

TINJAUAN ASPEK TEKNIS PEMILIHAN MEDIA BIOFILTER UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Oleh :
Nusa Idaman Said dan Ruliasih

Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih Dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.

Abstract

There are literally dozens of different types of biofilters used for wastewater treatment applications. While many have common features, some are fundamentally different from the rest. The purpose of this article is to educate the reader about the types of packings used for fixed film biofilters. The types of biofilters under discussion are filters that employ a non-moving surface area to provide a substrate for various bacteria to attach and grow. The substrate remains in place while the water flows through the system. The heart of these biofilters is the packing or media used to provide the surface area. The type of packing used strongly influences both the capital and operating costs of the biofilter. It is important to emphasize however, that the packing merely provides surface area for bacteria to colonize. It is the bacteria that do the actual work of the biofilter. In order for the bacteria to do their job effectively, the biofilter and packing design must provide an even distribution of nutrients and oxygen while removing dissolved and suspended waste products. Most biofilters utilize aerobic bacteria but it is also possible to design and operate anaerobic systems for special purposes. Various types of packings exist for fixed film biological filters. Each different type has advantages and disadvantages but in terms of overall cost and suitability, the structured packings are the best choice for commercial biofilter designs.

Kata kunci : biofilter, media, pengolahan air limbah.

1. PENDAHULUAN

Tujuan utama sistem pengolahan air limbah adalah untuk menghilangkan bahan pencemar baik senyawa organik maupun senyawa anorganik. Di dalam metoda pengolahannya umumnya dilakukan dengan cara pengolahan secara kimia untuk penghilangan senyawa anorganik, sedangkan untuk penghilangan bahan pencemar organik biasanya dilakukan dengan proses biologis atau biokimia (Metcalf and Eddy, 1978).

Pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam. Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikro-organisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikro-organisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini antara lain : proses lumpur aktif standar/konvensional (*standard activated sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*,

extended aeration, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit) dan lainnya.

Proses biologis dengan biakan melekat yakni proses pengolahan limbah dimana mikro-organisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Proses ini disebut juga dengan proses film mikrobiologis atau proses biofilm. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain : *trickling filter*, *biofilter tercelup*, reaktor kontak biologis putar (*rotating biological contactor*, *RBC*), *contact aeration/oxidation* (aerasi kontak) dan lainnya.

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan lagoon atau kolam adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga dengan aktifitas mikro-organisme yang tumbuh secara alami, senyawa polutan yang ada dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian senyawa polutan atau memperpendek waktu tinggal dapat juga dilakukan proses aerasi. Salah satu contoh proses pengolahan air limbah dengan cara ini adalah kolam aerasi atau kolam stabilisasi (*stabilization pond*). Proses dengan sistem lagoon tersebut kadang-kadang dikategorikan

sebagai proses biologis dengan biakan tersuspensi.

Saat ini salah satu proses pengolahan air limbah yang banyak digunakan adalah proses biologis dengan biakan melekat. Proses yang sering digunakan yakni proses biofilter baik proses secara anaerob maupun proses secara aerob. Proses biofilter adalah reaktor biologis dengan unggun tetap (*fixed bed film*) dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang menempel pada permukaan media yang kaku misalnya plastik atau batu. Influen air limbah dimasukkan ke dalam reaktor yang di dalamnya diisi dengan media penyangga (media biofilter) dimana mikroorganisme akan tumbuh menempel pada permukaan media. Dengan adanya lapisan mikroorganisme yang tumbuh menempel pada permukaan media tersebut maka polutan organik yang ada di dalam air limbah akan diuraikan menjadi produk respirasi yakni CO_2 dan H_2O .

Di dalam aplikasinya, efektifitas proses biofilter sangat dipengaruhi oleh jenis serta bentuk media yang digunakan. Penting sekali untuk diketahui bahwa media biofilter berfungsi untuk menyediakan area permukaan tempat bakteri atau mikroorganisme berkoloni. Dalam hal ini bakteri mempunyai peranan yang penting di dalam sistem biofilter. Agar supaya bakteri bekerja secara efektif, disain biofilter serta media penyangga selain harus mampu menyediakan distribusi nutrient dan oksigen, tetapi harus mampu juga menghilangkan produksi buangan baik yang terlarut maupun yang tersuspensi. Pada umumnya biofilter menggunakan bakteri aerobik namun dapat pula didisain dan dioperasikan untuk bakteri anaerobik.

Makalah ini membahas tentang cara pemilihan beberapa jenis media biofilter untuk pengolahan air limbah. Bagian yang penting dari biofilter ini adalah media yang digunakan sebagai penyedia area permukaan. Pemilihan Jenis media sangat dipengaruhi oleh harga media dan juga biaya operasi dari biofilter.

2. PROSES BIOFILTER

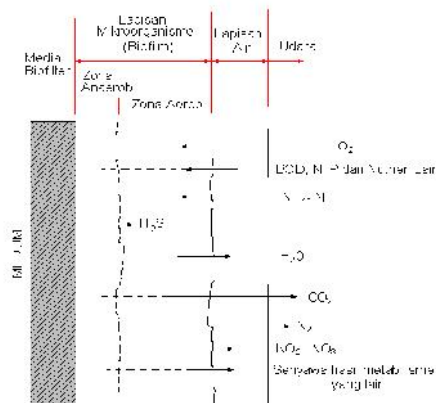
Proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm atau biofilter dapat dilakukan secara aerobik, anaerobik, atau gabungan proses anaerob-aerob. Proses aerobik dilakukan dengan kondisi adanya oksigen terlarut di dalam reaktor air limbah, dan proses anaerobik dilakukan dengan tanpa adanya oksigen dalam reaktor air limbah. Sedangkan proses kombinasi anaerob-aerob adalah merupakan gabungan proses anaerobik dan proses aerobik. Proses ini biasanya digunakan untuk menghilangkan kandungan nitrogen di dalam air limbah. Pada kondisi aerobik terjadi proses nitrifikasi yakni nitrogen ammonium diubah menjadi nitrat (NH_4^+ -

--> NO_3^-) dan pada kondisi anaerobik terjadi proses denitrifikasi yakni nitrat yang terbentuk diubah menjadi gas nitrogen (Hikami, 1992).

Menurut Lim dan Grady (1980) mekanisme yang terjadi pada reaktor biologis biakan melekat diam terendam adalah sebagai berikut :

- Transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrien dari fasa liquid ke fasa biofilm.
- Transportasi mikroorganisme dari fasa liquid ke fasa biofilm.
- Adsorpsi mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan biofilm.
- Reaksi metabolisme mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan biofilm, memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan, kematian dan lysis sel.
- Penempelan (*attachment*) dari sel, yaitu pada saat lapisan biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi secara kontinyu dan bertahap (*gradual*) pada lapisan biofilm.
- Mekanisme pelepasan (*detachment biofilm*) dan produk lainnya (*by product*).

Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm secara aerobik secara sederhana dapat diterangkan seperti pada Gambar 1.



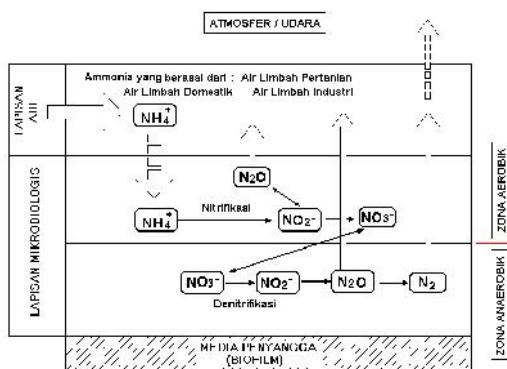
Gambar 1 : Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm. (Arvin dan Harremoës, 1990.).

Gambar tersebut menunjukkan suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan alir limbah dan lapisan udara yang terletak di luar. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD, COD), ammonia, fosfor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah

menjadi biomasa. Sulpai oksigen pada lapisan biofilm dapat dilakukan dengan beberapa cara misalnya pada sistem RBC yakni dengan cara kontak dengan udara luar, pada sistem "Trickling Filter" dengan aliran balik udara, sedangkan pada sistem biofilter tercelup dengan menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi.

Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas H₂S, dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar maka gas H₂S yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat (SO₄) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm.

Selain itu pada zona aerobik nitrogen-ammonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Oleh karena di dalam sistem biofilm terjadi kondisi anaerobik dan aerobik pada saat yang bersamaan maka dengan sistem tersebut maka proses penghilangan senyawa nitrogen menjadi lebih mudah. Hal ini secara sederhana ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 : Mekanisme penghilangan Ammonia di dalam proses biofilter.

Di dalam pengolahan air limbah, proses biofilter mempunyai beberapa kemampuan antara lain yakni merubah amonia menjadi nitrit dan selanjutnya menjadi nitrat dan akhirnya menjadi gas nitrogen, menghilangkan polutan organik (BOD, COD), menambah oksigen (untuk proses aerobik), menghilangkan kelebihan nitrogen dan gas inert lainnya, menghilangkan kekeruhan dan menjernihkan air, serta dapat menghilangkan bermacam-macam senyawa organik. Pada umumnya proses biofilter dirancang untuk mengubah dan menghilangkan polutan organik dan senyawa ammonia.

Pengolahan air limbah dengan proses biofilter mempunyai beberapa keunggulan antara lain :

A. Pengoperasiannya mudah

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm, tanpa dilakukan sirkulasi lumpur, tidak terjadi masalah "bulking" seperti pada proses lumpur aktif (Activated sludge process). Oleh karena itu pengelolaaanya sangat mudah.

B. Lumpur yang dihasilkan sedikit

Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang dihasilkan pada proses biofilm relatif lebih kecil. Di dalam proses lumpur aktif antara 30 – 60 % dari BOD yang dihilangkan (removal BOD) diubah menjadi lumpur aktif (biomasa) sedangkan pada proses biofilm hanya sekitar 10-30 %. Hal ini disebabkan karena pada proses biofilm rantai makanan lebih panjang dan melibatkan aktifitas mikroorganisme dengan orde yang lebih tinggi dibandingkan pada proses lumpur aktif.

C. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

Oleh karena di dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilm mikroorganisme atau mikroba melekat pada permukaan media penyangga maka pengontrolan terhadap mikroorganisme atau mikroba lebih mudah. Proses biofilm tersebut cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi.

D. Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi.

Di dalam proses biofilter mikro-organisme melekat pada permukaan unggun media, akibatnya konsentrasi biomasa mikro-organisme per satuan volume relatif besar sehingga relatif tahan terhadap fluktuasi beban organik maupun fluktuasi beban hidrolis.

E. Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil.

Jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga berkurang, tetapi oleh karena di dalam proses biofilm substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan biofilm dan juga lapisan biofilm bertambah tebal maka pengaruh penurunan suhu (suhu rendah) tidak begitu besar.

3. KRITERIA MEDIA BIOFILTER

Media penyangga adalah merupakan bagian yang terpenting dari biofilter, oleh karena itu pemilihan media harus dilakukan dengan seksama disesuaikan dengan kondisi proses serta jenis air limbah yang akan diolah. Di dalam prakteknya ada beberapa kriteria media biofilter ideal yang perlu diperhatikan antara lain yakni :

3.1 Mempunyai Luas permukaan spesifik besar

Luas permukaan spesifik adalah ukuran seberapa besar luas area yang aktif secara biologis tiap satuan volume media. Satuan pengukuran adalah meter persegi per meter kubik media. Luas permukaan spesifik sangat bervariasi namun secara umum sebagian besar media biofilter mempunyai nilai antara 30 sampai dengan 250 sq.ft/cu.ft atau 100 hingga 820 m²/m³.

Satu hal yang penting adalah membedakan antara total luas permukaan teoritis dengan luas permukaan yang tersedia sebagai substrate untuk pertumbuhan mikroorganisme. Luas permukaan yang terdapat pada pori-pori yang halus tidak selalu dapat membuat mikroorganisme hidup. Pada saat biofilter sudah stabil/matang, biomasa bakteri akan bertambah secara stabil dan lapisan bakteri yang menutupi permukaan media menjadi tebal. Selama organisme yang berada pada bagian dalam lapisan hanya mendapat makanan dan oksigen secara difusi, maka bakteri ini memperoleh makanan dan oksigen semakin lama semakin sedikit sejalan dengan bertambah tebalnya lapisan. Secara umum hanya bakteri yang berada dilapisan paling luar yang bekerja secara maksimal.

Apabila lapisan bakteri sudah cukup tebal, maka bagian dalam lapisan menjadi anaerobik. Jika hal ini terjadi, lapisan akan kehilangan gaya adhesi terhadap substrat dan kemudian lepas. Apabila bakteri yang mati terdapat dalam celah kecil, maka tidak dapat lepas dan tetap berada dalam biofilter. Hal ini akan menambah beban organik (BOD) dan amoniak dalam biofilter.

Luas permukaan total yang tersedia untuk pertumbuhan bakteri merupakan indikator dari kapasitas biofilter untuk menghilangkan polutan. Luas permukaan spesifik merupakan variabel penting yang mempengaruhi biaya reaktor biofilter dan mekanisme penunjangnya. Apabila media tertentu A mempunyai luas permukaan per unit volume dua kali lipat dari media B, maka media B memerlukan volume reaktor dua kali lebih besar untuk dapat melakukan tugas yang sama yang dilakukan media A. Ditinjau dari

sudut ekonomi maka lebih baik menggunakan reaktor yang lebih kecil. Jadi secara umum makin besar luas permukaan per satuan volume media maka jumlah mikroorganisme yang tumbuh dan menempel pada permukaan media makin banyak sehingga efisiensi pengolahan menjadi lebih besar, selain itu volume reaktor yang diperlukan menjadi lebih kecil sehingga biaya reaktor juga lebih kecil.

3.2 Mempunyai Fraksi Volume Rongga Tinggi

Fraksi volume rongga adalah prosentasi ruang atau volume terbuka dalam media. Dengan kata lain, fraksi volume rongga adalah ruang yang tidak tertutup oleh media itu sendiri. Fraksi volume rongga bervariasi dari 15 % sampai 98 %. Fraksi volume rongga tinggi akan membuat aliran air atau udara bebas tidak terhalang. Untuk biofilter dengan kapasitas yang besar umumnya menggunakan media dengan fraksi volume rongga yang besar yakni 90 % atau lebih.

3.3 Diameter Celah Bebas Besar (Large free passage diameter)

Cara terbaik untuk menjelaskan pengertian diameter celah bebas adalah dengan membayangkan suatu kelereng atau bola yang dijatuhkan melalui media. Ukuran bola yang paling besar yang dapat melewati media adalah diameter celah bebas.

3.4 Tahan terhadap Penyumbatan

Parameter ini sangat penting namun sulit untuk diangkakan. Penyumbatan pada biofilter dapat terjadi melalui perangkat mekanikal dari partikel dengan cara sama dengan filter atau saringan padatan lainnya bekerja. Penyumbatan dapat juga disebabkan oleh pertumbuhan biomasa dan menjembatani ruangan dalam media. Kecenderungan penyumbatan untuk berbagai macam media dapat diperkirakan atau dibandingkan dengan melihat fraksi rongga dan diameter celah bebas. Diameter celah bebas merupakan variabel yang lebih penting.

Penyumbatan merupakan masalah yang serius pada sistem biofilter. Masalah yang paling ringan adalah masalah pemeliharaan yang terus menerus, dan yang paling buruk adalah hancurnya kemampuan filter untuk bekerja sesuai dengan disain. Penyebab lain penyumbatan adalah ketidak-seragaman volume rongga dari media. Apabila sebagian dari unggun media mempunyai volume rongga yang lebih kecil dari yang lainnya maka dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan sebagian

di dalam unggun media. Unggun media yang lebih padat dapat terjadi penyumbatan dan sebagian unggun media yang lainnya terdapat celah yang dapat mengalirkan aliran air limbah. Hal ini dapat menurunkan kinerja biofilter.

Oleh karena itu di dalam pemilihan jenis media biasanya dipilih media yang mempunyai luas permukaan spesifik yang besar serta mempunyai fraksi volume rongga yang besar. Dengan demikian jumlah mikroba yang dapat tumbuh menempel pada permukaan media cukup besar sehingga efisiensi biofilter juga menjadi lebih besar. Selain itu, karena fraksi volume rongga media besar maka sistem biofilter menjadi tahan terhadap penyumbatan. Media yang digunakan untuk biofilter juga harus mudah diangkat, dibersihkan dan dapat diganti dengan usaha dan tenaga kerja yang minimal.

Pilihan lain adalah media yang dapat diangkat sebagian. Sebagian kecil media dapat diangkat dan diganti dengan media yang baru, sementara itu bagian yang tersumbat dibersihkan. Apabila hanya sebagian kecil dari seluruh sistem yang diangkat, pengaruhnya terhadap sistem biofilter akan sangat kecil.

3.5 Dibuat Dari Bahan Inert

Kayu, kertas atau bahan lain yang dapat terurai secara biologis tidak cocok digunakan untuk bahan media biofilter. Demikian juga bahan logam seperti besi, aluminium atau tembaga tidak sesuai karena berkarat sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikro-organisme. Media biofilter yang dijual secara komersial umumnya terbuat dari bahan yang tidak korosif, tahan terhadap pembusukan dan perusakan secara kimia. Namun demikian beberapa media dari plastik dapat dipengaruhi oleh radiasi ultraviolet. Plastik yang tidak terlindung sehingga terpapar oleh matahari akan segera menjadi rapuh. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan penghalang UV yang dapat disatukan dengan plastik pelindung UV.

3.6 Harga per unit luas permukaannya murah

Seperti telah diterangkan di atas, media biofilter pada hakekatnya adalah jumlah luas permukaan yang menyediakan tempat untuk bakteri berkembang biak. Oleh karena itu untuk media biofilter sedapat mungkin dipilih jenis media yang mempunyai harga per unit satuan permukaan atau per unit satuan volume yang lebih murah.

3.7 Mempunyai kekuatan mekaniknya yang baik

Salah satu syarat media biofilter yang baik adalah mempunyai kekuatan mekaniknya yang baik. Untuk biofilter yang berukuran besar sangat penting apabila media mampu menyangga satu atau dua orang pekerja. Disamping untuk mendukung keperluan pemeliharaan, media dengan kekuatan mekanik yang baik berarti mempunyai stabilitas bentuk baik, mengurangi keperluan penyangga bejana atau reaktor dan lebih tahan lama.

3.8 Ringan

Ukuran berat media dapat mempengaruhi biaya bagian lain dari sistem. Semakin berat media akan memerlukan penyangga dan bejana atau reaktor yang lebih kuat dan lebih mahal. Apabila media dari seluruh biofilter harus dipindahkan maka akan lebih baik jika mediana ringan. Secara umum makin ringan media biofilter yang digunakan maka biaya konstruksi reaktor menjadi lebih rendah.

3.9 Fleksibilitas

Karena ukuran dan bentuk reaktor biofilter dapat bermacam-macam, maka media yang digunakan harus dapat masuk kedalam reaktor dengan mudah, serta dapat disesuaikan dengan bentuk reaktor.

3.10 Pemeliharaan mudah

Media biofilter yang baik pemeliharaannya harus mudah atau tidak perlu pemeliharaan sama sekali. Apabila diperlukan pemeliharaan sehubungan dengan penyumbatan maka media harus mudah dipindahkan dengan kebutuhan pegawai yang sedikit. Selain itu media juga harus dengan cepat dapat dipindahkan dan dibersihkan.

3.11 Kebutuhan energi kecil

Proses biofilter mengkonsumsi energi secara tidak langsung, namun secara keseluruhan diperlukan pompa untuk mengalirkan air. Energi diperlukan juga untuk mensuplai oksigen kepada bakteri. Sejalan dengan semakin canggihnya teknologi biofilter maka biaya energi merupakan salah satu faktor utama dari keseluruhan perhitungan keuntungan. Oleh Karena itu disain biofilter yang memerlukan tenaga kerja dan energi minimum akan menjadi standar industri.

3.12 Reduksi Cahaya

Bakteri nitrifikasi sensitif terhadap cahaya. Oleh karena itu untuk biofilter yang digunakan untuk penghilangan senyawa nitrogen (nitrifikasi)

maka media yang digunakan sebaiknya berwarna gelap dan bentuknya harus dapat menghalangi cahaya masuk ke dalam media.

3.13 Sifat Kebasahan (*wetability*)

Agar bakteri atau mikroorganisme dapat menempel dan berkembang biak pada permukaan media, maka permukaan media harus bersifat *hidrophilic* (suka air). Permukaan yang berminyak, permukaan yang bersifat seperti lilin atau permukaan licin bersifat *hidrophobic* (tidak suka air) tidak baik sebagai media biofilter.

Media biofilter yang ideal adalah media yang harganya murah namun memberikan solusi bagi pemenuhan kebutuhan proses biofilter. Hal ini karena :

- ❑ Diperoleh luas permukaan yang besar dengan harga yang murah.
- ❑ Diperoleh biaya konstruksi reaktor yang lebih rendah karena luas permukaan spesifik tinggi, ringan, kekuatan mekanikal baik dan kemampuan menyesuaikan dengan bentuk reaktor baik.
- ❑ Biaya pemeliharaan rendah karena tidak ada penyumbatan.
- ❑ Biaya pompa dan energi lain rendah karena disainnya fleksibel.

4. JENIS MEDIA

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas) dan lainnya.

Biasanya untuk media biofilter dari bahan anorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula, tetapi volume rongga menjadi lebih kecil. Jika sistem aliran dilakukan dari atas ke bawah (*down flow*) maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses penumpukan lumpur organik pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Oleh karena itu perlu proses pencucian secukupnya. Jika terjadi penyumbatan maka dapat terjadi aliran singkat (*short pass*) dan juga terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun secara drastis.

Untuk media biofilter dari bahan organik banyak yang dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan misalnya PVC dan lainnya, dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volume rongga (porositas) yang besar, sehingga dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil. Dengan demikian memungkinkan untuk pengolahan air limbah dengan beban konsentrasi yang tinggi serta efisiensi pengolahan yang cukup besar. Salah Satu contoh media biofilter yang banyak digunakan yakni media dalam bentuk sarang tawon (*honeycomb tube*) dari bahan PVC. Beberapa contoh perbandingan luas permukaan spesifik dari berbagai media biofilter dapat dilihat pada Tabel 1.

4.1 Batuan dan Kerikil

Berbagai ukuran kerikil dan batuan telah digunakan dalam biofilter sejak abad ke sembilan belas untuk berbagai penggunaan. Dapat dipakai baik untuk biofilter tercelup ataupun untuk trickling filter. Masih tetap digunakan untuk berbagai keperluan termasuk akuarium, akuakultur dan pengolahan air buangan rumah tangga. Bahan-bahan yang terbuat dari tanah liat banyak tersedia, murah dan relatif mempunyai luas permukaan spesifik tinggi. Batu dan kerikil bersifat inert dan tidak pecah dengan kekuatan mekanikal yang baik, serta bahan tersebut mempunyai sifat kebasahan yang baik.

Tabel 1 : Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter.

No.	Jenis Media	Luas permukaan spesifik (m^2/m^3)
1	Trickling Filter dengan batu pecah	100-200
2	Modul Sarang Tawon (<i>honeycomb modul</i>)	150-240
3	Tipe Jaring	50
4	RBC	80-150
5	Bio-ball (random)	200 - 240

Salah satu kelemahan media dari kerikil adalah fraksi volume rongganya sangat rendah dan berat. Akibat dari fraksi volume rongga rendah jenis media ini mudah terjadi penyumbatan. Untuk mencegah penyumbatan, jumlah ruangan diantara kerikil harus relatif besar. Secara umum diameter celah bebas sebanding dengan ukuran kerikil. Tetapi luas permukaan spesifik berbanding terbalik dengan

ukuran kerikil. Apabila kita menggunakan media kerikil dengan ukuran yang besar untuk mencegah terjadinya penyumbatan, maka luas permukaan spesifik menjadi kecil. Dengan luas permukaan spesifik yang kecil, maka volume reaktor yang diperlukan untuk tempat media menjadi besar.

Banyak usaha yang telah dilakukan untuk menanggulangi masalah kekurangan biofilter dengan media kerikil. Salah satu metoda yang diusulkan adalah untuk menggunakan bahan yang dapat memperbesar luas permukaan media yang tersedia tanpa merubah ukuran keseluruhan satuan volume media. Salah satu aplikasinya adalah menggunakan batu apung, karbon aktif dan keramik berpori. Bahan-bahan tersebut mempunyai luas permukaan yang besar. Permasalahan yang timbul adalah akibat pengoperasian biofilter dalam jangka waktu yang lama. Pada umumnya pertumbuhan bakteri terjadi pada bagian luar permukaan media kerikil. Hal ini akan dapat menahan nutrient dan menghambat difusi oksigen kedalam bagian dalam pori media. Walaupun media kerikil ini mempunyai luas permukaan yang besar, namun hanya sebagian kecil fraksi dari permukaan area yang dapat digunakan untuk tempat tumbuhnya bakteri aerobik.

Kelemahan lain dari media kerikil adalah masalah berat. Batu kerikil mempunyai berat jenis yang cukup besar, sehingga jika digunakan sebagai media biofilter akan memerlukan konstruksi reaktor, penyangga dan sistem pengeluaran di bagian bawah yang kuat untuk menyangga beban media. Selain itu media kerikil relatif merupakan media biofilter permanen, dan sulit untuk dipindahkan. Akibatnya biaya pemeliharaan menjadi besar dan biaya konstruksi menjadi lebih mahal. Oleh karena itu media kerikil kurang cocok untuk dipakai untuk media biofilter skala komersial. Salah satu contoh media kerikil atau batu pecah untuk media biofilter dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 : media kerikil atau batu pecah untuk media biofilter.

4.2 Fiber Mesh Pads

Ada beberapa jenis bantalan saringan serat (*fiber*) saat ini digunakan sebagai media biofilter. Bantalan ini menggunakan serat tipis menyerupai filter pendingin udara, namun dibentuk sedemikian rupa menjadi bantalan yang berat dan tebal. Bahan ini dapat berperan baik sebagai filter fisik maupun sebagai filter biologis. Beratnya cukup ringan dan mempunyai luas permukaan per unit volume yang lebih besar dibanding jenis media yang lain.

Sayangnya, bantalan kawat saringan fiber mempunyai kelemahan sama dengan media kerikil. Bahan ini mempunyai diameter celah bebas sangat kecil dan cenderung cepat tersumbat, sehingga efektifitas pengolahan berkurang. Kecenderungan penyumbatan selanjutnya diperparah oleh sulitnya proses pembersihan dan regenerasi bantalan. Umumnya bantalan saringan serat memerlukan tenaga kerja yang banyak untuk proses pembersihan.

Kelemahan lainnya pada jenis media ini adalah kesulitan pemasangan media dalam jumlah besar. Media jenis ini memerlukan penyangga tambahan agar dapat tetap dijaga dalam aliran air yang benar.

4.3 Brillo Pads

Jenis media atau packing yang sama dengan *mesh pad* adalah "*ribbon bundle*" atau packing jenis "*brillo pad*". Packing ini ringan dan relatif mempunyai luas permukaan besar dengan harga yang murah. Walaupun Ribbon tidak serapat seperti *fiber mesh pad*, namun mempunyai beberapa kekurangan sama seperti pada *mesh pads*. Salah satu kekurangan *brillo pads* adalah kekuatan mekanikalnya kecil. Tidak mungkin untuk menumpuk packing ini tanpa menekan lapisan bawah. Pada saat lapisan bawah tertekan, maka akan menahan laju alir menjadi mudah tersumbat. *Brillo pad* dan *mesh pads* kedua-duanya berhasil dalam penerapan untuk akuarium kecil, namun untuk kapasitas yang besar untuk produksi akuakultur sulit dan tidak ekonomis.

4.4 Random atau Dumped Packing

Media jenis ini ditiru dari *packing* yang digunakan pada industri kimia. Terdapat bermacam jenis yang berbeda dari cetakan plastik yang tersedia dalam berbagai luas permukaan spesifik. Media jenis ini dimasukkan secara acak ke dalam reaktor sehingga dinamakan *random packing*. Umumnya media ini mempunyai fraksi rongga yang baik dan relatif tahan terhadap penyumbatan dibandingkan *mesh pads* atau unggun kerikil. Karena setiap

bagian packing atau media dapat disesuaikan pada setiap bentuk tanki atau vessel. Beberapa contoh jenis media ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 : Beberapa contoh jenis media "Random Packing"

Media tipe *random packing* harus dipasang di atas penyangga jenis *grid* atau *screen*. *Packing* ini harus memakai wadah karena tidak mempunyai kekuatan struktur dasar. Secara umum packing random kekuatan mekanikanya relatif kecil. Seseorang tidak dapat berjalan di atas *packing* random tanpa menumpuk atau merapatkan unggun filter.

Walaupun *packing* random relatif ringan namun sulit untuk dipindahkan dari vessel besar apabila sudah terpasang. Hal ini karena untuk mengeluarkan *packing* harus dikeruk. Pembersihan harus dilakukan ditempat. Kekurangan lain *packing* random, adalah pemasangannya sulit. Apabila pemasangan unggun kurang hati-hati, terjadi beberapa hal yang tidak sesuai pada kerapatan packing di seluruh unggun. Unggun packing random akan cenderung turun dan merapat.

Kekurangan lain dari media kerikil dan *packing* random yaitu operator tidak dapat melihat apa yang terjadi dalam unggun biofilter. Sangat sulit untuk menggeser material untuk mengetahui apa yang terjadi dalam unggun. Bagian atas unggun yang terlihat beroperasi normal, sementara bagian bawah unggun tersumbat dan tidak beroperasi dengan benar.

Packing random tersedia dari bahan stainless steel, keramik, porselein dan berbagai bahan termoplastik. Pada umumnya *packing* untuk akuakultur merupakan cetakan injeksi dari PP (polypropylene) atau HDPE (*high density polyethylene*). PP dan HDPE merupakan polimer yang cukup bagus dengan ketahanan panasnya tinggi dan tahan terhadap bahan kimia.

Sayangnya banyak senyawa PP dan HDPE yang digunakan untuk *packing* tidak cukup bercampur dengan penahan ultraviolet untuk menjaga packing dari paparan sinar matahari. Masalah lain bahan polimer PP dan HDPE ini sangat hidrophobik (tidak suka air). Sifat dapat basah (*wetability*) rendah, sehingga memerlukan waktu berbulan-bulan untuk dapat basah total.

Packing random relatif merupakan media biofilter modern, salah satu kekurangannya adalah harganya relatif mahal. Cara pencetakan injeksi merupakan cara yang mahal untuk pembentukan permukaan. Media tipe random tersebut sangat baik digunakan untuk instalasi kecil karena pada sistem kecil biaya yang tinggi tidak menjadi masalah. Packing ini mudah di pasang dalam reaktor yang berbentuk silinder, dalam hal ini pemasangan tidak perlu dilakukan pemotongan atau adanya bahan yang terbuang.

4.5 Media Terstruktur (Structured Packings)

Media terstruktur dapat digunakan untuk berbagai keperluan selain biofilter. media ini memiliki semua karakteristik yang ada pada media "ideal". Media terstruktur telah digunakan pada biofilter selama lebih dari 25 tahun untuk pengolahan air buangan rumah tangga maupun air limbah industri. Salah satu jenis media terstruktur yang sering digunakan adalah media dari bahan plastik tipe sarang tawon. Salah satu contoh spesifikasi media terstruktur tipe sarang tawon dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan bentuk media dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 2 : Contoh spesifikasi media tipe sarang tawon.

Tipe	: Sarang Tawon, cross flow.
Material	: PVC
Ukuran Modul	: 30 ^{cm} x 25 ^{cm} x 30 ^{cm}
Ukuran Lubang	: 2 cm x 2 cm
Ketebalan	: 0,5 mm
Luas Spesifik	: 150 -220 m ² /m ³
Berat	: 30-35 kg/m ³
Porositas Ronga	: 0,98
Warna	: bening transparan atau Hitam

Konstruksi media terstruktur biasanya merupakan lembaran dari bahan PVC (polyvinyl chlorida) yang dibentuk secara vacuum. Pembentukan dengan cara vakum kontinyu adalah proses otomatis kecepatan tinggi yang dapat memproduksi material dalam jumlah besar. Metoda konstruksi ini memungkinkan media terstruktur diproduksi dengan harga yang lebih murah per unit luas permukaan dibandingkan pencetakan secara injeksi. PVC

relatif merupakan resin murah dengan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan PP atau HDPE. PVC pada awalnya bersifat hydrophobic namun biasanya menjadi basah atau mempunyai sifat kebasahan yang baik dalam waktu satu sampai dua minggu.



Gambar 5 : Bentuk media terstruktur tipe sarang tawon (*cross flow*) yang banyak digunakan untuk biofilter.

Lembaran-lembaran PVC disambung membentuk blok segi-empat. Beberapa media mempunyai "tube/saluran" dalam yang hanya mengalirkan sepanjang satu axis. Jenis lain dari media terstruktur yang dikenal sebagai *corrugated packing* yang memungkinkan aliran mengalir sepanjang dua axis. Hampir semua media terstruktur digunakan untuk biofilter adalah jenis aliran silang (*cross crossflow*).

Media terstruktur misalnya media tipe sarang tawon *corosflow* mempunyai luas permukaan spesifik yang bervariasi tergantung dari diameter celah bebas atau volume rongganya. Salah satu contoh media tipe sarang tawon dari bahab PVC dengan ukuran lubang 2 cm x 2 cm mempunyai luas spesifik 150 – 220 m²/m³, berat 30 – 35 kg/m³, dan porositas rongga 98 %. Selain itu mempunyai kekuatan mekanik (*mechanical strength*) yang cukup besar mencapai lebih dari 2000 lbs. per sq.ft.

5. PENUTUP

Untuk memilih jenis atau tipe media biofilter yang akan digunakan harus dikaji secara menyeluruh beberapa aspek yang berpengaruh di dalam proses biofilter baik secara teknis maupun ekonomis. Beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan antara lain luas permukaan spesifik, fraksi volume rongga, diameter celah bebas, ketahanan terhadap kebuntuan, jenis material, harga per satuan luas permukaan, kekuatan mekanik, berat media, fleksibilitas, perawatan, konsumsi energi, serta sifat dapat basah atau wetability.

Untuk mengkaji secara keseluruhan dapat dilakukan dengan cara pembobotan (*scoring*). Skoring dilakukan dengan skala 1(satu) untuk yang terburuk sampai dengan 5 (lima) untuk yang terbaik. Hasil pembobotan untuk beberapa jenis tipe media ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 : Pembobotan terhadap beberapa tipe media biofilter.

Tipe Media	A	B	C	D	E	F	G
Luas Permukaan Spesifik	5	1	5	5	5	5	5
Volume Rongga	1	1	1	1	4	5	5
Diameter celah bebas	1	3	1	1	2	2	5
Ketahanan terhadap penyumbatan	1	3	1	1	3	3	5
Material	5	5	5	5	5	5	5
Harga per satuan luas	5	3	3	5	4	1	4
Kekuatan mekanik	5	5	1	1	2	2	5
Berat media	1	1	5	5	4	5	5
Fleksibilitas	2	2	1	3	3	4	4
Perawatan	1	1	1	1	3	3	5
Konsumsi Energi	2	2	1	5	4	5	5
Sifat dapat basah	5	5	3	3	3	1	3
Total Bobot	34	32	28	36	42	41	56

Keterangan :

Bobot : 1 = Terburuk 5 = Terbaik

- A : Gravel atau kerikil kecil
- B : Garavel atau kerikil besar
- C : Mash Pad
- D : Brillo Pad
- E : Bio Ball
- F : Random Dumped
- G : Media Terstruktur (sarang tawon)

Dari hasil pembobotan tersebut dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan tipe media biofilter terstruktur misalnya tipe sarang tawon (*cross flow*) secara teknis paling baik untuk digunakan sebagai media biofilter untuk pengolahan air limbah.

Walaupun secara pembobotan tipe media terstruktur mempunyai bobot paling tinggi dibandingkan dengan tipe media yang lain artinya secara teknis mempunyai keunggulan yang paling baik, tetapi di dalam aplikasinya di lapangan perlu juga dipertimbangkan aspek ketersediaan bahan di lokasi serta kapasitas biofilter. Jika lokasinya jauh dari produsen media dan kapasitas biofilter kecil maka harga media serta biaya transportasinya akan menjadi mahal sekali sehingga menjadi tidak ekonomis. Oleh karena itu walaupun sarang tawon secara teknis mempunyai persyaratan yang paling baik, perlu dipertimbangkan pemilihan media tipe lain yang lebih sesuai dengan kondisi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvin. E. dan Harremoes. P. 1990. Concepts And Models For Biofilm Reactor Performance. pp 177-192 *dalam* Technical Advances in Biofilm Reaktors. Water Science and Technology. Bernard. J. (editor). Vol. 22. Number 1 / 2 1990. Printed In Great Britain.
- Gardy, C.P.L & Lim, H.C. (1980). Biological Wastewater Treatment: Theory & Application. New York : Marcell Dekker, Inc.
- Hikami, Sumiko., "Shinseki rosouhou ni yoru mizu shouri gijutsu (Water Treatment with Submerged Filter)", Kougyou Yousui No.411, 12,1992.
- Metcalf And Eddy, " Waste Water Engineering", Mc Graw Hill 1978.
- Sueishi T., Sumitomo H., Yamada K., dan Wada Y., " Eisei Kougaku " (Sanitary Engineering), Kajima Shuppan Kai, Tokyo, 1987.
- Viessman W, Jr., Hamer M.J., " Water Supply And Polution Control ", Harper & Row, New York,1985.