

PENGELOLAAN LIMBAH PADAT DI INDUSTRI

Ir.Latar Muhammad Arief, MSc

Dosen FKM, Peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Univ Esa Unggul

I. PENGANTAR

Beberapa kasus pencemaran terhadap lingkungan telah menjadi topic hangat di berbagai media masa, misalnya pencemaran Teluk Buyat di Sulawesi Utara yang berdampak terhadap timbulnya bermacam penyakit yang menyerang penduduk yang tinggal di sekitar teluk tersebut. Para pelaku industri kadang mengesampingkan pengelolaan lingkungan yang menghasilkan berbagai jenis-jenis limbah dan sampah. Limbah bagi lingkungan hidup sangatlah tidak baik untuk kesehatan maupun kelangsungan kehidupan bagi masyarakat umum, limbah padat yang di hasilkan oleh industri sangat merugikan bagi lingkungan umum jika limbah padat hasil dari industri tersebut tidak diolah dengan baik pasti akan berdampak negatif pada lingkungan hidup jika tidak ada pengolahan yang baik dan benar, dengan adanya limbah padat didalam lingkungan hidup maka dapat menimbulkan pencemaran seperti :

- 1) Timbulnya gas beracun, seperti asam sulfida (H_2S), amoniak (NH_3), metan(CH_4), CO_2 dan sebagainya. Gas ini akan timbul jika limbah padat ditimbun dan membusuk dikarena adanya mikroorganisme. Adanya musim hujan dan kemarau, terjadi proses pemecahan bahan organik oleh bakteri penghancur dalam suasana aerob/anaerob.
- 2) Dapat menimbulkan penurunan kualitas udara, dalam sampah yang ditumpuk, akan terjadi reaksi kimia seperti gas H_2S , NH_3 dan methane yang jika melebihi NAB (*Nilai Ambang Batas*) akan merugikan manusia. Gas H_2S 50 ppm dapat mengakibatkan mabuk dan pusing.
- 3) Penurunan kualitas air, karena limbah padat biasanya langsung dibuang dalam perairan atau bersama-sama air limbah. Maka akan dapat menyebabkan air menjadi keruh dan rasa dari air pun berubah.
- 4) Kerusakan permukaan tanah. Dari sebagian dampak-dampak limbah padat diatas, ada beberapa dampak limbah. yang lainnya yang ditinjau dari aspek yang berbeda secara umum.

Para pelaku industri atau pelaku ekonomi yang kurang peduli pengelolaan lingkungan yang akan memberikan dampak terhadap kesehatan dan terhadap lingkungan adalah sebagai berikut :

1. Dampak Terhadap Kesehatan
Dampaknya yaitu dapat menyebabkan atau menimbulkan penyakit. Potensi bahaya kesehatan yang dapat ditimbulkan adalah sebagai berikut:
 - a) Penyakit diare dan tikus, penyakit ini terjadi karena virus yang berasal dari sampah dengan pengelolaan yang tidak tepat.
 - b) Penyakit kulit misalnya kudis dan kurap
2. Dampak Terhadap Lingkungan
Cairan dari limbah – limbah yang masuk ke sungai akan mencemarkan airnya sehingga mengandung virus-virus penyakit. Berbagai ikan dapat mati sehingga mungkin lama kelamaan akan punah. Tidak jarang manusia juga mengkonsumsi atau menggunakan air untuk kegiatan sehari-hari, sehingga manusia akan terkena dampak limbah.baik secara langsung maupun tidak langsung. Selain mencemari, air lingkungan juga menimbulkan banjir karena banyak orang-orang yang membuang limbah.rumah tangga ke sungai, sehingga pintu air mampet dan pada waktu musim hujan air tidak dapat mengalir dan air naik menggenangi rumah-rumah penduduk, sehingga dapat meresahkan para penduduk.

Teknologi pengolahan limbah padat, yaitu Insinerasi sangat populer di beberapa negara seperti Jepang di mana lahan merupakan sumber daya yang sangat langka. Denmark dan Swedia telah menjadi pionir dalam menggunakan panas dari insinerasi untuk menghasilkan energi. Di tahun 2005, insinerasi limbah padat menghasilkan 4,8% energi listrik dan 13,7% panas yang dikonsumsi negara itu. Beberapa negara lain di Eropa yang mengandalkan insinerasi sebagai pengolahan limbah padat adalah Luksemburg, Belanda, Jerman, dan Prancis.

Teknologi pengolahan sampah ini untuk menjadi energi listrik pada prinsipnya sangat sederhana sekali yaitu:

- Sampah di bakar sehingga menghasilkan panas (proses konversi thermal)
 - o Panas dari hasil pembakaran dimanfaatkan untuk merubah air menjadi uap dengan bantuan boiler

- Uap bertekanan tinggi digunakan untuk memutar bilah turbin
 - Turbin dihubungkan ke generator dengan bantuan poros
 - Generator menghasilkan listrik dan listrik dialirkan kerumah - rumah atau ke pabrik.
- Didalam inserator sampah dibakar. Panas yang dihasilkan dari hasil pembakaran digunakan untuk merubah air menjadi uap bertekanan tinggi. Uap dari boiler langsung ke turbin, dan sisa pembakaran seperti debu diproses lebih lanjut agar tidak mencemari lingkungan (truk mengangkut sisa proses pembakaran).

II. PENGERTIAN DAN PROSES TERBENTUKNYA LIMBAH PADAT DI INDUSTRI

Pengertian .

Limbah padat industri, adalah hasil buangan industri berupa padatan, lumpur, atau bubur yang berhasil dari suatu proses pengolahan (Daryanto, 1995). Dalam konsep lingkungan didefinisikan limbah padat dibagi menurut jenisnya, yaitu :

- (i) Municipal, yaitu limbah perkotaan dihasilkan oleh perumahan dan perkantoran, biasa disebut sebagai "sampah" (trash), berupa ; kertas, sampah taman, gelas, logam, plastik, sisa makanan, serta bahan lain seperti karet, kulit, dan tekstil
- (ii) Non-municipal , yaitu limbah yang berasal kegiatan industri, pertanian, pertambangan, dengan jumlah yang jauh lebih besar dari pada sampah perkotaan

Berdasarkan sifat limbah padat terbagi atas ;

1. Sampah organik - dapat diurai (*degradable*)
Sampah organik merupakan sampah yang berasal dari barang yang mengandung bahan-bahan organik, seperti sisa-sisa sayuran, hewan, kertas, potongan-potongan kayu dari peralatan rumah tangga, potongan-potongan ranting, rumput pada waktu pembersihan kebun dan sebagainya.
2. Sampah anorganik - tidak terurai (*undegradable*)
Berdasarkan kemampuan diurai oleh alam (biodegradability), maka dapat dibagi lagi menjadi:
 - 1) Biodegradable: yaitu sampah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerob, seperti: sampah dapur, sisa-sisa hewan, sampah pertanian dan perkebunan.
 - 2) Non-biodegradable: yaitu sampah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Dapat dibagi lagi menjadi:
 - Recyclable: sampah yang dapat diolah dan digunakan kembali karena memiliki nilai secara ekonomi seperti plastik, kertas, pakaian dan lain-lain.
 - Non-recyclable: sampah yang tidak memiliki nilai ekonomi dan tidak dapat diolah atau diubah kembali seperti tetra packs, carbon paper, thermo coal dan lain-lain.

Proses Terbetuknya Limbah Padat Industri

Sumber-sumber limbah padat industri yang berupa padatan atau lumpur hasil pengolahan dari ; industri kertas, pulp, pabrik gula, rayon, plywood, limbah nuklir, pengawetan buah, ikan, daging, dll . Secaragaris besar limbah padat terdiri dari :

- Limbah padat yang mudah terbakar.
- Limbah padat yang sukar terbakar.
- Limbah padat yang mudah membusuk
- Limbah yang dapat di daur ulang.
- Limbah radioaktif.
- Bongkaran bangunan.
- Lumpur.

Proses terbetuknya limbah padat industri, adalah dari material atau bahan adalah zat atau benda, yang dari mana sesuatu dapat dibuat, atau barang yang dibutuhkan untuk membuat sesuatu.

Material atau bahan adalah sebuah masukan dalam produksi, baik berupa bahan mentah - yang belum diproses, atau untuk proses produksi lebih lanjut.

Beberapa contoh ;

Material teknik : adalah jenis material yang banyak dipakai dalam proses rekayasa dan industri. Material teknik dikelompokkan menjadi 6 golongan, antara lain ; (i) Logam : baja, besi cor, titanium, logam paduan, dll (ii) Polimer: polietilen, polipropilen, polikarbonat, dll (iii) Karet : isopren, neopren, karet alam, dll, (iv) Gelas : gelas soda, gelas silika, gelas borosilikat, (v) bKeramik : alumina, karbida silikon, nitrida silikon dll, (vi) Hibrida : komposit, sandwich, foam

Logam : Dalam bidang astronomi, istilah logam seringkali dipakai untuk menyebut semua unsur yang lebih berat dari pada helium, misalnya , Paduan logam, Logam mulia, Logam berat.

- *Paduan logam*, merupakan pencampuran dari dua jenis logam atau lebih untuk mendapatkan sifat fisik, mekanik, listrik dan visual yang lebih baik. Contoh paduan logam yang populer adalah baja tahan karat yang merupakan pencampuran dari baja (Fe) dengan Krom (Cr).
- logam mulia, berarti logam-logam termasuk paduannya yang biasa dijadikan perhiasan, antara lain emas, perak, perunggu dan platina. Logam-logam tersebut memiliki warna yang bagus, tahan karat, lunak dan terdapat dalam jumlah yang sedikit di alam,
- Logam berat (*heavy metal*), adalah logam dengan massa jenis lima atau lebih, dengan nomor atom 22 sampai dengan 92. Logam berat dianggap berbahaya bagi kesehatan bila terakumulasi secara berlebihan di dalam tubuh. Beberapa di antaranya bersifat membangkitkan kanker (karsinogen).

Bahan Pangan dengan Kandungan Logam Berat Tinggi dianggap tidak layak konsumsi, mengandung logam berat berlebihan. (i) polimer adalah rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik yang disebut monomer. Sekalipun biasanya merupakan organik (memiliki rantai karbon), ada juga banyak polimer inorganik. Contoh terkenal dari polimer adalah plastik. (ii), Karet adalah polimer hidrokarbon yang terkandung pada lateks beberapa jenis tumbuhan. Sumber utama produksi karet dalam perdagangan internasional adalah para atau *Hevea brasiliensis* (suku Euphorbiaceae). Karet adalah polimer dari satuan isoprena (politerpena) yang tersusun dari 5000 hingga 10.000 satuan dalam rantai tanpa cabang. Diduga kuat, tiga ikatan pertama bersifat trans dan selanjutnya cis. Senyawa ini terkandung pada lateks pohon penghasilnya. Pada suhu normal, karet tidak berbentuk (amorf). Pada suhu rendah ia akan mengkristal. Dengan meningkatnya suhu, karet akan mengembang, searah dengan sumbu panjangnya. Penurunan suhu akan mengembalikan keadaan mengembang ini. Inilah alasan mengapa karet bersifat elastik. (iii) Gelas adalah benda yang transparan, lumayan kuat, biasanya tidak bereaksi dengan barang kimia, dan tidak aktif secara biologi yang bisa dibentuk dengan permukaan yang sangat halus dan kedap air. Oleh karena sifatnya yang sangat ideal gelas banyak digunakan di banyak bidang kehidupan, (iv) Keramik sebagai suatu hasil seni dan teknologi untuk menghasilkan barang dari tanah liat yang dibakar, seperti gerabah, genteng, porcelain, dan sebagainya. Tetapi saat ini tidak semua keramik berasal dari tanah liat.

III. PENGOLAHAN LIMBAH PADAT INDUSTRI

Menurut sifatnya pengolahan limbah padat dapat dibagi menjadi dua cara yaitu pengolahan limbah padat tanpa pengolahan dan pengolahan limbah padat dengan pengolahan. Limbah padat tanpa pengolahan limbah padat yang tidak mengandung unsur kimia yang beracun dan berbahaya dapat langsung dibuang ke tempat tertentu sebagai TPA (*Tempat Pembuangan Akhir*). Limbah padat dengan pengolahan limbah padat yang mengandung unsur kimia beracun dan berbahaya harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke tempat-tempat tertentu.

Faktor – faktor yang perlu kita perhatikan sebelum kita mengolah limbah padat industri tersebut adalah sebagai berikut :

1. Jumlah Limbah
Sedikit dapat dengan mudah kita tangani sendiri. Banyak dapat membutuhkan penanganan khusus tempat dan sarana pembuangan
2. Sifat fisik dan kimia Limbah
Sifat fisik mempengaruhi pilihan tempat pembuangan, sarana pengangkutan dan pilihan pengolahannya. Sifat kimia dari limbah padat akan merusak dan mencemari lingkungan dengan cara membentuk senyawa-senyawa baru.
3. Kemungkinan pencemaran dan kerusakan lingkungan.
Karena lingkungan ada yang peka atau tidak peka terhadap pencemaran, maka perlu kita perhatikan tempat pembuangan akhir (TPA), unsur yang akan terkena, dan tingkat pencemaran yang akan timbul.
4. Tujuan akhir dari pengolahan
Terdapat tujuan akhir dari pengolahan yaitu bersifat ekonomis dan bersifat non-ekonomis.

Tujuan pengolahan yang bersifat ekonomis adalah dengan meningkatkan efisiensi pabrik secara menyeluruh dan mengambil kembali bahan yang masih berguna untuk di daur ulang atau di manfaat lain. Sedangkan tujuan pengolahan yang bersifat non-ekonomis adalah untuk mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan.

Dalam memproses pengolahan limbah padat terdapat empat proses yaitu pemisahan, penyusunan ukuran, pengomposan, dan pembuangan limbah.

1. **Pemisahan**
 Karena limbah padat terdiri dari ukuran yang berbedan dan kandungan bahan yang berbeda juga maka harus dipisahkan terlebih dahulu, supaya peralatan pengolahan menjadi awet. Sistem pemisahan ada tiga yaitu diantaranya : (i) *Sistem Balistik*, adalah sistem pemisahan untuk mendapatkan keseragaman ukuran / berat / volume, (ii) *Sistem Gravitasi*, adalah sistem pemisahan berdasarkan gaya berat misalnya barang yang ringan / terapung dan barang yang berat / tenggelam, (iii) *Sistem Magnetis*, adalah sistem pemisahan berdasarkan sifat magnet yang bersifat agnet, akan langsung menempel. Misalnya untuk memisahkan campuran logam dan non logam.
2. **Penyusunan Ukuran**
 Penyusunan ukuran dilakukan untuk memperoleh ukuran yang lebih kecil agar pengolahannya menjadi mudah.
3. **Pengomposan**
 Pengomposan dilakukan terhadap buangan / limbah yang mudah membusuk sampah kota, buangan atau kotoran hewan ataupun juga pada lumpur pabrik. Supaya hasil pengomposan baik, limbah padat harus dipisahkan dan disamakan ukurannya atau volumenya.
4. **Pembuangan limbah**
 Proses akhir dari pengolahan limbah padat adalah pembuangan limbah yang dibagi menjadi dua yaitu :
 - a) **Pembuangan di laut**
 Pembuangan limbah padat di laut, tidak boleh dilakukan pada sembarang tempat dan perlu diketahui bahwa tidak semua limbah padat dapat dibuang ke laut. Hal ini disebabkan : (i) Laut sebagai tempat mencari ikan bagi nelayan, (ii) Laut sebagai tempat rekreasi dan lalu lintas kapal, (iii) Laut menjadi dangkal, (iv) limbah padat yang mengandung senyawa kimia beracun dan berbahaya dapat membunuh biota laut.
 - b) **Pembuangan di darat atau tanah**
 Untuk pembuangan di darat perlu dilakukan pemilihan lokasi yang harus dipertimbangkan sebagai berikut : (i) Pengaruh iklim, temperatur dan angin, (ii) Struktur tanah, (iii) Jaraknya jauh dengan permukiman, (iv) Pengaruh terhadap sumber lain, perkebunan, perikanan, peternakan, flora

Bagi limbah padat yang tidak punya nilai ekonomis dapat ditangani dengan berbagai cara antara lain ditimbun pada suatu tempat, diolah kembali kemudian dibuang dan dibakar.

Perlakuan limbah padat yang tidak punya nilai ekonomis sebagian besar dilakukan sebagai berikut:

1. **Ditumpuk pada Areal Tertentu**
 Penimbunan limbah padat pada areal tertentu membutuhkan areal yang luas dan merusakkan pemandangan di sekeliling penimbunan. Penimbunan ini mengakibatkan pembusukan yang menimbulkan bau di sekitarnya, karena adanya reaksi kimia yang menghasilkan gas tertentu. Dengan penimbunan, permukaan tanah menjadi rusak dan air yang meresap ke dalam tanah mengalami kontaminasi dengan bakteri tertentu yang mengakibatkan turunnya kualitas air tanah. Pada musim kemarau timbunan mengalami kekeringan dan ini mengundang bahaya kebakaran.
2. **Pembakaran**
 Limbah padat yang dibakar menimbulkan asap, bau dan debu. Pembakaran ini menjadi sumber pencemaran melalui udara dengan timbulnya bahan pencemar baru seperti ,hidrokarbon, karbon monoksida, bau, partikel dan sulfur dioksida.
3. **Pembuangan**
 Pembuangan tanpa rencana sangat membahayakan lingkungan. Di antara beberapa pabrik membuang limbah padatnya ke sungai karena diperkirakan larut ataupun membusuk dalam air. Ini adalah perkiraan yang keliru, sebab setiap pembuangan bahan padatan apakah namanya lumpur atau buburan, akan menambah total solid dalam air sungai.

Berdasarkan klasifikasi limbah padat serta akibat-akibat yang ditimbulkannya sistem pengelolaan dilakukan menurut: (i) Limbah padat yang dapat ditimbun tanpa membahayakan, (ii) limbah padat yang dapat ditimbun tetapi berbahaya, (iii) Limbah padat yang tidak dapat ditimbun.

Di dalam pengolahannya dilakukan melalui tiga cara yaitu : (i) Dimaksud dengan pemisahan adalah pengambilan bahan tertentu kemudian diolah kembali sehingga mempunyai nilai ekonomis, (ii) Penyusunan ukuran bertujuan untuk memudahkan pengolahan limbah selanjutnya, misalnya pembakaran. Dengan ukuran lebih kecil akan lebih mudah membawa atau membakar pada tungku pembakaran. Jadi tujuannya adalah pengurangan volume maupun berat. (iii) Pengomposan adalah

proses melalui biokimia yaitu zat organik dalam limbah dipecah sehingga menghasilkan humus yang berguna untuk memperbaiki struktur tanah.

IV. PENGOPOSAN

Pengomposan adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Secara alami bahan-bahan organik akan mengalami penguraian di alam dengan bantuan mikroba maupun biota tanah lainnya. Namun proses pengomposan yang terjadi secara alami berlangsung lama dan lambat.

Untuk mempercepat proses pengomposan ini telah banyak dikembangkan teknologi-teknologi pengomposan. Baik pengomposan dengan teknologi sederhana, sedang, maupun teknologi tinggi. Pada prinsipnya pengembangan teknologi pengomposan didasarkan pada proses penguraian bahan organik yang terjadi secara alami.

Proses penguraian dioptimalkan sedemikian rupa sehingga pengomposan dapat berjalan dengan lebih cepat dan efisien. Teknologi pengomposan saat ini menjadi sangat penting artinya terutama untuk mengatasi permasalahan limbah organik, seperti untuk mengatasi masalah sampah di kota-kota besar, limbah organik industry, serta limbah pertanian dan perkebunan.

Teknologi pengomposan sampah sangat beragam, baik secara aerobik maupun anaerobik, dengan atau tanpa aktivator pengomposan. Aktivator pengomposan yang sudah banyak beredar antara lain PROMI (Promoting Microbes), OrgaDec, SuperDec, ActiComp, BioPos, EM4, Green Phoskko Organic Decomposer dan SUPERFARM (Effective Microorganism) atau menggunakan cacing guna mendapatkan kompos (vermicompost). Setiap aktivator memiliki keunggulan sendiri-sendiri.

Pengomposan secara aerobik paling banyak digunakan, karena mudah dan murah untuk dilakukan, serta tidak membutuhkan kontrol proses yang terlalu sulit. Dekomposisi bahan dilakukan oleh mikroorganisme di dalam bahan itu sendiri dengan bantuan udara.

Sedangkan pengomposan secara anaerobik memanfaatkan mikroorganisme yang tidak membutuhkan udara dalam mendegradasi bahan organik. Hasil akhir dari pengomposan ini merupakan bahan yang sangat dibutuhkan untuk kepentingan tanah-tanah pertanian di Indonesia, sebagai upaya untuk memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi tanah, sehingga produksi tanaman menjadi lebih tinggi.

Kompos yang dihasilkan dari pengomposan limbah padat dapat digunakan untuk menguatkan struktur lahan kritis, menggemburkan kembali tanah pertanian, menggemburkan kembali tanah petamanan, sebagai bahan penutup limbah padat di TPA, eklamasi pantai pasca penambangan, dan sebagai media tanaman, serta mengurangi penggunaan pupuk kimia.

Bahan baku pengomposan adalah semua material organik yang mengandung karbon dan nitrogen, seperti kotoran hewan, sampah hijauan, sampah kota, lumpur cair dan limbah industri pertanian.

1. Manfaat Kompos

Kompos ibarat multi-vitamin untuk tanah pertanian. Kompos akan meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang perakaran yang sehat. Kompos memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan akan meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah. Aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman akan meningkat dengan penambahan kompos. Aktivitas mikroba ini membantu tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Aktivitas mikroba tanah juga diketahui dapat membantu tanaman menghadapi serangan penyakit.

Kompos memiliki banyak manfaat yang ditinjau dari beberapa aspek:

- Aspek Ekonomi: (i) Menghemat biaya untuk transportasi dan penimbunan limbah, (ii) Mengurangi volume/ukuran limbah, (iii) Memiliki nilai jual yang lebih tinggi dari pada bahan asalnya
- Aspek Lingkungan: (i) Mengurangi polusi udara karena pembakaran limbah, (ii) Mengurangi kebutuhan lahan untuk penimbunan
- Aspek bagi tanah/tanaman: (i) Meningkatkan kesuburan tanah, (ii) Memperbaiki struktur dan karakteristik tanah, (iii) Meningkatkan kapasitas jerap air tanah, (iv) Meningkatkan aktivitas mikroba tanah, (v) Meningkatkan kualitas hasil panen (rasa, nilai gizi, dan jumlah panen), (vi)

Menyediakan hormon dan vitamin bagi tanaman, (vii) Menekan pertumbuhan/serangan penyakit tanaman, (vii) Meningkatkan retensi/ketersediaan hara di dalam tanah

2. Tahapan Pengomposan

Pemilahan limbah padat industri

Pada tahap ini dilakukan pemisahan sampah organik dari limbah padat anorganik (barang lapak dan barang berbahaya). Pemilahan harus dilakukan dengan teliti karena akan menentukan kelancaran proses dan mutu kompos yang dihasilkan

Pengecil Ukuran

Pengecil ukuran dilakukan untuk memperluas permukaan sampah, sehingga sampah dapat dengan mudah dan cepat didekomposisi menjadi kompos

Penyusunan Tumpukan

- o Bahan organik yang telah melewati tahap pemilahan dan pengecil ukuran kemudian disusun menjadi tumpukan.
- o Desain penumpukan yang biasa digunakan adalah desain memanjang dengan dimensi panjang x lebar x tinggi = 2m x 12m x 1,75m.
- o Pada tiap tumpukan dapat diberi terowongan bambu (windrow) yang berfungsi mengalirkan udara di dalam tumpukan.

Pembalikan

Pembalikan dilakukan untuk membuang panas yang berlebihan, memasukkan udara segar ke dalam tumpukan bahan, meratakan proses pelapukan di setiap bagian tumpukan, meratakan pemberian air, serta membantu penghancuran bahan menjadi partikel kecil-kecil.

Penyiraman

- o Pembalikan dilakukan terhadap bahan baku dan tumpukan yang terlalu kering (kelembaban kurang dari 50%).
- o Secara manual perlu tidaknya penyiraman dapat dilakukan dengan memeras segenggam bahan dari bagian dalam tumpukan.
- o Apabila pada saat digenggam kemudian diperas tidak keluar air, maka tumpukan sampah harus ditambahkan air. sedangkan jika sebelum diperas sudah keluar air, maka tumpukan terlalu basah oleh karena itu perlu dilakukan pembalikan.

Pematangan

- o Setelah pengomposan berjalan 30 – 40 hari, suhu tumpukan akan semakin menurun hingga mendekati suhu ruangan.
- o Pada saat itu tumpukan telah lapuk, berwarna coklat tua atau kehitaman. Kompos masuk pada tahap pematangan selama 14 hari.

Penyaringan

- o Penyaringan dilakukan untuk memperoleh ukuran partikel kompos sesuai dengan kebutuhan serta untuk memisahkan bahan-bahan yang tidak dapat dikomposkan yang lolos dari proses pemilahan di awal proses.
- o Bahan yang belum terkomposkan dikembalikan ke dalam tumpukan yang baru, sedangkan bahan yang tidak terkomposkan dibuang sebagai residu.

Pengemasan dan Penyimpanan

- o Kompos yang telah disaring dikemas dalam kantung sesuai dengan kebutuhan pemasaran.
- o Kompos yang telah dikemas disimpan dalam gudang yang aman dan terlindung dari kemungkinan tumbuhnya jamur dan tercemari oleh bibit jamur dan benih gulma dan benih lain yang tidak diinginkan yang mungkin terbawa oleh angin.

3. Bahan-bahan yang Dapat Dikomposkan

Pada dasarnya semua bahan-bahan organik padat dapat dikomposkan, misalnya: limbah organik rumah tangga, sampah-sampah organik pasar/kota, kertas, kotoran/limbah peternakan, limbah-limbah pertanian, limbah-limbah agroindustri, limbah pabrik kertas, limbah pabrik gula, limbah pabrik

kelapa sawit, dll. Bahan organik yang sulit untuk dikomposkan antara lain: tulang, tanduk, dan rambut.

a. Proses Pengomposan

Proses pengomposan akan segera berlangsung setelah bahan-bahan mentah dicampur. Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Demikian pula akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Suhu akan meningkat hingga di atas 50° - 70° C. Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu.

Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba Termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada saat ini terjadi dekomposisi/penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba-mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO_2 , uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30 – 40% dari volume/bobot awal bahan.

Proses pengomposan dapat terjadi secara aerobik (menggunakan oksigen) atau anaerobik (tidak ada oksigen). Proses yang dijelaskan sebelumnya adalah proses aerobik, dimana mikroba menggunakan oksigen dalam proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi dapat juga terjadi tanpa menggunakan oksigen yang disebut proses anaerobik. Namun, proses ini tidak diinginkan selama proses pengomposan karena akan dihasilkan bau yang tidak sedap.

Proses aerobik akan menghasilkan senyawa-senyawa yang berbau tidak sedap, seperti: asam-asam organik (asam asetat, asam butirat, asam valerat, putrecine), amonia, dan H_2S .

Proses pengomposan tergantung pada : (i) Karakteristik bahan yang dikomposkan, (ii) Aktivator pengomposan yang dipergunakan, (iii) Metode pengomposan yang dilakukan

b. Faktor yang mempengaruhi proses Pengomposan

Setiap organisme pendegradasi bahan organik membutuhkan kondisi lingkungan dan bahan yang berbeda-beda. Apabila kondisinya sesuai, maka dekomposer tersebut akan bekerja giat untuk mendekomposisi limbah padat organik. Apabila kondisinya kurang sesuai atau tidak sesuai, maka organisme tersebut akan dorman, pindah ke tempat lain, atau bahkan mati. Menciptakan kondisi yang optimum untuk proses pengomposan sangat menentukan keberhasilan proses pengomposan itu sendiri.

c. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain:

Rasio C/N Rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan berkisar antara 30: 1 hingga 40:1. Mikroba memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada rasio C/N di antara 30 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat.

Ukuran Partikel Aktivitas mikroba berada diantara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut.

Aerasi Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen(aerob). Aerasi secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan(kelembaban). Apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos.

Porositas Porositas adalah ruang diantara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplay Oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

Kelembaban (Moisture content) Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplay oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air.

Kelembaban 40 - 60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

Temperatur/suhu Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba. Ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur yang berkisar antara 30 - 60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan tetap bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma.

pH, Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH yang lebar. pH yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6.5 sampai 7.5. pH kotoran ternak umumnya berkisar antara 6.8 hingga 7.4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri. Sebagai contoh, proses pelepasan asam, secara temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral.

Kandungan Bahan Berbahaya Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Nickel, Cr adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat akan mengalami imobilisasi selama proses pengomposan.

Lama pengomposan Lama waktu pengomposan tergantung pada karakteristik bahan yang dikomposkan, metode pengomposan yang dipergunakan dan dengan atau tanpa penambahan aktivator pengomposan. Secara alami pengomposan akan berlangsung dalam waktu beberapa

Strategi dan Proses Pengontrolan Pengomposan

Seringkali tidak dapat menerapkan seluruh strategi pengomposan di atas dalam waktu yang bersamaan.

Ada beberapa pertimbangan yang dapat digunakan untuk menentukan strategi pengomposan:

- Karakteristik bahan yang akan dikomposkan.
- Waktu yang tersedia untuk pembuatan kompos.
- Biaya yang diperlukan dan hasil yang dapat dicapai.
- Tingkat kesulitan pembuatan kompos

Proses pengontrolan yang harus dilakukan terhadap tumpukan sampah adalah:

- Monitoring Temperatur Tumpukan
- Monitoring Kelembaban
- Monitoring Oksigen
- Monitoring Kecukupan C/N Ratio
- Monitoring Volume

V. TEORI INSINERASI

Insinerasi adalah teknologi pengolahan limbah padat yang melibatkan pembakaran bahan organik, bertemperatur tinggi lainnya didefinisikan sebagai pengolahan termal. Insinerasi material limbah padat mengubah limbah padat menjadi abu, gas sisa hasil pembakaran, partikulat, dan panas. Gas yang dihasilkan harus dibersihkan dari polutan sebelum dilepas ke atmosfer. Panas yang dihasilkan bisa dimanfaatkan sebagai energi pembangkit listrik.

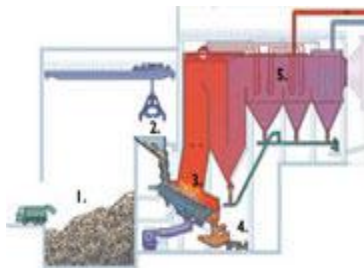
Insinerasi dengan energy recovery adalah salah satu teknologi limbah padat -ke-energi (waste-to-energy, WtE). Teknologi WtE lainnya adalah gasifikasi, pirolisis, dan fermentasi anaerobik. Insinerasi juga bisa dilakukan tanpa energy recovery. Insinerator yang dibangun beberapa puluh tahun lalu tidak memiliki fasilitas pemisahan material berbahaya dan fasilitas daur ulang. Insinerator ini dapat menyebabkan bahaya kesehatan terhadap pekerja insinerator dan lingkungan sekitar karena tingginya gas berbahaya dari proses pembakaran. Kebanyakan insinerator jenis ini juga tidak menghasilkan energi listrik. (Lihat gambar-5, terdiri dari ; tungku pembakar, ruang purna bakar, unit pembersih gas buang ,control room, cerobong asap)

Insinerator mengurangi volume limbah padat hingga 95-96%, tergantung komposisi dan derajat recovery limbah padat. Ini berarti insinerasi tidak sepenuhnya mengganti penggunaan lahan sebagai area pembuangan akhir, tetapi insinerasi mengurangi volume limbah padat yang dibuang dalam jumlah yang signifikan. Insinerasi memiliki banyak manfaat untuk mengolah berbagai jenis limbah padat seperti limbah padat medis dan beberapa jenis limbah padat berbahaya di mana patogen dan racun kimia bisa hancur dengan temperatur tinggi.

Proses Konversi Thermal

Proses konversi thermal dapat dicapai melalui beberapa cara, yaitu insinerasi, pirolisa, dan gasifikasi. Insinerasi pada dasarnya ialah proses oksidasi bahan-bahan organik menjadi bahan anorganik. Prosesnya sendiri merupakan reaksi oksidasi cepat antara bahan organik dengan oksigen. Apabila berlangsung secara sempurna, kandungan bahan organik (H dan C) dalam sampah akan dikonversi menjadi gas karbondioksida (CO_2) dan uap air (H_2O). Unsur-unsur penyusun sampah lainnya seperti belerang (S) dan nitrogen (N) akan dioksidasi menjadi oksida-oksida dalam fasa gas (SO_x , NO_x) yang terbawa di gas produk. Beberapa contoh insinerator ialah *open burning*, *single chamber*, *open pit*, *multiple chamber*, *starved air unit*, *rotary kiln*, dan *fluidized bed incinerator*.

Proses kerja Insinerator dari limbah padat menjadi listrik

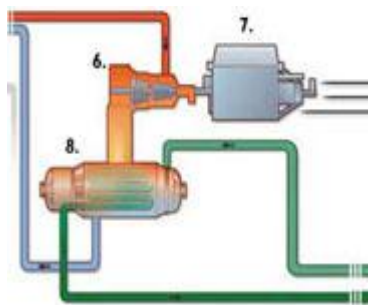


1. Pengumpulan dan pembakaran limbah padat:

Limbah padat dikumpulkan dengan menggunakan truk dan selanjutnya dimasukkan ke dalam bunker. Kemudian secara bertahap limbah padat tersebut dipindahkan dengan menggunakan crane untuk dimasukkan ke dalam pengumpan tungku pembakaran/insinerasi (*furnace*). Suhu tungku pembakaran sekitar 1000 derajat Celcius. Untuk menjaga kontinuitas proses pembakaran, udara dialirkan dari bawah. Dalam proses ini dimungkinkan pembakaran tanpa membutuhkan bahan bakar selain limbah padat itu sendiri. Bahan

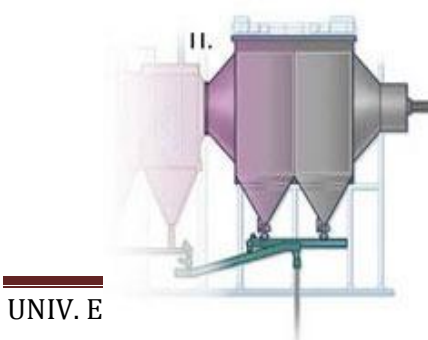
bakar minyak hanya digunakan pada saat proses awal.

Semua bahan yang dapat terbakar dibakar dengan mengalirkannya menuju bagian bawah tungku pembakaran. Sisa pembakaran yang berupa batu, logam, gelas, bahan lain yang tidak bisa terbakar disebut *slag*. Sekitar 15-20% dari sampah rumah tangga akan tetap berupa *slag*. Slag tersebut kemudian diangkut menuju tempat penimbunan sampah setelah logam yang terkandung di dalamnya dipisahkan untuk didaur ulang.



2. Produksi uap panas dan listrik:

Gas yang dihasilkan dari pembakaran tungku naik menuju boiler. Uap panas dihasilkan dengan mensirkulasikan air melalui boiler tersebut. Uap dalam boiler mencapai suhu 400 derajat Celcius dengan tekanan 40 bar, atau setara dengan 40 kali tekanan normal atmosfer. Uap bertekanan tinggi tersebut di ekspansikan melalui turbine untuk memutar generator yang menghasilkan listrik. Setelah melalui turbine uap panas tersebut dialirkan menuju kondensator. Di dalam kondensator uap tersebut berubah kembali menjadi air dengan mengalirkan air dingin dari luar. Di negara-negara beriklim dingin air pendingin kondensator ini dimanfaatkan sebagai pemanas rumah.

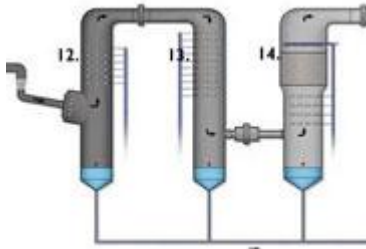


3. Pembersihan gas buang dengan presipitator statik:

Ada beberapa tahap pembersihan gas buang.

Pertama, gas buang dialirkan menuju presipitator elektrostatik untuk memisahkan sebagian besar debu dari gas buang. Cara kerjanya adalah sebagai berikut: (a) Elektroda pada filter gas buang memberi muatan negatif terhadap partikulat-partikulat

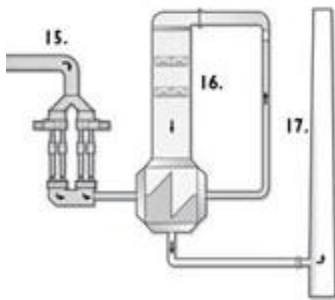
debu. (b) Partikel-partikel debu bermuatan negatif tersebut selanjutnya terperangkap pada lempengan metal yang bermuatan positif. (c) Dengan getaran mekanik, partikel-partikel debu tersebut jatuh dan dikumpulkan dalam silo.



4. Pembersihan gas buang dengan *scrubber*:

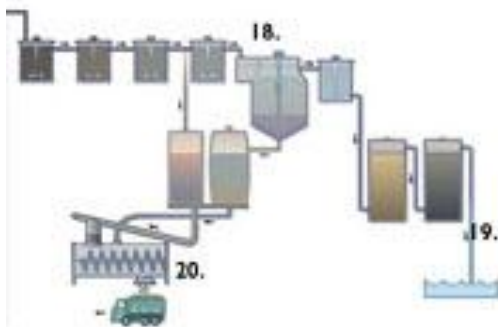
Tahap selanjutnya, gas buang dibersihkan dengan dengan menggunakan air. Hal ini dilakukan dengan menyemprotkan butiran-butiran air dengan menggunakan *nozzle*. Air tersebut mengandung zat-zat kimia aktif tertentu yang bereaksi dengan kontaminan yang terkandung di dalam gas buang. Reaksi tersebut memerangkap kontaminan dari gas buang.

Scrubber pertama memisahkan logam berat dan asam dari gas buang. Scrubber yang kedua memisahkan sulfur oksida (SO_x). Dan scrubber terakhir sisa-sisa kontaminan dipisahkan dan selanjutnya gas buang tersebut dikondensasikan. Selanjutnya sisa panas yang terkandung di dalam gas buang diekstraksi dengan menggunakan *heat pump*.



5. Filter elektroventuri dan katalis: Setelah proses scrubbing, sisa debu dibersihkan dengan menggunakan filter elektroventuri. Prinsip kerja elektroventuri mirip dengan filter elektrostatis, bedanya elektroventuri beroperasi dengan lingkungan basah. Partikel debu diber muatan negatif dan dikumpulkan pada air yang bermuatan positif. Setelah melalui filter elektroventuri, kandungan partikel debu pada gas buang hanya 1 miligram per meter kubik.

Tahap akhir pembersihan gas buang adalah dengan menggunakan katalisator. Fungsi utamanya adalah mengurangi kandungannitrogen oksid (NO_x). Gas buang dialirkan melalui keramik berporositas (*porous*) dengan penambahan air amonia. Selanjutnya nitrogen oksida berubah menjadi nitrogen. Kemudian gas buang dialirkan ke atas melalui cerobong gas pembuangan.



6. Pengolahan air: Air yang digunakan untuk membersihkan gas buang harus diolah dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

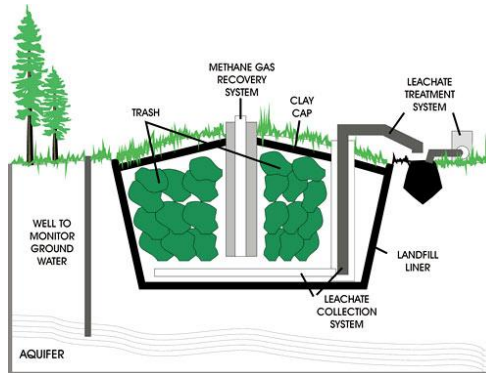
Kadar keasaman (pH) air limbah disesuaikan dengan kadar keasaman air lingkungan (air laut).

VI. TEORI BIOGASIFIKASI DAN PEMANFAATAN GAS

a. Proses Konversi Biologis

Proses konversi biologis dapat dicapai dengan cara digestion secara anaerobik (biogas) atau tanah urug (*landfill*). Biogas adalah teknologi konversi biomassa (limbah padat) menjadi gas dengan bantuan mikroba anaerob. Proses biogas menghasilkan gas yang kaya akan methane dan slurry. Gas methane dapat digunakan untuk berbagai sistem pembangkitan energi sedangkan slurry dapat

digunakan sebagai kompos. Produk dari digester tersebut berupa gas methane yang dapat dibakar dengan nilai kalor sekitar 6500 kJ/Nm³.

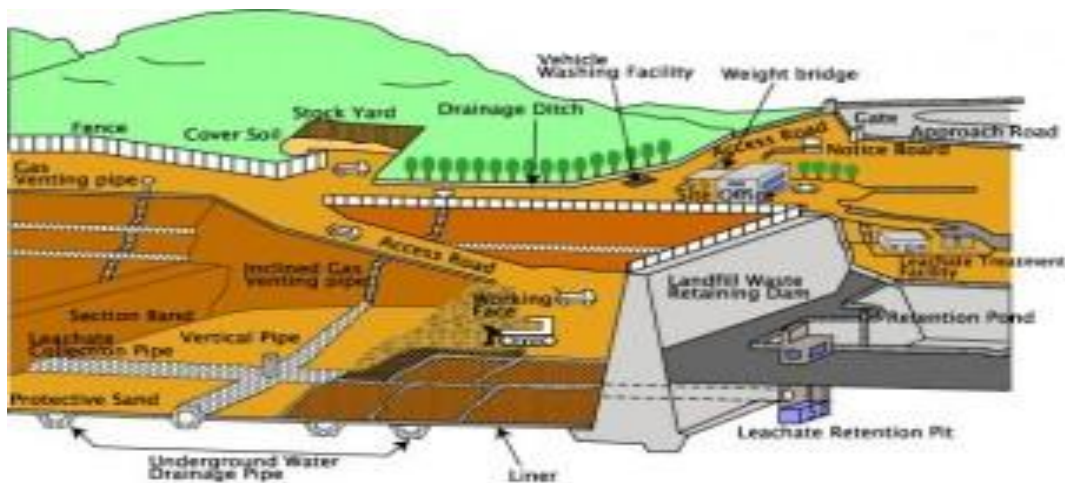


Gambar-1. Proses Biogas

Modern Landfill. Konsep landfill seperti di atas ialah sebuah konsep landfill modern yang di dalamnya terdapat suatu sistem pengolahan produk buangan yang baik.

Landfill ialah pengelolaan sampah dengan cara menimbunnya di dalam tanah. Di dalam lahan *landfill*, limbah organik akan didekomposisi oleh mikroba dalam tanah menjadi senyawa-senyawa gas dan cair. Senyawa-senyawa ini berinteraksi dengan air yang dikandung oleh limbah dan air hujan yang masuk ke dalam tanah dan membentuk bahan cair yang disebut lindi (*leachate*). Jika *landfill* tidak didesain dengan baik, *leachate* akan mencemari tanah dan masuk ke dalam badan-badan air di dalam tanah. Karena itu, tanah di *landfill* harus mempunyai permeabilitas yang rendah. Aktifitas mikroba dalam *landfill* menghasilkan gas CH₄ dan CO₂ (pada tahap awal – proses aerobik) dan menghasilkan gas methane (pada proses anaerobiknya). Gas landfill tersebut mempunyai nilai kalor sekitar 450-540 Btu/scf. Sistem pengambilan gas hasil biasanya terdiri dari sejumlah sumur-sumur dalam pipa-pipa yang dipasang lateral dan dihubungkan dengan pompa vakum sentral. Selain itu terdapat juga sistem pengambilan gas dengan pompa desentralisasi.

Pengolahan Leachate dan Biogas



Gambar 2 Skema pengolahan limbah padat dengan landfill yang menghasilkan gas

Secara sepintas, metode landfill relatif mudah dilakukan dan bisa menampung sampah dalam jumlah besar. Akan tetapi, anggapan ini kurang tepat karena jika tidak dilakukan secara benar, landfill dapat menimbulkan masalah yang berkaitan dengan kesehatan dan lingkungan. Masalah utama yang sering timbul adalah bau dan pencemaran air lindi (*leachate*) yang dihasilkan. Selain itu, gas metana

yang dihasilkan oleh landfill dan tidak dimanfaatkan akan menyebabkan efek pemanasan global. Jika termampatkan di dalam tanah, gas metana bisa meledak. Oleh sebab itu, dalam sistem landfill yang baik diperlukan adanya unit pengolahan air lindi dan unit pengolahan biogas.

Unit Pengolahan Air Lindi (leachate)

Air lindi merupakan air dengan konsentrasi kandungan organik yang tinggi yang terbentuk dalam landfill akibat adanya air hujan yang masuk ke dalam landfill. Air lindi merupakan cairan yang sangat berbahaya karena selain kandungan organiknya tinggi, juga dapat mengandung unsur logam (seperti Zn, Hg). Jika tidak ditangani dengan baik, air lindi dapat menyerap dalam tanah sekitar landfill kemudian dapat mencemari air tanah di sekitar landfill. Air lindi memerlukan perlakuan awal, yaitu dengan menghilangkan kandungan inorganik dalam air lindi. Setelah kandungan inorganik dalam air lindi dapat dihilangkan atau dikurangi, kemudian air lindi dapat diolah lebih lanjut untuk menghilangkan kadar kandungan organiknya. Pengolahan air lindi dapat dilakukan dengan berbagai alternatif seperti : Resirkulasi air lindi kembali ke dalam landfill. Hal ini dapat meningkatkan laju dekomposisi kandungan organik menjadi biogas hingga sekitar 70%. Resirkulasi air lindi dapat dilakukan pada musim kemarau, sedangkan pada musim hujan, air lindi harus diolah untuk mengurangi volumenya. Pengolahan air lindi dengan menggunakan pengolahan limbah secara biologis. Pengolahan ini biasa dilakukan dengan menggunakan lumpur aktif yang berfungsi mendegradasi kandungan organik yang terdapat dalam air lindi. Setelah kandungan organik dalam air lindi turun drastis, kemudian dapat dilakukan pemurnian kembali dengan menggunakan alat filtrasi. Air keluaran yang diharapkan dari pengolahan semacam ini dapat langsung dibuang ke lingkungan karena tidak berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan air lindi dengan menggunakan pengolahan limbah secara kimiawi

Pengolahan air lindi dengan menggunakan membran. Selain untuk mengurangi kekeruhan atau turbiditas, pengolahan dengan membran dimaksudkan untuk mengurangi kadar COD, BOD serta kandungan logam pada air lindi. Umumnya diperlukan pengolahan bertahap untuk menghasilkan limbah yang memenuhi syarat baku mutu limbah seperti bioreaktor dengan membran (membrane bioreactor) atau integrasi antara ultrafiltrasi dan karbon aktif.

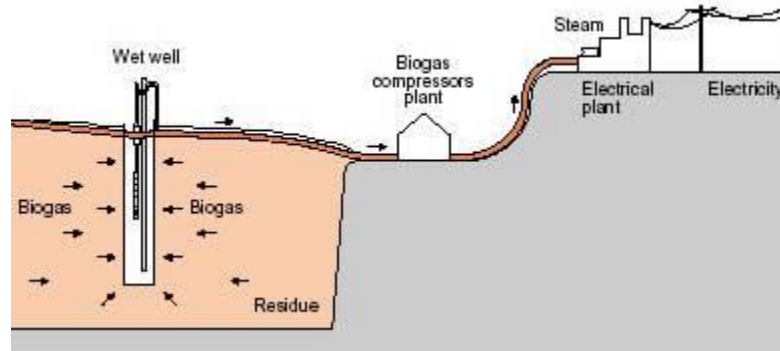
Unit Pengolahan Biogas

Unit pengolahan biogas terbagi dalam 2 proses utama yaitu proses pembentukan dan penyaluran gas serta sistem pemrosesan gas. Proses pembentukan gas dalam landfill melibatkan reaksi yang kompleks sehingga laju pembentukan gas akan bervariasi antar-landfill. Laju maksimum dicapai ketika kondisi lingkungan mencapai kondisi optimum yaitu pH mendekati netral, kelembaban cukup, serta temperatur yang moderat. Hal yang paling mengganggu adalah kehadiran oksigen yang akan menghentikan reaksi anaerobik menjadi aerobik. Pada kondisi optimum, stabilisasi limbah padat berlangsung antara 10-20 tahun yang ditandai dengan berhentinya pembentukan gas. Jika kurang optimum, stabilisasi bisa mencapai 30 tahun. Hal yang sulit dilakukan adalah penentuan waktu pembentukan metana dalam jumlah cukup besar. Hingga saat ini belum ada metode pasti untuk memprediksi waktu tersebut. Cara yang paling umum dilakukan adalah dengan membandingkannya dengan waktu pembentukan metana landfill yang terdekat kondisinya.

Gas yang dihasilkan dari landfill didominasi oleh metana dan karbondioksida. Kandungan metana berkisar antara 45-55% sedangkan karbon dioksida berkisar antara 40-50%. Kandungan metana yang lebih tinggi juga pernah dilaporkan. Kombinasi kedua gas bisa mencapai 99% dari semua gas. Walaupun demikian, satu persen gas sisanya harus sangat diperhatikan karena bisa bersifat korosif, beracun, ataupun berbau tak sedap. Dalam kondisi ideal, kalor jenis gas yang dihasilkan bisa mencapai 450-540 Btu/SCF.

Biogas dan Landfill

Biogas terdiri terutama dari Metana dan Karbon Dioksida, tetapi masih terdapat jumlah gas, yaitu Nitrogen, Hidrogen, hidrogen sulfida, dan bahkan Oksigen. Dengan biogas pengolahan dapat dibersihkan untuk membuat pengganti gas alam yang karenanya dapat dipompa ke rumah dan bisnis untuk memasak dan pemanas dll



Gambar-3. Biogas dari Landfil di gunakan untuk pembangkit listrik

Biogas yang terkumpul di lokasi TPA bersuber dari sumur pengeboran gas. Yang berasal dari tempat pembuangan sampah dimana mengumpulkan gas yang dihasilkan untuk pembangkit listrik.

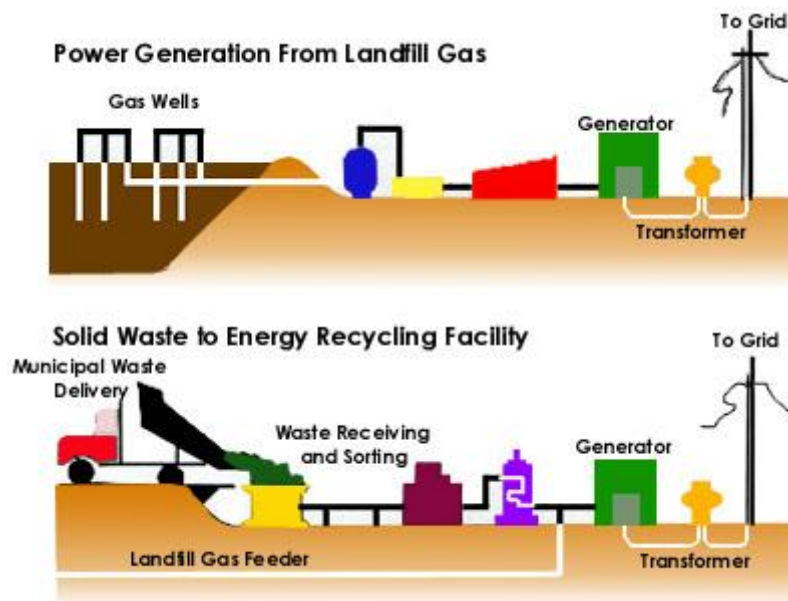
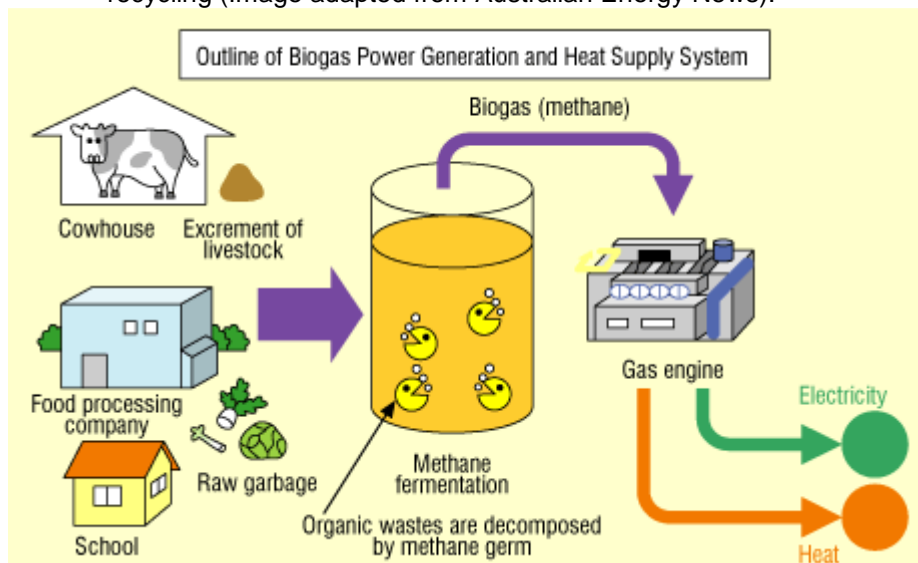
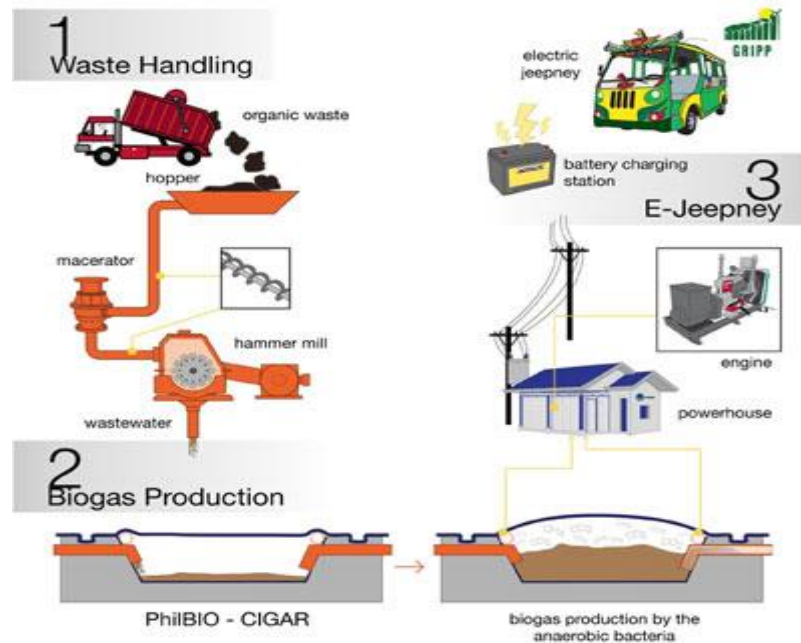


Figure Power generation from landfill gas and solid waste to energy recycling (Image adapted from Australian Energy News).



Salah satu jenis biogas dihasilkan oleh pencernaan anaerobik atau fermentasi dari bahan biodegradable, seperti biomassa, pupuk kandang atau limbah, sampah kota, limbah hijau dan tanaman energi. Jenis biogas terdiri terutama metana dan karbon dioksida.

One type of biogas is produced by anaerobic digestion or fermentation of biodegradable materials, such as biomass, manure or sewage, municipal waste, green waste and energy crops. This type of biogas comprises primarily methane and carbon dioxide.



Skema , Waste handling- Biogas production-(pemanfaatan gas) untuk Energi

Sumber:

Ashby, Michael; Shercliff, Hugh; Cebon, David (2007), " Materials - Engineering, Science, Processing and Design", Elsevier ISBN 0-7506-839

Bioreaktor Anaerobik. Departemen Teknik Kimia ITB

Chemistry - The Central Science. The Chemistry Hall of Fame. York University. Diakses pada 12 September 2006

Clayden, J., Greeves, N., Warren, S., Wothers, P. *Organic Chemistry 2000* (Oxford University Press) ISBN 0-19-850346-6

Marliana, Linda, dkk. 2003. Penelitian. Produksi Biogas dari Sampah Pasar Menggunakan Bioreaktor Anaerobik. Departemen Teknik Kimia ITB

McWeeny, R. *Coulson's Valence* (Oxford Science Publications) ISBN 0-19-855144-4

Smart and Moore *Solid State Chemistry: An Introduction* (Chapman and Hall) ISBN 0-412-40040-5

Pauling, L. *General Chemistry* (Dover Publications) ISBN 0-486-65622-5

- Pauling, L. *The Nature of the chemical bond* (Cornell University Press) ISBN 0-8014-0333-2
- Pauling, L., and Wilson, E. B. *Introduction to Quantum Mechanics with Applications to Chemistry* (Dover Publications) ISBN 0-486-64871-0
- Strong, A. Brent (2006). "Plastics: Materials and Processing". Pearson Prentice Hall ISBN 0-13-114558-4
- T. Shimoda, S. Yokoyama, **Ecocement—a new Portland cement to solve municipal and industrial waste problems**, Proc. of International Congress on Creating
- Tchobanoglous, G. Et.al. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. McGraw Hill, Inc
- Voet and Voet *Biochemistry* (Wiley) ISBN 0-471-58651-X
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Biogas>