

JRL	Vol.13	No.1	Hal. 56 - 70	Jakarta, Juni 2020	p-ISSN : 2085.38616 e-ISSN : 2580-0442
-----	--------	------	--------------	-----------------------	---

## BIOFILTER SEBAGAI PERANGKAP BAU PADA UNIT PRETREATMENT SAMPAH

**Adi Mulyanto, Reba A. Pratama dan Yosep Widi Nugraha**

Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT

E-mail : [adi.mulyanto@bppt.go.id](mailto:adi.mulyanto@bppt.go.id); [reba.anindyajati@bppt.go.id](mailto:reba.anindyajati@bppt.go.id);  
[yosep.widi@bppt.go.id](mailto:yosep.widi@bppt.go.id);

### Abstrak

Pemerintah Republik Indonesia memandang perlu untuk melakukan percepatan pembangunan instalasi pengolah sampah menjadi energi listrik berbasis teknologi ramah lingkungan pada daerah provinsi dan daerah kabupaten/kota tertentu yang dituangkan pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2018. Mengingat bahwa kondisi sampah di Indonesia masih tercampur dan belum memungkinkan untuk langsung diproses secara termal untuk menjadi energi listrik, maka sampah harus mengalami proses pendahuluan (*pretreatment*). *Pretreatment* bertujuan untuk mengkondisikan sampah sehingga sesuai dengan persyaratan sebagai umpan instalasi pengolah sampah termal. Persyaratan tersebut antara lain bahwa sampah harus terbebas dari material berukuran besar, bebas dari unsur logam dan PVC (Polivinil Klorida), mempunyai nilai kalor paling tidak 1500 kkal/kg, dan mempunyai kandungan air tidak lebih dari 45%. Dengan demikian, proses *pretreatment* memerlukan waktu tinggal yang cukup di suatu lokasi. Hal ini mempunyai dampak bau yang ditimbulkan oleh sampah tersebut. Dengan penerapan teknologi *biofilter*, dampak bau tersebut dapat diminimalisir.

**Kata kunci:** *pretreatment*, sampah, *biofilter*.

# **BIOFILTER AS AN ODOR TRAP IN THE MUNICIPAL SOLID WASTE PRETREATMENT UNIT**

## **Abstract**

*The Government of the Republic of Indonesia deems it necessary to accelerate the construction of waste processing installations into energy-based technologies based on environmentally friendly technologies in certain provinces and regency / city areas as outlined in the Republic of Indonesia's Presidential Regulation Number 35 Year 2018. Considering that the condition of waste in Indonesia is still mixed and not yet allows it to be directly processed thermally to become electric energy, the waste must undergo a preliminary process (pretreatment). Pretreatment aims to condition the waste so that it meets the requirements as a feed for the thermal waste processing installation. These requirements include that waste must be free from large-sized material, free from metal and PVC (Polyvinyl Chloride) elements, have a calorific value of at least 1500 kcal / kg, and have a water content of no more than 45%. Thus, the pretreatment process requires adequate residence time at a location. This has an odor effect caused by the garbage. With the application of biofilter technology, the impact of the odor can be minimized.*

**Keywords:** pretreatment, waste, biofilter.

## I. PENDAHULUAN

Bagi daerah yang akan mengembangkan fasilitas pengolahan sampah, perlu membangun area yang tertutup dengan tujuan untuk mengurangi penyebaran bau di sekitar fasilitas pengolahan sampah. Apalagi bila lokasi fasilitas pengolahan tersebut ada di wilayah yang cukup padat penduduknya. Pada saat melakukan pengolahan pendahuluan terhadap sampah, maka bau pasti timbul akibat proses biodegradasi anaerobik terhadap sampah organik. Hal ini berpotensi menimbulkan keluhan yang serius dari warga sekitar. Bau yang ditimbulkan dari fasilitas pengolahan sampah dapat diatasi dengan berbagai macam teknologi, yaitu teknologi yang berbasis pada proses-proses fisika (kondensasi, adsorpsi dan absorpsi), kimia (oksidasi termal, oksidasi katalitik dan ozonisasi) dan biologi (biofiltrasi, biotrickling filter dan bioscrubber) (Barbusinski et.al., 2017). Unit operasi proses biofiltrasi disebut sebagai biofilter. Biofilter dilengkapi dengan sistem penyaringan biologis menggunakan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media berpori (misalnya kompos) untuk mengolah bau dari limbah gas. Di dalam biofilter ini terjadi bioreaksi (The Clean Air Technology Center, US EPA, 2003). Sistem pengolahan biologis dengan menggunakan biofilter memiliki beberapa keunggulan dibandingkan teknologi fisik dan kimia dalam pengolahan limbah gas yang ramah lingkungan, lebih efisien dengan biaya operasional yang rendah dan ditandai oleh laju aliran limbah gas yang tinggi dengan konsentrasi kontaminan yang relatif rendah (ibid). Metode biologi semakin banyak diterapkan dalam pemurnian limbah gas. Proses biologi yang digunakan memiliki keuntungan

bahwa polutan tidak dipindahkan ke fase lain. Sebagai akibatnya, masalah lingkungan baru tidak diciptakan atau tidak terjadi. Kalaupun muncul dikemudian hari hanya berjumlah minimal. Selain itu, proses ini dapat diandalkan dan biasanya tidak memerlukan fasilitas proses yang kompleks.

Ketika gas buang melewati media filter, kontaminan dalam gas akan kontak dengan mikroba yang membentuk biofilm di dalam medium dimana kontaminan tersebut akan terdegradasi menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, garam anorganik dan biomassa oleh mikroorganisme (Jorio et al., 2000; Deshusses, 1997). Ada dua jenis biofiltrasi: sistem terbuka dan sistem tertutup (Bajpai et al., 1999).

Sejak awal tahun enam puluhan proses biologis telah diperkenalkan sebagai teknik untuk mengurangi bau pada gas buang. Saat ini ada kecenderungan peningkatan penggunaan sistem ini secara lebih luas. Dalam empat tahun terakhir, proses ini telah dikembangkan menjadi teknik yang semakin banyak diminati untuk pengendalian polusi udara. Teknik yang andal dan murah ini terbukti sangat tepat untuk pencegahan kontaminasi udara yang mengandung komponen yang tidak diinginkan (polutan).

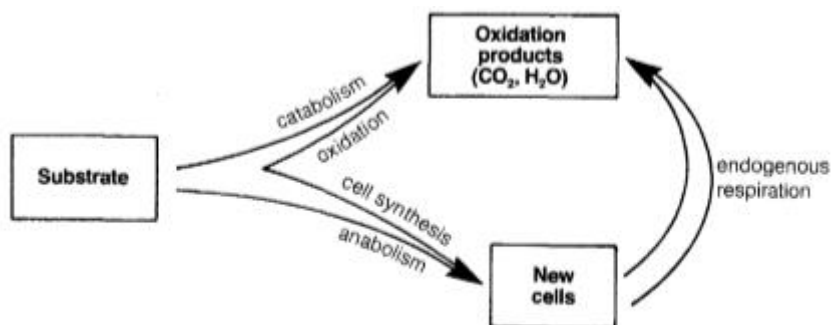
Tulisan ini bertujuan untuk melengkapi rancangan pembangunan *pretreatment* di fasilitas pengolahan sampah sebagai upaya untuk mengurangi atau menghilangkan bau yang timbul dari kegiatan pengolahan sampah dengan menerapkan teknologi biofilter.

## II. Proses pengolahan gas buang secara biologis

Limbah gas dari kegiatan pengolahan sampah yang mengandung senyawa organik yang mudah menguap dan juga senyawa anorganik yang mudah teroksidasi dapat diolah secara biologis. Pada umumnya senyawa tersebut tercium oleh manusia pada konsentrasi yang sangat rendah (dalam ppm atau ppb) dan berpotensi membahayakan bagi kesehatan.

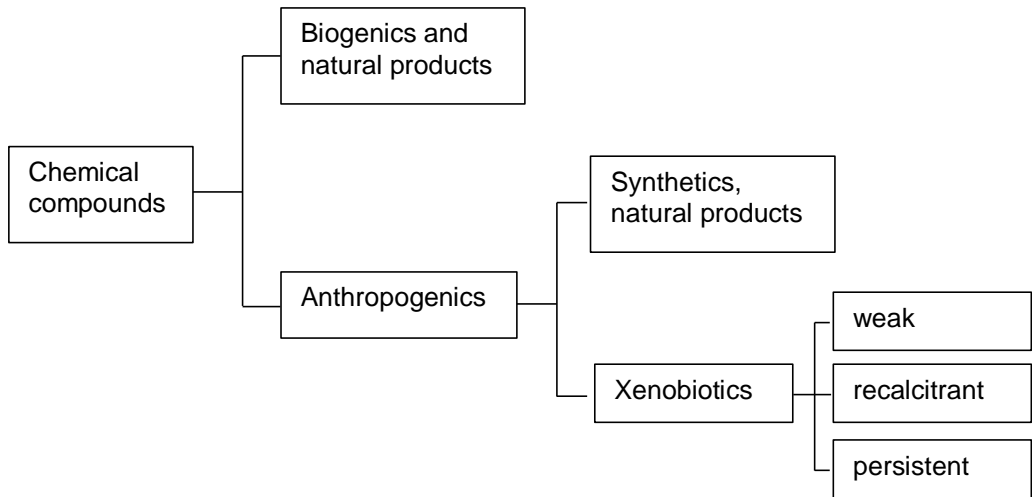
Proses pemurnian gas buang oleh mikroba didasarkan pada kemampuan sinergi mikroorganisme

(umumnya bakteri, serta sebagian kecil jamur dan ragi berfilamen) untuk mendegradasi berbagai senyawa organik (Gambar 1). Dalam kondisi aerob, organisme ini dapat mengoksidasi senyawa organik menjadi produk akhir yang tidak berbahaya (misalnya  $H_2O$ ,  $CO_2$ , dan lain-lain). Biodegradabilitas senyawa organik biogenik (yang berasal langsung dari alam) maupun antropogenik (yang berasal dari kegiatan manusia) mampu dilakukan oleh sinergi mikroorganisme tersebut (Gambar 2).



*Substrate elimination due to microbial oxidation*

Gambar 1. Kemampuan sinergi mikroorganisme (Ottengraf, S.P.P., 1987).



Gambar 2. Klasifikasi komponen kimia berdasarkan biodegradabilitas (Ottengraf, S.P.P., 1987).

Keaneka-ragaman pada sistem untuk pemurnian limbah gas telah banyak dilakukan pada media filter. Dalam sistem ini, degradasi terhadap limbah gas terutama dilakukan oleh bakteri dan jamur. Pertumbuhan dan aktivitas organisme saprofit ini bergantung pada kondisi fisik dan kimia dalam bahan media, seperti air, oksigen, dan kandungan mineral serta bahan organik, pH, dan suhu. Keragaman flora mikroba aktif tergantung pada komposisi limbah gas yang diolah. Limbah gas dari pabrik industri khusus, seperti vernis dan

pabrik kimia mungkin mengandung sejumlah senyawa kimia yang sangat terbatas dan mikroflora mungkin juga hanya terbatas pada beberapa spesies saja. Sudah menjadi praktik umum untuk menginokulasi media dengan kultur mikroorganisme murni yang diketahui secara aktif menurunkan polutan. Keragaman mikroorganisme yang ditemukan pada media biofilter yang digunakan untuk mengolah polutan bau pada kegiatan pengolahan sampah disampaikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Mikroorganisme yang umum ditemukan pada media biofilter (Ottengraf, S.P.P., 1987).

Bakteri	Fungi
<i>Actinomyces globisporus</i>	<i>Penicillium</i> sp.
<i>Micrococcus albus</i>	<i>Cephalosporium</i> sp.
<i>Micromonospora vulgaris</i>	<i>Mucor</i> sp.

<i>Proteus vulgaris</i>	<i>Circinella</i> sp.
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Cephalotecium</i> sp.
<i>Streptomyces</i> sp.	<i>Ovularia</i> sp.
	<i>Stemphilium</i> sp.

Pemilihan kultur mikroba untuk biofiltrasi biasanya dilakukan sesuai komposisi limbah gas dan kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi polutan yang ada di dalamnya. Kadang-kadang, mikroorganisme tunggal cukup untuk menurunkan polutan dan kadang-kadang konsorsium mikroorganisme diperlukan untuk digunakan sebagai katabolisme. Beberapa konversi biologis yang terjadi selama biofiltrasi senyawa yang berbau ditunjukkan pada Tabel 2. Kondisi operasinya dapat berlangsung baik secara aerobik

maupun anaerobik. Komunitas mikroba yang beragam seperti bakteri, aktinomisetes, dan jamur terlibat dalam biofiltrasi karena mereka asli berasal dari biomedial seperti tanah dan kompos. Banyak penelitian difokuskan pada bakteri; namun, jamur juga telah dieksploitasi dalam proses biofiltrasi (Spigno et al., 2003; Garcia-Pena et al., 2001; Cox et al., 1997). Kompos telah dilaporkan mengandung kelompok *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes* dan *Firmicutes* (Chung, 2007).

Tabel 2. Biokonversi dan kondisi bakteri dalam biofilter (McNevin dan Barford, 2000).

Biokonversi	Sifat bakteri	Kondisi
Oksidasi karbon organik VOC $\rightarrow$ CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Bakteri <i>Chemoheterotrophic</i>	Aerobik
Nitrifikasi NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> $\rightarrow$ NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bakteri Nitrifikasi	Aerobik
Oksidasi sulfida H <sub>2</sub> S $\rightarrow$ S <sup>0</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Bakteri pengoksidasi Sulfur	Aerobik
Denitrifikasi NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> $\rightarrow$ N <sub>2</sub>	Bakteri Denitrifikasi	Anaerobik

Tabel 3. merangkum beberapa biofiltrasi untuk menghilangkan mikroorganisme esensial dan polutan yang berbau dari limbah gas. konsorsiumnya yang digunakan dalam Bau dihasilkan oleh aktifitas

mikroorganisme di dalam sampah. Biofiltrasi yang efisien selalu tergantung pada populasi mikroba heterotrofik yang menggunakan senyawa organik sebagai energi dan sumber karbon (Bajpai et al., 1999). Manfaat utama dari sistem biofiltrasi adalah bahwa kelangsungan hidup

mikroorganisme dipertahankan untuk periode yang lebih lama meskipun system (media) tidak dapat dipertahankan pada periode yang lebih lama. Hal ini disebabkan karena menggunakan bahan alami sebagai bed filter (Ottengraph dan Van Den Oever, 1983).

Tabel 3. Mikroorganisme yang aktif dalam Biofilter (Rappert dan Muller, 2005; Bajpai et al., 1999).

<b>Komponen</b>	<b>Bau</b>	<b>Mikroorganisme aktif</b>
Dimetil trisulfida	Kubis busuk	<i>Pseudonocardia asaccharolytica</i> DSM 44247
Dimetil disulfida	Kubis busuk	<i>Pseudonocardia asaccharolytica</i> DSM 44247 <i>Hyphomicrobium</i> , spp., <i>Thiobacillus</i> , spp. <i>Thiobacillus thioparus</i> TK-m
Dimetil sulfida	Kubis busuk	<i>Pseudonocardia asaccharolytica</i> DSM 44247 <i>Hyphomicrobium</i> , spp., <i>Thiobacillus</i> , spp. <i>Thiobacillus thioparus</i> TK-m <i>Thiocapsa roseopersicina</i> <i>Pseudomonas putida</i> DS 1
Methanethiol	Kubis busuk	<i>Hyphomicrobium</i> , spp., <i>Thiobacillus</i> , spp., <i>Thiobacillus thioparus</i> TK-m
Karbon disulfida	<i>Pumpkin</i> busuk	<i>Paracoccus denitrificans</i> , <i>Thiobacillus</i> , spp.
Hidrogen sulfida	Telur busuk	<i>Bacillus cereus</i> var. <i>mycoides</i> , <i>Streptomyces</i> , spp., <i>Hyphomicrobium</i> , spp., <i>Thiobacillus</i> , spp., <i>Thiobacillus thioparus</i> TK-m, <i>Xanthomonas</i> , spp., <i>Methylophaga sulfidoforans</i> , <i>Pseudomonas putida</i> .
Dimethylamine	Ikan busuk	<i>Arthrobacter</i> , sp., <i>Bacillus</i> , sp., <i>Hyphomicrobium</i> , spp., <i>Methylobacterium</i> , sp., <i>Pseudomonas aminovorans</i> , <i>Micobacterium</i> , sp., <i>Paracoccus denitrificans</i> , <i>Methylophilus methylosporus</i> , <i>Micrococcus</i> , sp., <i>Pseudomonas</i> , sp., <i>Paracoccus</i> sp., T231.

Trimethylamine	Amoniak	<i>Aminobacter aminovorans</i> , <i>Paracoccus</i> , sp. T231 <i>Paracoccus aminovorans</i> , <i>Pseudomonas aminovorans</i> , <i>Hyphomicrobium</i> , sp., <i>Micrococcus</i> , sp.
Diethylamine	Amoniak	<i>Pseudomonas citronellolis</i> RA1, <i>Mycobacterium diemhoferi</i> RA2, <i>Hyphomicrobium</i> , sp., <i>Pseudomonas</i> , sp., <i>Candida utilis</i> , <i>Hansenula polymorpha</i> .
Triethylamine	Amoniak	<i>Pseudomonas citronellolis</i> RA1, <i>Mycobacterium diemhoferi</i> RA2.
VOC ( <i>volatile organic carbon</i> )	<i>Malodorous</i>	<i>Actinomyces globisporus</i> , <i>Penicillum</i> , sp., <i>Chephalosporium</i> , sp., <i>Mucor</i> , sp., <i>Micromonospora</i> <i>albus</i> , <i>Micrococcus albus</i> , <i>Ovularia</i> , sp.

### III. Teknologi pengolahan gas buang secara biologis

Senyawa organik yang mudah menguap dalam gas buang dapat berfungsi sebagai sumber energi dan atau sumber karbon untuk metabolisme mikroba. Selain itu, senyawa anorganik yang dapat dioksidasi dalam limbah gas yang berbau (misalnya H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>) dapat diolah secara langsung dengan metode biologis karena mikroorganisme yang bersangkutan adalah autotrofik (kandungan CO<sub>2</sub> dalam limbah gas berfungsi sebagai sumber karbon untuk anabolisme). Karena mikroorganisme dalam aktifitasnya memerlukan air yang relatif tinggi, reaksi oksidasi berlangsung dalam keadaan lembab, dalam arti bahwa kedua senyawa limbah yang akan terdegradasi dan oksigen yang diperlukan untuk oksidasi harus memasuki fase cair. Karena itu, proses perpindahan massa menjadi penting.

Ada tiga kelompok sistem pengolahan limbah gas secara biologis yang dapat direkomendasikan, yaitu: *bio-scrubbers*, *trickling filter* dan biofilter. Proses biologis tersebut dapat dibedakan dengan mengamati perilaku fase cair (yang bergerak secara kontinu atau diam di dalam reaktor) dan dari lokasi hidup mikroorganisme (yang dapat didispersikan secara bebas dalam fase berair atau diimobilisasi pada bahan pembawa). Di bawah ini diterangkan masing-masing sistem pengolahan limbah gas secara biologis tersebut.

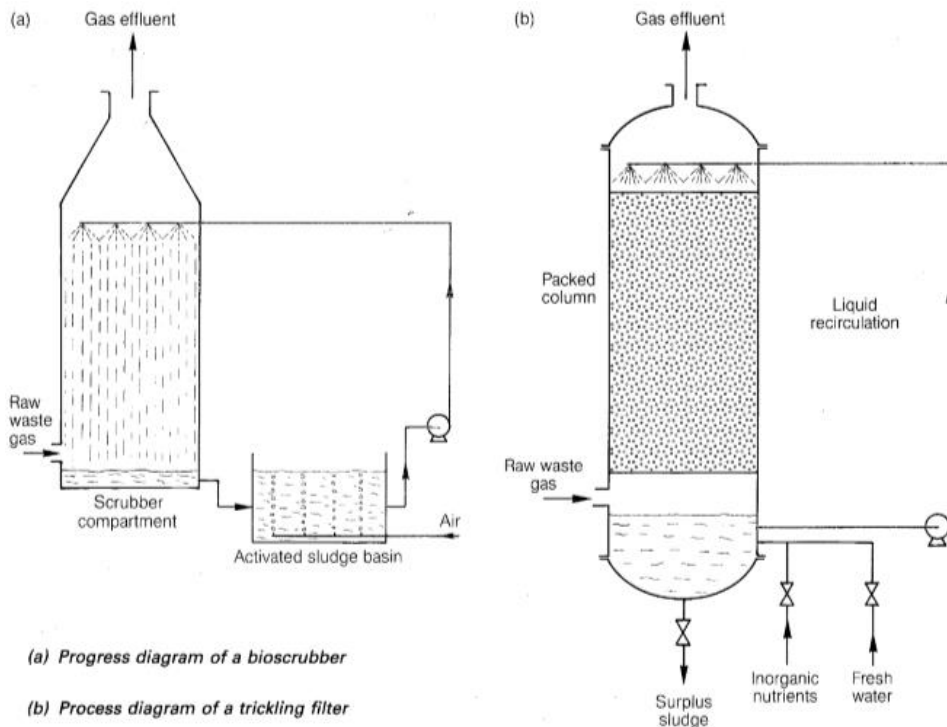
#### Bio-scrubber

*Bio-scrubber* (Gambar 3a) umumnya terdiri dari tangki *scrubber* dan tangki regenerasi. Dalam kompartemen *scrubber* yang pada umumnya berupa kolom semprotan di mana aliran tetesan atau butiran air yang terdistribusi secara merata mengalir berlawanan arah dengan limbah gas, terdapat perpindahan massa polutan yang berlangsung terus



menerus. Zat yang diserap dalam air akan teroksidasi melalui aktivitas mikroba dan dieliminasi dari fase cair oleh suspensi lumpur aktif yang terbentuk di dalam kompartemen regenerasi. Pencampuran baik dengan mengaduk atau dengan aerasi mungkin diperlukan untuk mencukupi asupan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dan juga untuk mencegah sedimentasi dari suspensi lumpur mikroba. Kondisi fisik dan kimia (misalnya suhu, nilai pH, dan rasio karbon terhadap nitrogen) harus

disesuaikan untuk memastikan oksidasi mikroba berlangsung optimal. Proses *bio-scrubbing* telah berhasil digunakan di beberapa industri; misalnya limbah gas dari proses pengecatan/pewarnaan yang mengandung alkohol, glikol, keton, glikol-eter, aromatik, resin, dan lain-lain. Limbah gas dari insinerator, pengecoran (yang mengandung amina, fenol, formaldehid, amonia, dan lain-lain) telah mampu dihilangkan baunya.



Gambar 3. Diagram alir proses Bio-scrubber (a) dan Trickling filter (b) (Ottengraf, S.P.P., 1987).

### Trickling filter

Berbeda dengan *bio-scrubber*, dalam *trickling filter*, proses penyerapan gas dan regenerasi fase cair terjadi secara bersamaan dalam

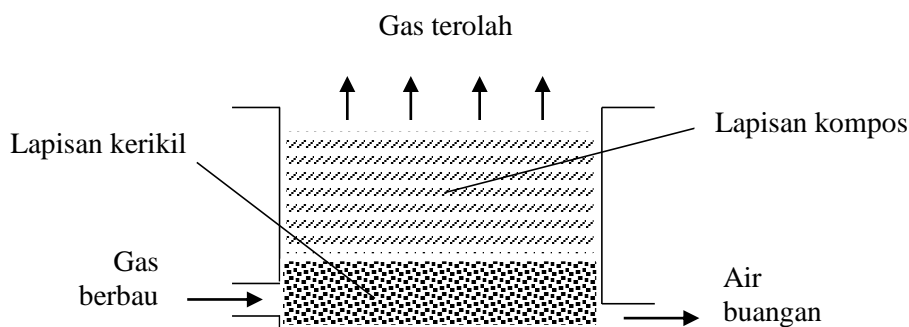
satu peralatan proses. *Trickling filter* (Gambar 3b) umumnya terdiri dari kolom yang diisi dengan bahan *inert* di mana mikroba akan menempel dan berkembang biak di permukaannya

membentuk *biofilm*. Area spesifik (area kontak per unit volume kolom) dari bahan *inert* tersebut relatif rendah, yaitu antara 100-300 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Kondisi tersebut menciptakan volume kosong (*void*) yang besar untuk saluran gas, sehingga meminimalkan penurunan tekanan gas di kolom dan memberi ruang cukup bagi pertumbuhan biologis pada permukaan bahan *inert*. Air yang mengandung nutrisi anorganik terlarut, secara terus-menerus dicatu di bagian atas kolom dan didistribusikan secara merata sepanjang penampang kolom. Air ini mengalir ke bawah dalam bentuk *film* atau lapisan tipis yang mengelilingi bahan *inert* dan membasahi *biofilm* yang terbentuk. Limbah gas dipaksa naik melalui volume kosong di sela-sela bahan *inert*. Komponen penyebab bau yang larut dalam air dan oksigen ditransfer ke fase cair, kemudian ke *biofilm* di mana mereka dihilangkan dan didegradasi oleh aktifitas biologis

secara aerob. Dengan cara ini, maka terjadi proses secara berkelanjutan untuk transfer massa senyawa gas ke fase cair.

### Biofiltrasi

Pada awalnya, biofiltrasi secara umum digunakan untuk pengurangan bau di instalasi pengolahan air limbah. Desain umum biofilter konvensional yang paling sederhana adalah sistem terbuka yang ditunjukkan pada Gambar 4a dan 4b. Limbah gas yang berbau dipaksa untuk naik melalui lapisan biologis aktif yang berasal dari alam (misalnya kompos, gambut, dan lain-lain) dengan ketebalan sekitar 50 - 100 cm. Media ini mempunyai struktur yang longgar untuk saluran gas untuk mencegah penyumbatan. Bahan media berfungsi sebagai pembawa mikroorganisme, terutama bakteri dan jamur, yang mengelilingi partikel dan membentuk *biofilm* yang bersifat basah/lembab.



Gambar 4a. Diagram Biofiltrasi (Ottengraf, S.P.P., 1987).

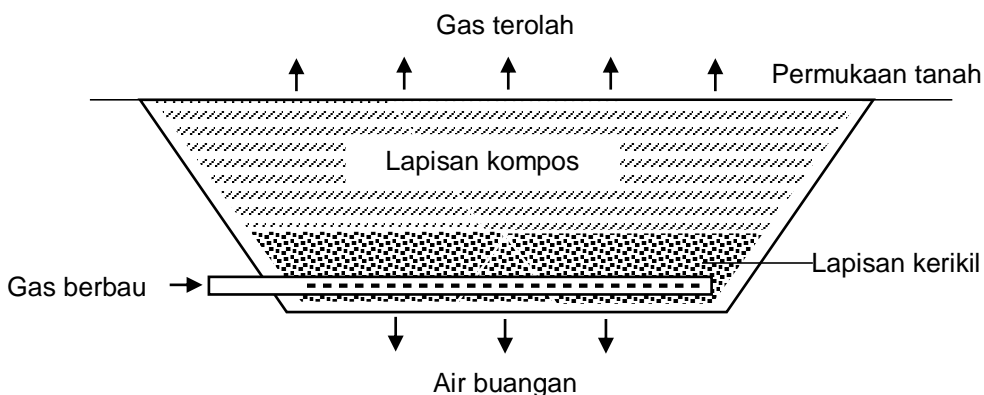
Bahan media tersebut juga memasok nutrisi anorganik berupa mineral yang diperlukan untuk kehidupan mikroba. Nutrisi ini disiklus

tetapi akhirnya dibebaskan atau dilepas dengan proses mineralisasi. Karena itu, bahan media makin lama akan menjadi habis dan harus

diperbarui, biasanya setelah beberapa tahun beroperasi (tergantung pada bahan media yang digunakan). Partikel media dari filter biologis biasanya memiliki ukuran sedemikian rupa untuk menyediakan permukaan yang mampu menyerap dan mempunyai ketahanan terhadap aliran udara. Apabila luas permukaan media terlalu kecil, maka akan memerlukan volume filter yang terlalu besar dan akibatnya, volume filter tidak ekonomis; dan juga apabila semakin besar resistensi filter untuk dilalui udara, maka akan membutuhkan konsumsi energi yang berlebihan.

Seringkali, biofilter sistem terbuka menghadapi biaya operasi yang tinggi terkait dengan sistem aerasi, penurunan tekanan yang cukup besar, penyumbatan karena

pertumbuhan berlebih dari biomassa dan kesulitan dalam memperkaya nutrisi yang dibutuhkan oleh populasi mikroba (Moreno et al., 2010; Hwang et al., 2007). Selain itu, setiap aliran udara bervariasi dalam hal komposisi, suhu, kelembaban relatif dan frekuensi emisi; karenanya, biofilter tipe terbuka tertentu tidak efisien dalam mengolah senyawa yang mengandung emisi yang sulit terurai (misalnya molekul besar, senyawa xenobiotik); larut dalam air; produk samping dari proses biodegradasi seperti produk asam (misalnya senyawa sulfur dan nitrogen) dan yang menghasilkan penumpukan zat antara seperti katekol, asam asetat, dan lain-lain (Rappert dan Muller, 2005). Selain itu, kelemahan lain dari sistem terbuka adalah seringnya penggantian media organik dan konsumsi ruang yang besar.

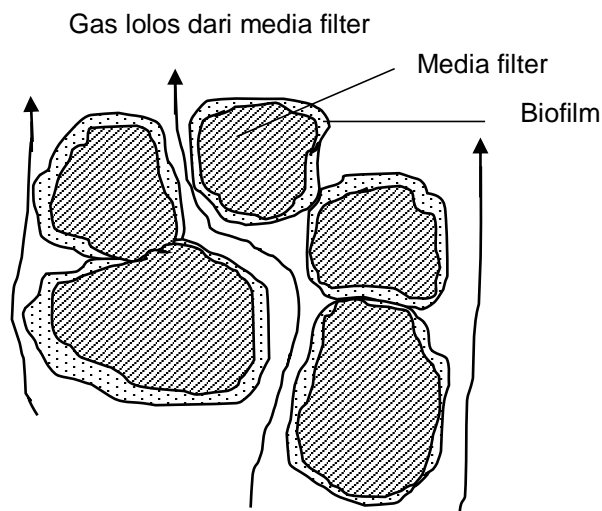


Gambar 4b. Salah satu bentuk penampang Biofilter (Bajpai, et al., 1999).

Jenis biofilter yang lebih modern, disebut juga sebagai tipe tertutup, memiliki kemampuan untuk mengatur laju aliran, pH, kadar air, penurunan tekanan, pengkondisian gas, suhu, kebutuhan oksigen,

penghilangan inhibitor (kelebihan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ ) dan pengayaan nutrisi untuk mempertahankan populasi mikroba yang tepat untuk penyaringan dan atau penyerapan yang efektif (McNevin dan Barford, 2000).

Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi biofilters adalah suhu, kadar air, pH, laju aliran, laju pemuatan permukaan, struktur fisik, dan biomassa mikroba.



Gambar 5. Pembentukan biofilm pada permukaan media (Ottengraf, S. P. P., 1987).

Pemilihan bahan penyusun biofilter adalah langkah yang sangat penting untuk menjamin terbentuknya biofilm pada permukaan media dan tersedianya ruang kosong (*void*). Ruang kosong tersebut menjamin aliran gas yang diolah tidak terhambat (Gambar 5). Pemilihan bahan penyusun biofilter ini harus mempertimbangkan struktur, fraksi void (porositas), volume area per unit, ketahanan aliran spesifik, kapasitas menahan kelembaban, dan masa operasi (McNevin dan Barford, 2000). Bahan penyusun yang digunakan untuk biofilter tipe terbuka konvensional adalah tanah, kompos, lumut gambut, daun, kulit kayu, dan lain-lain. Tambahan pula serpihan kayu, debu gergaji, pasir dan ampas tebu juga dapat digunakan. Bahan tambahan seperti batu kapur juga kadang diperlukan (Chung, 2007; Bajpai et al., 1999). Bahan-bahan

tersebut mampu meningkatkan aerasi dan penambahan batu kapur mempertahankan pH optimal dalam sistem (McNevin dan Barford, 2000).

Kinerja biofilter tergantung pada berbagai faktor, antara lain adalah sifat dari media filter yang digunakan. Media filter mempengaruhi pertumbuhan mikroba dan adsorpsi polutan karena polutan harus diserap pada media filter untuk terjadinya transformasi secara biologis (Xie et al., 2009). Konsentrasi dan laju pengumpanan sangat mempengaruhi kinerja biofilter. Aliran udara dengan konsentrasi polutan tinggi harus diencerkan dengan udara segar untuk meningkatkan konsentrasi oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme (Yang dan Allen, 1994). Tingkat kelembaban yang tepat (biasanya antara 40% hingga 60%) dan suhu (antara 10 hingga 15 °C lebih tinggi

dari suhu ambien) harus dijaga dalam biofilter (Bajpai et al., 1999). Sementara Ottengraf (1987) menyatakan bahwa untuk operasional yang optimal dari filter biologis, kadar air dari bahan pembawa atau media harus dipertahankan pada 30-60%. Bajpai et al., 1999 mengemukakan bahwa kisaran suhu optimal untuk penghilangan H<sub>2</sub>S adalah 35 hingga 50 °C dan sangat sering dijumpai adanya peningkatan suhu secara bertahap karena respirasi mikroba dan reaksi eksotermis dalam media filter.

Pada musim kemarau, untuk mempertahankan dan mengkondisikan kelembaban, ke dalam media filter terbuka ini biasanya dilakukan penyemprotan air dari permukaan bagian atas media filter. Biofilter sistem terbuka dalam operasionalnya akan terpapar berbagai kondisi cuaca (hujan, kemarau, fluktuasi suhu dan lain-lain). Untuk mengkompensasi paparan tersebut, biofilter dirancang dengan parameter yang mempunyai rentang lebar atau berlebihan sesuai dengan Tabel 4.

Tabel 4. Rancangan parameter biofilter dengan media kompos (Ottengraf, S.P.P., 1987).

Parameter	Nilai
Kecepatan gas (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .jam)	10 – 100
Waktu kontak (detik)	30 – 60
Tinggi media filter (m)	0,5 – 1
Beda tekanan ( <i>pressure drop</i> , Pa)	500 – 1000
Kandungan air (% berat)	25 – 50
Kapasitas eliminasi (g karbon organik/m <sup>3</sup> .jam)	6 – 16

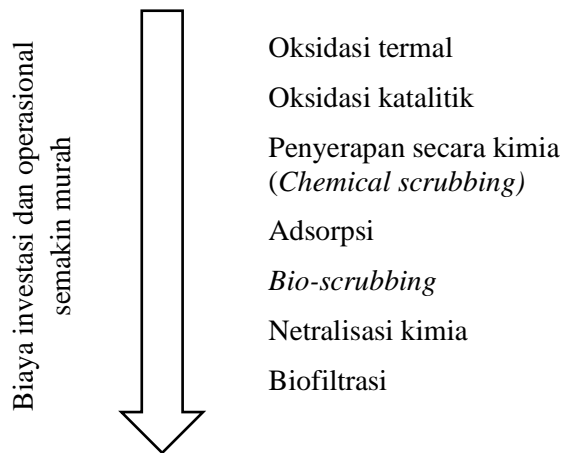
#### IV. Pemilihan unit operasi perangkat bau

Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan atas pemilihan unit operasi perangkat bau ini dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Metode pengurangan bau secara biologis lebih bersifat ramah lingkungan daripada secara fisika dan kimia, karena proses biologis tidak memerlukan penggunaan bahan kimia dan dapat dilakukan pada suhu normal (10 - 40 °C) dan berlangsung

pada tekanan atmosfer (Barbusinski, et. al., 2017).

2. Bila dibandingkan dengan proses kimia dan fisika, proses biologis, terutama biofiltrasi biaya pembangunan dan operasionalnya lebih murah (Gambar 6) dan mudah dioperasikan (ibid). Biaya pembangunan murah karena dapat menggunakan bahan-bahan yang ada di sekitar lokasi, misalnya kayu, kompos serta mampu dikerjakan oleh tenaga lokal.



Gambar 6. Urutan keekonomian penggunaan teknologi perangkap bau (Barbusinski, et. al., 2017).

3. Karena mengolah gas buang dari kegiatan *pretreatment* pengolahan sampah, maka biofilter sudah sangat cukup untuk diterapkan dengan efisiensi penghilangan (*destruction, removal efficiency / DRE*) tinggi untuk menyerap senyawa aldehida, asam organik, sulfur dioksida dan hidrogen sulfida (The Clean Air Technology Center, US EPA, 2003).

rendah dan kemandirian proses yang handal. Biofiltrasi telah terbukti menjadi alternatif yang menjanjikan untuk sistem pengurangan bau di negara maju dan berkembang.

Pengembangan teknologi biofiltrasi sangat perlu untuk diterapkan pada unit-unit pengelolaan sampah domestik yang pada umumnya berlokasi di daerah perkotaan. Dengan penerapan teknologi ini, maka bau yang ditimbulkan oleh kegiatan pengelolaan sampah dapat dikurangi.

## V. Kesimpulan

Dalam beberapa tahun terakhir, telah ada kemajuan yang signifikan dalam pengolahan secara biologis terhadap limbah gas. Hal ini telah menghasilkan pengembangan biofilter dengan kinerja dan operasi yang efisien. Teknologi biofiltrasi ini menguntungkan untuk diterapkan karena ramah lingkungan, murah, memiliki biaya perawatan yang

## VI. Referensi

- Bajpai, P., Bajpai, P.K., Kondo, R. (1999). *Biotechnology for environmental protection in the pulp and paper industry*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Barbusinski, K., Kalembe, K., Kasperczyk, D., Urbaniec, K.,

- Kozik, V. (2017). Biological methods for odor treatment - A review. *Journal of Cleaner Production*, 152: 223-241.
- Chung, Y.C. (2007). Evaluation of gas removal and bacterial community diversity in a biofilter developed to treat composting exhaust gases. *J. Hazard. Mater.* 144: 377-385.
- Cox, H.H.J., Moerman, R.E., van Baalen, S., van Heiningen, W.N.M., Doddema, H.J., Harder, W. (1997). Performance of a styrene degrading biofilter containing the yeast *Exophiala jeanselmei*. *Biotechnol. Bioeng.* 53: Nanda et al. 421-259-266.
- Deshusses, M., (1997). Biological waste air treatment in biofilters. *Current Opinion in Biotechnology*, 8: 335-339
- Garcia-Pena, E.I., Hernandez, S., Favela-Torres, E., Auria, R., Revah, S. (2001). Toluene biofiltration by the fungus *Scenedosporium apiospermum* TB1. *Biotechnol. Bioeng.* 76: 61-69.
- Hwang, J.W., Jang, S.J., Lee, E.Y., Choi, C.Y., Park, S. (2007). Evaluation of composts as biofilter packing material for treatment of gaseous p-xylene. *Biochem. Eng. J.* 35: 142-149.
- Jorio, H., *et al.*, (2000). Effects of gas flow rate and inlet concentration on xylene vapors biofiltration performance. *Chemical Engineering Journal*, 76, 209-221.
- McNevin, D., Barford, J. (2000). Biofiltration as an odour abatement strategy. *Biochem. Eng. J.* 5, 231-242.
- Moreno, L., Predicala, B., Nemati, M. (2010). Laboratory, semi-pilot and room scale study of nitrite and molybdate mediated control of H<sub>2</sub>S emission from swine manure. *Biores. Technol.* 101: 2141-2151.
- Ottengraf, S.P.P., and Van den Oever, A.H.C. (1983) *Biotechnol. Bioeng.* 25, 3089-3102.
- Ottengraf, S.P.P. (1987). Biological systems for waste gas elimination. *Trends in Biotechnology*, 5(5), 132-136. DOI: 10.1016/0167-7799(87)90007-2
- Rappert, S., Muller, R. (2005). Microbial degradation of selected odorous substances. *Waste Manage.* 25: 940-954.
- Spigno, G., Pagella, C., Fumi, M.D., Molteni, R., De Faveri, D.M. (2003). VOCs removal from waste gases: gas-phase bioreactor for the abatement of hexane by *Aspergillus niger*. *Chem. Eng. Sci.* 58: 739-746.
- The Clean Air Technology Center, US EPA. 2003. Using bioreactors to control air pollution. EPA-456/R-03-003.
- Xie, B., Liang, S.B., Tang, Y., Mi, W.X., Xu, Y. (2009). Petrochemical wastewater odor treatment by biofiltration. *Biores. Technol.* 100: 2204-2209
- Yang, Y., Allen, E.R. (1994). Biofiltration control of hydrogen sulphide design and operation parameters. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 44: 863-868.