosa, serta dapat memfermentasikannya tanpa menimbulkan pengaruh merugikan yang diakibatkan oleh bahan yang tidak terurai. Mampu menekan pertumbuhan *Fusarium* yang dapat menimbulkan penyakit dan melemahkan kondisi tanaman.

3. *Actinomycetes*

Actinomycetes yang strukturnya merupakan bentuk bakteri dan jamur, menghasilkan zat-zat anti mikroba dari asam amino yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik dan bahan organik. Berfungsi untuk menghasilkan senyawa senyawa antibiotik yang bersifat toksik terhadap patogen/penyakit, serta dapat melarutkan ion-ion mikro lainnya. Zat - zat mikroba ini menekan pertumbuhan jamur dan bakteri. *Actinomycetes* dapat hidup berdampingan dengan bakteri fotosintetik. Dengan demikian kedua spesies ini sama sama meningkatkan mutu lingkungan dengan meningkatkan aktivitas anti mikro tanah.

4. *Jamur Fermentasi*

Jamur ini seperti *Aspergillus* dan *Penicillium* menguraikan bahan organik secara cepat untuk menghasilkan alkohol, ester, dan zat - zat anti mikroba. Zat zat tersebut akan menghilangkan bau dan mencegah serbuan serangga dan ulat - ulat yang merugikan.

5. *Streptomyces sp.*

Mengeluarkan enzim streptomisin yang bersifat racun terhadap hama dan penyakit yang merugikan.