INSTALASI PENGELOLAAN AIR LIMBAH (IPAL)

Proses Pengelolaan Air Limbah secara Biologis (Biofilm): *Trickling Filter* dan *Rotating Biological Contactor* (RBC)

Afid Nurkholis¹, Amalya Suci W¹, Ardian Abdillah¹, Arum Sari Widiastuti¹, Ayu Dyah Rahma¹,
Deka Ayu Maretya¹, Gina Aprila Wangge¹, Yuli Widyaningsih¹

¹Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Email: afidnurkholis@gmail.com

Abstrak

Limbah adalah buangan yang kehadirannya tidak dikehendaki pada suatu tempat yang berada di lingkungan dan tidak mempunyai nilai ekonomi. Limbah dapat berupa cair, padat, dan gas. Tulisan ini akan membahas proses pengolahan limbah cair secara biologis yang merupakan proses tahapan pengolahan sekunder. Pengolahan limbah cair secara biologi bertujuan untuk membersihkan zat-zat organik atau mengubah zat organik yang berbahaya tersebut menjadi bentuk yang kurang/tidak berbahaya. Proses pengolahan air limbah secara biologis dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu proses biomassa tersuspensi (suspended culture), proses biomassa melekat (attached culture), dan lagoon/kolam. Tulisan ini akan membahas mengenai proses pengolahan air limbah melalui proses biomassa melekat (attached culture), yaitu trickling filter dan Rotating Biological Contactor (RBC)

Katakunci: *pengolahan limbah, kualitas air, biomassa melekat, trickling filter, Rotating Biological Contactor*

Sitasi model APA

Nurkholis, A., Rahma, A. D., Widyaningsih, Y., Maretya, D. A., Wangge, G. A.,... Abdillah, A. (2016, June 11). Proses Pengelolaan Air Limbah secara Biologis (Biofilm): Trickling Filter dan Rotating Biological Contactor (RBC). <http://doi.org/10.17605/OSF.IO/EUHNX>

I. Pendahuluan

Limbah menurut P. Gintings (2002) yaitu buangan yang kehadirannya tidak dikehendaki pada suatu tempat yang berada di lingkungan dan tidak mempunyai nilai ekonomi. Limbah ini dapat berupa cair, padat, dan gas. Limbah cair menurut PP RI No. 82 tahun 2001 adalah sisa/buangan dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair tersebut dapat berasal dari domestik dan industri. Limbah cair ini dapat diolah melalui proses tahapan yang beragam sesuai dengan kandungan polutan yang terkandung. Perbedaan kandungan polutan akan membutuhkan proses pengolahan yang berbeda pula.

Proses pengolahan limbah cair dapat diolah menggunakan teknologi yang dapat dilakukan secara fisika, kimia, biologi, dan gabungan ketiganya (Ayuningtyas, 2009). Tulisan ini akan membahas proses pengolahan limbah cair secara biologis yang merupakan proses tahapan pengolahan sekunder. Pengolahan limbah cair secara biologi bertujuan untuk membersihkan zat-zat organik atau mengubah zat organik yang berbahaya tersebut menjadi bentuk yang kurang/tidak berbahaya. Dengan kata lain zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair dapat digunakan kembali (Eckenfelder, 2000).

Proses pengolahan air limbah secara biologis dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu proses biomassa tersuspensi (*suspended culture*), proses biomassa melekat (*attached culture*), dan lagoon/kolam (Gambar 1). Tulisan ini akan membahas mengenai proses pengolahan air limbah melalui proses biomassa melekat (*attached culture*), yaitu Trickling filter dan Rotating Biological Contactor (RBC). Proses-proses tersebut dapat dilakukan dalam kondisi aerobik, anaerobik, dan kombinasi keduanya. Kondisi aerobik terdapat oksigen terlarut di dalam reaktor air limbah, sedangkan pada kondisi anaerobik yaitu dilakukan tanpa adanya oksigen, dan pada kondisi proses kombinasi aerob dan anaerob digunakan untuk menghilangkan kandungan nitrogen di dalam air limbah.

II. Tujuan

Mengetahui cara kerja pengelolaan limbah cair dengan proses Biofilm, Trickling Filter, dan Rotating Biological Contactor (RCB).

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Prinsip Proses Sistem Biofilm

Gambar 2 menunjukkan suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan air limbah dan lapisan udara yang terletak diluar. Suplay oksigen pada lapisan biofilm pada sistem ini 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 H_2S , dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar maka gas H_2S yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat (SO_4) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm.

Gambar 1. Klasifikasi Cara Pengolahan Air Limbah dengan Proses Film Mikro-Biologis (Biofilm)

Gambar 3 menunjukkan proses penghilangan amonia didalam proses biofilter. Pada zona aerobik nitrogen-ammonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat. 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.

3.1.1 Keunggulan Proses Biofilm yaitu:

- a. Pengoperasiannya mudah
- b. Lumpur yang dihasilkan sedikit
- c. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi
- d. Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun fluktuasi konsentrasi
- e. Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil

Senyawa polutan yang terdapat dalam air limbah (BOD, COD, amonia, phospor, dll akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium

Senyawa polutan akan larut menggunakan oksigen dan akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa

Gambar 2. Mekanisme Proses Metabolisme di dalam Proses dengan Sistem Biofilm

Gambar 3. Mekanisme Penghilangan Amonia dalam Proses Biofilter

3.2 Prinsip Proses Sistem Trickling Filter

Proses pengolahan Trickling Filter air limbah adalah proses pengolahan dengan cara menyebarkan air limbah ke dalam suatu tumpukan atau unggun media yang terdiri dari bahan batu pecah, bahan keramik, sisa tanur, medium dari bahan plastik atau lainnya. diagram dibawah menunjukkan proses pengolahan trickling filter:

Pada sistem Trickling Filter ini mikroorganisme berkembangbiak dan menempel pada permukaan media penyangga. Gambar 4 menunjukkan aplikasi dari sistem trickling filter dan Gambar 5 menunjukkan contoh alatnya.

Gambar 4 Mekanisme Penghilangan Amonia dalam Proses Tricking Filter

3.2.1 Tiga jenis dasar Trickling filter yang digunakan untuk:

- Pengolahan limbah perumahan atau pedesaan kecil individu
- sistem terousat untuk pengolahan limbah kota
- sistem diterapkan pada pengolahan limbah industri.

3.2.2 Kekurangan proses trickling filter yaitu:

- a. Sering timbul lalat dan bau yang berasal dari reaktor
- b. Sering terjadi pengelupasan lapisan biofilm dalam jumlah yang besar akibat perubahan beban hidrolis atau beban organik sehingga lapisan biofilm bagian dalam kurang oksigen dan suasana berubah menjadi asam

Gambar 5. Alat trickling filter

3.2.3 Solusi:

Dilakukan dengan cara menurunkan debit air limbah yang masuk ke dalam reaktor atau dengan cara melakukan aerasi di dalam bak ekualisasi untuk menaikkan konsentrasi oksigen terlarut.

3.3 Reaktor Biologis Putar (RBC)

3.3.1 Prinsip Pengolahan

RBC (Rotating Biological Contactor) merupakan adaptasi pengolahan air limbah dengan biakan melekat (attached growth).

- Media yang digunakan piring (disk) tipis dari baja, dengan $d=2-4$ m, tebal 0,8 mm
- Disk dilekatkan pada poros baja dengan $P=8$ m
- Poros kemudian diletakkan dalam tangki/ bak reaktor RBC secara seri/ paralel sesuai tujuan menjadi satu modul
- Modul diputar, hingga permukaan media secara bergantian tercelup ke dalam air limbah dan berada di atas permukaan air limbah (udara)
- Mikroorganisme akan tumbuh dengan sendirinya. Mikroorganisme ini mengambil makanan dari air limbah dan oksigen dari udara
- Tebal biofilm pada permukaan media mencapai 2-4mm bergantung beban organik dalam reaktor dan kecepatan putaran

- Beban organik yang besar menyebabkan kondisi anaerob, untuk mencapai nitrifikasi sempurna, dalam bak dipasang injeksi udara
- RBC masih tergolong baru, umumnya digunakan untuk pengolahan limbah domestik atau perkotaan.

3.3.2 Prinsip kerja

Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan RBC yaitu air limbah yang mengandung polutan organik dikontakkan dengan lapisan mikro-organisme (microbial film) yang melekat pada permukaan media di dalam reaktor. Media tempat melekatnya film biologis ini membentuk suatu modul, selanjutnya modul tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah yang mengalir secara kontinyu ke dalam reaktor tersebut.

Mikro-organisme misalnya bakteri, alga, protozoa, fungi, dan lainnya tumbuh melekat pada permukaan media yang berputar membentuk suatu lapisan yang terdiri dari mikro-organisme yang disebut biofilm (lapisan biologis). Mikro-organisme akan menguraikan atau mengambil senyawa organik yang ada dalam air serta mengambil oksigen yang larut dalam air atau dari udara untuk proses metabolismenya sehingga kandungan senyawa organik dalam air limbah berkurang. Senyawa hasil proses metabolisme mikroorganisme ini ada 2, yaitu padatan dan gas. Gas akan tersebar ke udara melalui rongga pada medium sedangkan padatan akan tertahan di lapisan biofilm dan terurai menjadi bentuk yang larut dalam air.

3.3.3 Proses Pengolahan

Pengolahan air limbah sistem RBC terdiri atas (Gambar 6):

- Bak pemisah pasir
Untuk mengendapkan kotoran berupa pasir atau lumpur kasar. Kotoran yang mengambang misalnya sampah, tertahan pada sarangan (screen) pemisah pasir tersebut.
- Bak pengendap awal
Lumpur atau padatan tersuspensi akan mengendap di bagian ini. Waktu tinggal di dalam bak pengendap awal adalah 24 jam, dan lumpur yang telah mengendap dikumpulkan dan dipompa ke bak pengendapan lumpur.
- Bak kontrol aliran
Untuk mengontrol debit air limbah, bila melebihi kapasitas, air limbah disimpan sementara dalam bak ini.

- Reaktor (RBC)

Alat untuk mengurangi senyawa organik dalam air limbah.

- Bak pengendap akhir

Untuk mengendapkan lumpur dari RBC. Air limpasan (over flow) dari bak pengendap akhir relatif sudah jernih. Lumpur yang mengendap di dasar bak dipompa ke bak pemekat lumpur bersama-sama dengan lumpur yang berasal dari bak pengendap awal.

- Bak khlorinasi

Untuk membunuh mikro-organisme patogen, Coli dan virus yang ada dalam air. Air limbah sudah boleh dibuang ke badan air.

- Unit pengolahan lumpur

Mengumpulkan lumpur dari bak pengendap awal maupun bak pengendap akhir, kemudian di pekatkan dengan cara didiamkan sekitar 25 jam, lalu lumpur yang telah pekat dipompa ke bak pengering lumpur atau ditampung pada bak tersendiri dan secara periodik dikirim ke pusat pengolahan lumpur di tempat lain.

Gambar 6. Proses Pengolahan Air Limbah Sistem RBC

3.3.4 Desain RBC

Perencanaan penggunaan RBC untuk pengolahan limbah cair harus memperhatikan:

1. Beban BOD Surface Loading

Hubungan antara beban konsentasi BOD inlet dan beban BOD terhadap efisiensi pemisahan BOD untuk air limbah domestik ditunjukkan seperti pada Tabel 3, sedangkan hubungan antara beban BOD terhadap efisiensi penghilangan BOD ditunjukkan seperti pada tabel 4.

2. Beban Hidrolik

Tabel 3 : Hubungan antara konsentrasi BOD inlet dan beban BOD untuk mendapatkan efisiensi penghilangan BOD 90 %.

Konsentrasi BOD inlet (mg/l)	Beban BOD, La (gr/m2.hari)
300	30
200	20
150	15
100	10
50	5

Sumber : Ebie Konio dan Ashidate Noriatsu " Eisei Kougaku Enshu - Jousuidou to gesuidou ", Morikita Shupan, Tokyo, 1992.]

Tabel 4: Hubungan antara konsentrasi BOD inlet dan beban BOD untuk mendapatkan efisiensi penghilangan BOD 90 %.

Beban BOD La (gr/m2.hari)	Efisiensi Penghilang BOD (%)
6	93
10	92
25	90
30	81
60	60

Sumber : Ebie Konio dan Ashidate Noriatsu " Eisei Kougaku Enshu - Jousuidou to gesuidou ", Morikita Shupan, Tokyo, 1992.

Beban hidrolik yang terlalu besar mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan menyebabkan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media mudah terkelupas.

3. Jumlah stage (tahap)

Makin banyak jumlah tahapnya efisiensi pengolahan juga makin besar. Kualitas air limbah di dalam tiap tahap akan menjadi berbeda, oleh karena itu jenis mikroorganisme pada tiap tahap umumnya juga berbeda. Keanekaragaman mikroorganisme tersebut mengakibatkan efisiensi RBC menjadi lebih besar.

4. Kecepatan putaran

Apabila kecepatan putaran lebih besar maka transfer oksigen di udara dan di dalam air limbah akan menjadi lebih besar, tetapi akan memerlukan energi yang lebih besar. Selain itu apabila kecepatan putaran terlalu cepat pembentukan lapisan mikroorganisme pada permukaan media RBC akan menjadi kurang optimal.

5. Temperatur

Sistem RBC relatif sensitif terhadap perubahan suhu. Suhu optimal untuk proses RBC berkisar antara 15 - 40 0 C. Makin tinggi temperaturnya harga $f(T)$ makin rendah. Korelasi temperatur terhadap harga $f(T)$ dapat dilihat pada Tabel 5. $F(T)$ merupakan faktor koreksi temperatur.

Tabel 5: Korelasi suhu terhadap harga $F(T)$.

Temperature (°C)	F (T)
10	0.72
15	0.48
20	0.37
30	0.2

3.3.5 Keunggulan RBC

Beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC antara lain:

1. Pengoperasian alat serta perawatannya mudah
2. Konsumsi energi lebih rendah
3. Dapat dipasang beberapa tahap (multi stage), sehingga tahan terhadap fluktuasi beban pengolahan
4. Reaksi nitrifikasi lebih mudah terjadi, sehingga efisiensi penghilangan ammonium lebih besar
5. Tidak terjadi bulking ataupun buth (foam) seperti pada proses lumput aktif

3.3.6 Kelemahan RBC

Sedangkan beberapa kelemahan dari proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC antara lain:

1. Pengontrolan jumlah mikro-organisme sulit dilakukan
2. Sensitif terhadap perubahan temperatur
3. Kadang-kadang konsentrasi BOD air olahan masih tinggi
4. Dapat menimbulkan pertumbuhan cacing rambut
5. Kadang-kadang timbul bau yang kurang busuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuningtyas, 2009. *Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD Dr. Moewardi, Surakarta*. Laporan Khusus, Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 10-11.
- Eckenfelder Jr. & Wesley W. 2000. *Industrial Water Pollution Control 3th ed*. Singapore: Mc Graw Hill Book Co.
- Ginting, P. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah*. Penerbit: Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Sholichin, Moh. Tanpa tahun. Modul IV, Pengelolaan Limbah Cair, *Pengelolaan Limbah dengan Proses Biofilm, Trickling Filter dan RCB*. Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya: Malang.