

PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN SISTEM REAKTOR BIOLOGIS PUTAR (ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR) DAN PARAMETER DISAIN

Oleh :
Nusa Idaman Said

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

Abstract

A rotating biological contactor (or RBC) is a type of fixed media filter which removes both organic matter and ammonia from water. It can be added to a packaged plant for more efficient ammonia removal, replacing the aerator in both location and function. The RBC consists of a series of rotating discs. These discs are coated with a biological slime like the slime on rocks in a healthy stream. This slime is rotated through the air and then through the wastewater so that it picks up oxygen in the air and breaks down B.O.D. in the wastewater. Since the discs rotate through the air, there is no need to pump air into the wastewater. And since the slime stays on the discs, there is no need to recycle sludge. The present study describes basic consideration of rotating biological contactor (RBC) system for wastewater treatment. The design of an RBC system must include the following consideration such as organics and surface loading criteria, staging of RBC units, peripheral velocity, temperature, effluent characteristics and secondary clarifier. The RBC system have some advantages : smaller basin, less upset, high loading rate, nitrification/de-nitrification, high tolerance, low O&M Cost, durable constructions, odorless, no noise, and stable sludge characteristics.

Kata Kunci : Reaktor biologis putar, air limbah, parameter disain.

1. PENDAHULUAN

Reaktor kontak biologis putar atau *rotating biological contactor* disingkat RBC merupakan adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan biakan melekat (*attached growth*). Media yang dipakai berupa piring (disk) tipis berbentuk bulat yang dipasang berjajar-jajar dalam suatu poros yang terbuat dari baja, selanjutnya diputar di dalam reaktor khusus dimana di dalamnya dialirkan air limbah secara kontinyu.

Media yang digunakan biasanya terdiri dari lembaran plastik dengan diameter 2 – 4 meter, dengan ketebalan 0,8 sampai beberapa milimeter. Material yang lebih tipis dapat digunakan dengan cara dibentuk bergelombang atau berombak dan ditempelkan diantara disk yang rata dan dilekatkan menjadi satu unit modul. Jarak antara dua disk yang rata berkisar antara 30 – 40 milimeter. Disk atau piring tersebut dilekatkan pada poros baja dengan panjang mencapai 8 meter, tiap poros yang sudah dipasang media diletakkan di dalam tangki atau bak reaktor RBC menjadi satu modul RBC. Beberapa modul dapat dipasang secara seri atau paralel untuk mendapatkan tingkat kualitas hasil olahan yang diharapkan.

Modul-modul tersebut diputar dalam keadaan tercelup sebagian yakni sekitar 40 %

dari diameter disk. Kira-kira 95 % dari seluruh permukaan media secara bergantian tercelup ke dalam air limbah dan berada di atas permukaan air limbah (udara). Kecepatan putaran bervariasi antara 1 – 2 RPM.

Mikro-organisme tumbuh pada permukaan media dengan sendirinya dan mengambil makanan (zat organik) di dalam air limbah dan mengambil oksigen dari udara untuk menunjang proses metabolismenya. Tebal biofilm yang terbentuk pada permukaan media dapat mencapai 2 - 4 mm tergantung dari beban organik yang masuk ke dalam reaktor serta kecepatan putarannya. Apabila beban organik terlalu besar kemungkinan terjadi kondisi anaerob dapat terjadi, oleh karena itu pada umumnya di dalam reaktor dilengkapi dengan perlengkapan injeksi udara yang diletakkan dekat dasar bak, khususnya untuk proses RBC yang terdiri dari beberapa modul yang dipasang seri.

Pada kondisi yang normal substrat karbon (zat organik) dihilangkan secara efektif pada tahap awal (stage pertama), dan proses nitrifikasi menjadi sempurna setelah tahap ke lima. Pada umumnya perencanaan sistem RBC terdiri dari 4 sampai 5 modul (tahap) yang dipasang seri untuk mendapatkan proses nitrifikasi yang sempurna.

Proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC adalah merupakan proses yang relatif baru dari seluruh proses pengolahan air limbah yang ada, oleh karena itu pengalaman dengan penggunaan skala penuh masih terbatas, dan proses ini banyak digunakan untuk pengolahan air limbah domestik atau perkotaan. Satu modul dengan diameter 3,6 meter dan panjang poros 7,6 meter mempunyai luas permukaan media mencapai 10.000 m² untuk pertumbuhan mikro-organisme. Hal ini memungkinkan sejumlah besar dari biomasa dengan air limbah dalam waktu yang relatif singkat, dan dapat tetap terjaga dalam keadaan stabil serta dapat menghasilkan hasil air olahan yang cukup baik. Resirkulasi air olahan ke dalam reaktor tidak diperlukan. Biomasa yang terkelupas biasanya merupakan biomasa yang relatif padat sehingga dapat mengendap dengan baik di dalam bak pengendapan akhir. Dengan demikian sistem RBC konsumsi energinya lebih rendah. Salah satu kelemahan dari sistem ini adalah lebih sensitif terhadap perubahan suhu.

2. PERTUMBUHAN MIKROORGANISME DI DALAM RBC

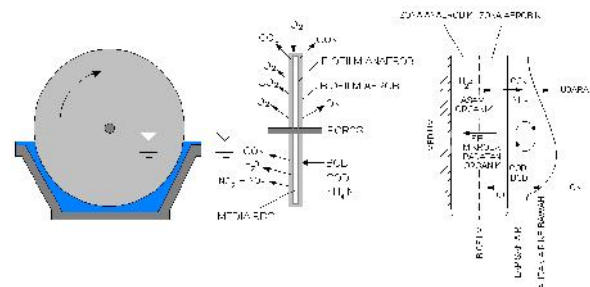
Reaktor biologis putar (*rotating biological contactor*) disingkat RBC adalah salah satu teknologi pengolahan air limbah yang mengandung polutan organik yang tinggi secara biologis dengan sistem biakan melekat (*attached culture*). Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan RBC yakni air limbah yang mengandung polutan organik dikontakkan dengan lapisan mikro-organisme (*microbial film*) yang melekat pada permukaan media di dalam suatu reaktor. Media tempat melekatnya film biologis ini berupa piringan (*disk*) dari bahan polimer atau plastik yang ringan dan disusun dari berjajar-jajar pada suatu poros sehingga membentuk suatu modul atau paket, selanjutnya modul tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah yang mengalir secara kontinyu ke dalam reaktor tersebut.

Dengan cara seperti ini mikro-organisme misalnya bakteri, alga, protozoa, fungi, dan lainnya tumbuh melekat pada permukaan media yang berputar tersebut 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.

Pada saat biofilm yang melekat pada media yang berupa piringan tipis tersebut tercelup ke dalam air limbah, mikro-organisme menyerap senyawa organik yang ada dalam air

limbah yang mengalir pada permukaan biofilm, dan pada saat biofilm berada di atas permukaan air, mikro-organisme menyerap oksigen dari udara atau oksigen yang terlarut dalam air untuk menguraikan senyawa organik. Energi hasil penguraian senyawa organik tersebut digunakan oleh mikro-organisme untuk proses perkembangan atau metabolisme. Senyawa hasil proses metabolisme mikro-organisme tersebut akan keluar dari biofilm dan terbawa oleh aliran air atau yang berupa gas akan tersebar ke udara melalui rongga-rongga yang ada pada mediumnya, sedangkan untuk padatan tersuspensi (SS) akan tertahan pada permukaan lapisan biologis (biofilm) dan akan terurai menjadi bentuk yang larut dalam air.

Pertumbuhan mikro-organisme atau biofilm tersebut makin lama semakin tebal, sampai akhirnya karena gaya beratnya sebagian akan mengelupas dari mediumnya dan terbawa aliran air keluar. Selanjutnya, mikro-organisme pada permukaan medium akan tumbuh lagi dengan sedirinya hingga terjadi kesetimbangan sesuai dengan kandungan senyawa organik yang ada dalam air limbah. Secara sederhana proses penguraian senyawa organik oleh mikro-organisme di dalam RBC dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 : Mekanisme proses penguraian senyawa organik oleh mikro-organisme di dalam RBC

Keunggulan dari sistem RBC yakni proses operasi maupun konstruksinya sederhana, kebutuhan energi relatif lebih kecil, tidak memerlukan udara dalam jumlah yang besar, lumpur yang terjadi relatif kecil dibandingkan dengan proses lumpur aktif, serta relatif tidak menimbulkan buih. Sedangkan kekurangan dari sistem RBC yakni sensitif terhadap temperatur. Dibandingkan dengan sistem lumpur aktif, sistem RBC mempunyai beberapa kelebihan seperti pada Tabel 1.

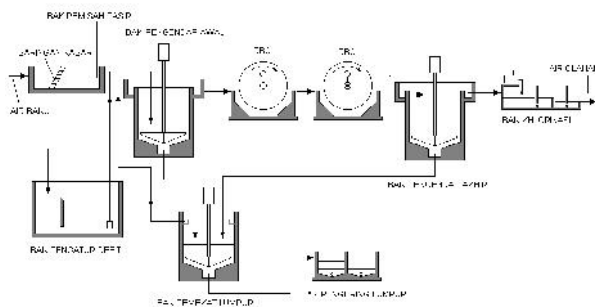
2. PROSES PENGOLAHAN

Secara garis besar proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC terdiri dari bak pemisah pasir, bak pengendap awal, bak kontrol aliran, reaktor/kontaktor biologis putar (RBC),

Bak pengendap akhir, bak khlorinasi, serta unit pengolahan lumpur. Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC adalah seperti pada Gambar 2.

Tabel 1 : Perbandingan proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC dan sistem lumpur aktif.

No	ITEM	RBC	Lumpur Aktif
1	Tipe biakan	Unggun tetap (fixed film)	Tersuspensi
2	Jenis mikroba	Bervariasi	simple
3	Konsumsi energi	Relatif Kecil	Lebih besar
4	Stabilitas terhadap fluktuasi beban	Stabil	Tidak Stabil
5	Kualitas air olahan	Kurang baik	Baik
6	Operasional dan perawatan	Mudah	Sulit
7	Konsentrasi Biomasa	Tidak terkontrol	Dapat dikontrol
8	Permasalahan yang sering terjadi	Penyumbatan (clogging)	Bulking (pertumbuhan tidak normal)
9	Fleksibilitas pengembangan	Fleksibel	Kurang fleksibel
10	Investasi awal	Relatif menguntungkan untuk kapasitas kecil atau medium	Menguntungkan untuk kapasitas besar



Gambar 2 : Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC.

2.1 Bak Pemisah pasir

Air limbah dialirkan dengan tenang ke dalam bak pemisah pasir, sehingga kotoran yang berupa pasir atau lumpur kasar dapat diendapkan. Sedangkan kotoran yang mengambang misalnya sampah, plastik, sampah kain dan lainnya tertahan pada sarangan (screen) yang dipasang pada inlet kolam pemisah pasir tersebut.

2.2 Bak Pengendap Awal

Dari bak pemisah/pengendap pasir, air limbah dialirkan ke bak pengendap awal. Di dalam bak pengendap awal ini lumpur atau padatan tersuspensi sebagian besar mengendap. Waktu tinggal di dalam bak pengendap awal adalah 2 - 4 jam, dan lumpur yang telah mengendap dikumpulkan dan dipompa ke bak pengendapan lumpur.

2.3 Bak Kontrol Aliran

Jika debit aliran air limbah melebihi kapasitas perencanaan, kelebihan debit air limbah tersebut dialirkan ke bak kontrol aliran untuk disimpan sementara. Pada waktu debit aliran turun / kecil, maka air limbah yang ada di dalam bak kontrol dipompa ke bak pengendap awal bersama-sama air limbah yang baru sesuai dengan debit yang diinginkan.

2.4 Kontaktor (reaktor) Biologis Putar

Di dalam bak kontaktor ini, media berupa piringan (disk) tipis dari bahan polimer atau plastik dengan jumlah banyak, yang dilekatkan atau dirakit pada suatu poros, diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah. Waktu tinggal di dalam bak kontaktor kira-kira 2,5 jam. Dalam kondisi demikian, mikro-organisme akan tumbuh pada permukaan media yang berputar tersebut, membentuk suatu lapisan (film) biologis. Film biologis tersebut terdiri dari berbagai jenis/spicies mikro-organisme misalnya bakteri, protozoa, fungi, dan lainnya. Mikro-organisme yang tumbuh pada permukaan media inilah yang akan menguraikan senyawa organik yang ada di dalam air limbah. Lapsian biologis tersebut makin lama makin tebal dan karena gaya beratnya akan mengelupas dengan sendirinya dan lumpur organik tersebut akan terbawa aliran air keluar. Selanjutnya laisan biologis akan tumbuh dan berkembang lagi pada permukaan media dengan sendirinya.

2.5 Bak Pengendap Akhir

Air limbah yang keluar dari bak kontaktor (reaktor) selanjutnya dialirkan ke bak pengendap akhir, dengan waktu pengendapan sekitar 1,5 - 3 jam. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang berasal dari RBC lebih mudah mengendap, karena ukurannya lebih besar dan lebih berat. Air limpasan (*over flow*) dari bak pengendap akhir relatif sudah jernih, selanjutnya dialirkan ke bak khlorinasi. Sedangkan lumpur yang mengendap di dasar bak di pompa ke bak

pemekat lumpur bersama-sama dengan lumpur yang berasal dari bak pengendap awal.

2.6 Bak Klorinasi

Air olahan atau air limpasan dari bak pengendap akhir masih mengandung bakteri coli, bakteri patogen, atau virus yang sangat berpotensi menginfeksi ke masyarakat sekitarnya. Untuk mengatasi hal tersebut, air limbah yang keluar dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak klorinasi untuk membunuh mikro-organisme patogen yang ada dalam air. Di dalam bak klorinasi, air limbah dibubuhi dengan senyawa klorine dengan dosis dan waktu kontak tertentu sehingga seluruh mikro-organisme patogennya dapat di matikan. Selanjutnya dari bak klorinasi air limbah sudah boleh dibuang ke badan air.

2.7 Bak Pemekat Lumpur

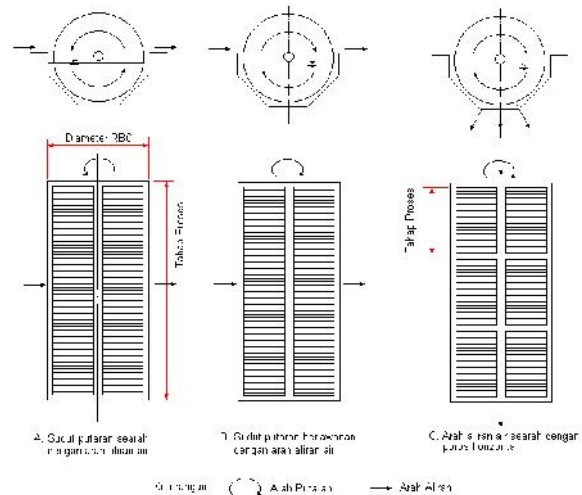
Lumpur yang berasal dari bak pengendap awal maupun bak pengendap akhir dikumpulkan di bak pemekat lumpur. Di dalam bak tersebut lumpur di aduk secara pelan kemudian di pekatkan dengan cara didiamkan sekitar 25 jam sehingga lumpurnya mengendap, selanjutnya air supernatant yang ada pada bagian atas dialirkan ke bak pengendap awal, sedangkan 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.

3. MODUL MEDIA RBC

Media RBC umumnya dibuat dari bahan plastik atau polimer yang ringan, bahan yang sering dipakai adalah poly vinyl chlorida (PVC), polystyrene, Polyethylene (PE), polypropylene (PP) dan lainnya. Bentuk yang sering digunakan adalah tipe bergelombang, plat cekung-cembung, plat datar. Disain modul media RBC biasanya dirakit menjadi bentuk yang kompak dengan luas permukaan media yang besar dan dibuat agar sirkulasi udara dapat berjalan dengan baik.

Modul media RBC tersebut dipasang tercelup sebagian di dalam reaktor. Air limbah dari bak pengendapan awal dialirkan ke dalam reaktor dengan arah aliran searah dengan sudut putaran media, arah aliran berlawanan dengan arah sudut putaran media atau arah aliran air limbah searah dengan poros horizontal. Cara pengaliran air limbah di dalam reaktor RBC secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 3. Beberapa contoh bentuk modul RBC, bentuk reaktor RBC sebelum operasi dan pada saat beroperasi ditunjukkan seperti pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 9. Salah satu contoh

instalasi pengolahan air limbah dengan proses RBC, dengan tutup reaktor untuk menghindari pengaruh suhu dingin dapat dilihat pada Gambar 10. Sedangkan beberapa contoh spesifikasi media RBC serta perusahaan pembuatnya dapat dilihat pada Tabel 2.(Lampiran).



Gambar 3 : Aliran air limbah dan arah putaran pada reaktor RBC.



Gambar 4 : Modul media RBC tipe plat bergelombang yang belum terpasang.



Gambar 5 : Bak Reaktor RBC sebelum di pasang media



Gambar 6 : Modul media RBC yang telah terpasang.



Gambar 7 : Lapisan mikro-organisme yang telah tumbuh dan melekat pada permukaan media RBC yang telah beroperasi.



Gambar 8 : Modul media RBC tipe plat datar yang belum terpasang. Produksi PASCO Co.Ltd.



Gambar 9 : Modul media RBC tipe plat datar yang telah dioperasikan. Produksi PASCO Co.Ltd.

4. PARAMETER DISAIN

Untuk merancang unit pengolahan air limbah dengan sistem RBC, beberapa parameter disain yang harus diperhatikan antara lain adalah parameter yang berhubungan dengan beban (*Loading*). Beberapa parameter tersebut antara lain :



Gambar 10 : Salah satu contoh instalasi pengolahan air limbah dengan proses RBC, dengan tutup reaktor untuk menghindari pengaruh suhu dingin.

A. Ratio volume reaktor terhadap luas permukaan media (G)

Harga G (*G Value*) adalah menunjukkan kepadatan media yang dihitung sebagai perbandingan volume reaktor dengan luas permukaan media.

$$G = (V/A) \times 10^3 \text{ (liter/m}^2\text{)} \quad (1)$$

Dimana :

V = volume efektif reaktor (m³)

A = luas permukaan media RBC (m²).

Harga G yang digunakan untuk perencanaan biasanya berkisar antara 5 – 9 liter per m².

B. Beban BOD (*BOD Surface Loading*)

$$\text{BOD}_{\text{Loading}} = L_A = (Q \times C_0) / A \quad (2)$$

(gr .BOD/m².hari)

Dimana :

Q = debit air limbah yang diolah
(m³/hari).

C₀ = Konsentrasi BOD (mg/l).

A = Luas permukaan media RBC (m²).

Beban BOD atau *BOD surface loading* yang biasa digunakan untuk perencanaan sistem RBC yakni 5 – 20 gram-BOD/m²/hari.

Hubungan antara beban konsentrasi 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.

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

Konsentrasi BOD inlet (mg/l)	Beban BOD , L _A (gr/m ² .hari)
300	30
200	20
150	15
100	10
50	5

Sumber : Ebie Kunio dan Ashidate Noriatsu, " *Eisei Kougaku Enshu – Jousuidou to gesuidou* ", Morikita Shupan, Tokyo, 1992.

Tabel 4 : Hubungan antara beban BOD dengan efisiensi penghilangan BOD untuk air limbah domestik.

Beban BOD , L _A (gr/m ² .hari)	Efisiensi Penghilangan BOD (%)
6	93
10	92
25	90
30	81
60	60

Sumber : Ebie Kunio dan Ashidate Noriatsu, " *Eisei Kougaku Enshu – Jousuidou to gesuidou* ", Morikita Shuppan, Tokyo, 1992.

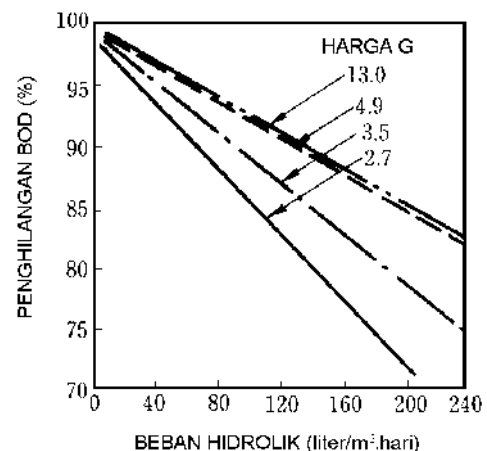
C. Beban Hidrolik (*Hydraulic Loading, HL*),

Beban hidrolik adalah jumlah air limbah yang diolah per satuan luas permukaan media per hari.

$$H_L = (Q / A) \times 1000 \quad (\text{liter/m}^2.\text{hari}) \quad (3)$$

Di dalam sistem RBC, parameter ini relatif kurang begitu penting dibanding dengan parameter beban BOD, tetapi jika beban hidrolik terlalu besar maka akan mempengaruhi pertumbuhan mikro-organisme pada permukaan media. Selain itu jika beban hidrolik terlalu besar maka mikro-organisme yang melekat pada permukaan media dapat terkelupas.

Hubungan antara harga G dan beban hidrolik terhadap efisiensi penghilangan BOD ditunjukkan seperti pada Gambar 11. Dengan beban hidrolik yang sama, makin kecil harga G efisiensi penghilangan BOD juga makin kecil. Tetapi untuk harga $G \geq 5$ hampir tidak menunjukkan pengaruh terhadap efisiensi penghilangan BOD.



Gambar 11 : Hubungan antara harga G dan beban hidrolik terhadap efisiensi penghilangan BOD.

Sumber : Ebie Kunio dan Ashidate Noriatsu, " *Eisei Kougaku Enshu – Jousuidou to gesuidou* ", Morikita Shupan, Tokyo, 1992.

D. Waktu Tinggal Rata-Rata (*Average Detention Time, T*)

$$T = (Q / V) \times 24 \quad (\text{Jam}) \quad .4)$$

$$\begin{aligned} T &= (Q / V) \times 24 \quad (5) \\ &= 24.000 \times (V/A) \times (1/H_L) \\ &= 24 G/H_L \end{aligned}$$

Dimana :

Q = debit air limbah yang diolah
($m^3/hari$).

V = volume efektif reaktor (m^3)

E. Jumlah Stage (Tahap)

Di dalam sistem RBC, Reaktor RBC dapat dibuat beberapa tahap (stage) tergantung dari kualitas air olahan yang diharapkan. 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 mikro-organisme tersebut mengakibatkan efisiensi RBC menjadi lebih besar.

F. Diameter Disk

Diameter RBC umumnya berkisar antara 1 m sampai 3,6 meter. Apabila diperlukan luas permukaan media RBC yang besar, satu unit modul RBC dengan diameter yang besar akan lebih murah dibandingkan dengan beberapa modul RBC dengan diameter yang lebih kecil, tetapi strukturnya harus kuat untuk menahan beban beratnya. Jika dilihat dari aspek jumlah tahap, dengan luas permukaan media yang sama RBC dengan diameter yang kecil dengan jumlah stage yang banyak lebih efisien dibanding dengan RBC dengan diameter besar dengan jumlah stage yang sedikit.

G. Kecepatan Putaran

Kecepatan putaran umumnya ditetapkan berdasarkan kecepatan peripheral. Biasanya untuk kecepatan peripheral berkisar antara 15 – 20 meter per menit atau kecepatan putaran 1- 2 rpm. Apabila kecepatan putaran lebih besar maka transfer oksigen dari udara di dalam air limbah akan menjadi lebih besar, tetapi akan memerlukan energi yang lebih besar. Selain itu apabila kecepatan putaran terlalu cepat pembentukan lapisan mikro-organisme pada permukaan media RBC akan menjadikuarang optimal.

H. Temperatur

Sistem RBC relatif sensitif terhadap perubahan suhu. Suhu optimal untuk proses RBC berkisar antara 15 – 40 ° C. Jika suhu terlalu dingin dapat diatasi

dengan memberikan tutup di atas reaktor RBC.

Berdasarkan hasil studi pilot plant, Popel (Jerman) mendapatkan rumus empiris terhadap luas permukaan media RBC yang dibutuhkan untuk mendapatkan efisiensi pengolahan tertentu yakni sebagai berikut :

$$A = f(A/A_w) \{0,01673 \eta^{1,4} / (1 - \eta)^{0,4}\} \times (1 - 1,24 \times 10^{-0,1114 t}) \times f(T)$$

Dimana :

A = Luas permukaan media RBC yang dibutuhkan (m^2)

A_w = Luas permukaan media RBC yang tercelup ke dalam air limbah.

η = Efisiensi pengolahan (<1)

t = waktu Tinggal di dalam reaktor RBC (jam)

T = Temperatur (°C)

$f(T)$ = Faktor koreksi Temperatur.

$f(A/A_w)$ = Perbandingan antara luas total permukaan media RBC dengan luas media RBC yang tercelup atau kontak dengan air limbah.

Makin tinggi temperturnya harga $f(T)$ makin rendah. Korelasi temperatur terhadap harga $f(T)$ dapat dilihat pada Tabel 5.

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

Temperatur (°C)	$f(T)$
10	0,72
15	0,48
20	0,37
30	0,2

Popel mendapatkan cara korelasi untuk mencari harga $f(A/A_w)$ dengan cara grafis seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12.

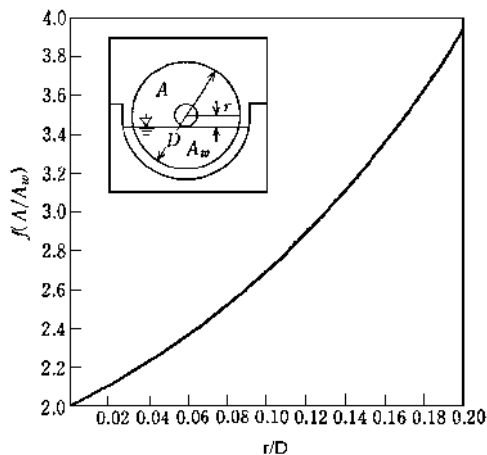
Dari gambar tersebut untuk harga r/D tertentu dapat segera diketahui harga $f(A/A_w)$. Harga r/D umumnya diambil antara 0,06 – 0,10.

5. KEUNGGULAN DAN KELEMAHAN SISTEM RBC

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

- Pengoperasian alat serta perawatannya mudah.
- Untuk kapasitas kecil / paket, dibandingkan dengan proses lumpur aktif konsumsi energi lebih rendah.
- Dapat dipasang beberapa tahap (multi stage), sehingga tahan terhadap fluktuasi beban pengolahan.

- Reaksi nitrifikasi lebih mudah terjadi, sehingga efisiensi penghilangan ammonium lebih besar.
- Tidak terjadi bulking ataupun buih (foam) seperti pada proses lumpur aktif.



Gambar 12 : Korelasi harga r/D dengan Harga $f(A/A_w)$.

Sumber : Gouda T., "Suisitsu Kougaku - Ouyouben", Maruzen kabushiki Kaisha, Tokyo, 1979

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

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

6. MASALAH YANG SERING TERJADI DI DALAM PROSES RBC

Beberapa masalah atau gangguan yang terjadi di dalam proses RBC antara lain :

1) Terjadi suasana anaerob dan gas H_2S di dalam reaktor RBC.

Indikasi yang dapat dilihat dari luar adalah ketebalan lapisan mikro-organisme di bagian inlet dan outlet sama-sama tebal, dan lapisan mikro-organisme yang melekat pada permukaan media berwarna hitam. Gangguan tersebut disebabkan karena beban hidrolik atau beban organik melebihi kapasitas disain. Penanggulangan masalah tersebut antara lain dengan cara menurunkan debit air limbah yang masuk ke dalam reaktor RBC atau melakukan aerasi di dalam bak ekualisasi sehingga jumlah oksigen terlarut bertambah sehingga diharapkan beban organik atau beban BOD diturunkan.

2) Kualitas air hasil olahan kurang baik dan lapisan mikro-organisme cepat terkelupas.

Indikasi yang dapat dilihat yakni biofilm terkelupas dari permukaan media dalam jumlah yang besar dan pertumbuhan biofilm yang melekat pada permukaan media tidak normal. Gangguan tersebut disebabkan karena terjadinya fluktuasi beban BOD yang sangat besar, perubahan pH air limbah yang tajam, serta perubahan sifat atau karakteristik limbah. Penanggulangan masalah dapat dilakukan dengan cara pengontrolan terhadap beban BOD, kontrol pH dan pengukuran konsentrasi BOD, COD serta senyawa-senyawa yang menghambat proses.

3) Terjadi kelainan pada pertumbuhan biofilm dan timbul gas H_2S dalam jumlah yang besar.

Indikasi yang terlihat adalah timbulnya lapisan biofilm pada permukaan media yang berbentuk seperti gelatin berwarna putih agak bening transparan. Jumlah oksigen terlarut lebih kecil 0,1 mg/l. sebab-sebab gangguan antara lain terjadi perubahan beban hidrolik atau beban BOD yang besar, mikro-organisme sulit mengkonsumsi oksigen, air limbah mengandung senyawa reduktor dalam jumlah yang besar, keseimbangan nutrisi kurang baik. Penanggulangan masalah dapat dilakukan dengan cara melakukan aerasi di dalam bak ekualisasi, menaikkan pH air limbah dan memperbaiki keseimbangan nutrisi.

4) Terdapat banyak gumpalan warna merah yang melayang-layang di dalam reaktor RBC

Indikasi yang nampak adalah terjadi cacing air, cacing belang secara tidak normal, dan lapisan biofilm yang tumbuh pada permukaan media sangat tipis. Gangguan tersebut disebabkan karena beban hidrolik atau beban organik (BOD) sangat kecil dibandingkan dengan kapasitas disainnya. Cara mengatasi gangguan tersebut yakni dengan cara memperbesar debit air limbah yang masuk ke dalam reaktor.

7. PENUTUP

Pengolahan air limbah sistem RBC merupakan sistem pengolahan air limbah dengan proses aerobik dengan sistem biakan melekat yang memiliki beberapa keunggulan antara lain operasionalnya mudah, konsumsi energi relatif kecil serta lumpur yang dihasilkan

sedikit. Kualitas air olahan (efluen) dengan sistem RBC umumnya relatif lebih rendah dibandingkan dengan kualitas efluén dengan sistem lumpur aktif yang dioperasikan dengan baik.

Sistem RBC umumnya kurang sesuai untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi BOD yang tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut sistem RBC dapat digabungkan dengan proses lain misalnya dengan proses lumpur aktif atau kombinasi proses anaerobik dan proses RBC.

Sistem RBC umumnya tidak memerlukan luas area yang besar, dan sangat cocok untuk kasus dimana tempat yang tersedia untuk IPAL sempit.

DAFTAR PUSTAKA

- ----, " Gesuidou Shisetsu Sekkei Shisin to Kaisetsu ", Nihon Gesuidou Kyokai, 1984.
- Ebie Kunio dan Ashidate Noriatsu, " Eisei Kougaku Enshu – Jousuidou to gesuidou ", Morikita Shupan, Tokyo, 1992.
- Fair, Gordon Maskew et.al., " Elements Of Water Supply And Waste Water Disposal", John Willey And Sons Inc., 1971.
- Gabriel Bitton. 1994. "Wastewater Microbiology", A John Wiley & Sons, INC., New York.
- Gouda T., " Suisitsu Kougaku - Ouyouben", Maruzen kabushiki Kaisha, Tokyo, 1979.
- Gouda Tekeshi . 1976. " Suisitsu Kougaku - Ouyouben", Maruzen, Tokyo.
- Ishiguro Masayoshi, " Kaiten Enban No Subete 1-5", Gekkan Mizu, bulan 5–bulan 9 Tahun 1985.
- 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 Pollution Control ", Harper & Row, New York, 1985.

LAMPIRAN :

Tabel 2 : Beberapa contoh spesifikasi media RBC serta perusahaan pembuatnya.

No	1	2	3	4	5	6
Perusahaan Spesifikasi Modul RBC	Schuler – Stengelin (Jerman Barat)	Stahler Friederick	Mecana SA (Swiss)	Ames Croster (Inggris)	Autorol Envirex.Co. (Amerika)	Claw Corpo (Amerika Serikat)
Nama Dagang	TTK (STK), RTK, FTK	Stahler- Matic ZR . SR	Mecana Bio-Spiral	Bio-Disc	Bio-Surf, Aero-Surf, Aero-tube	Enviro-disc
Diameter Disk (m)	2,0 – 5,0	3,2 – 4,3	2,0 – 3,4	1,0 – 4,0	1,2 – 4,0	2,0 – 3,6
Panjang Poros (m)	1,4 – 8,0	1,5 – 3,0	2,0 – 9,0	4,8 – 8,0	2,0 – 7,5	1,6 – 8,2
Jarak Tiap Disk (mm)	15 - 30	30	15 - 30	19	15 – 30	13 – 20
Tebal Tiap Disk (mm)	0,8 – 7,0	3.0	0,8 – 1,0	0,7	0,8 – 1,6	0,8 – 1,0
Luas Permukaan Media (m ² /Modul)	300 – 10.000	360 – 1.770	630 – 5.880	300 – 7.200	750 – 14.840	490 – 14.625
Beban Volumetrik (liter/m ²)	3,6 – 2,0	15,0 – 30,0	6,0 – 16,8	5,4 – 10,4	2,8 – 5,8	5.0 – 7,7
Bahan Media	Polystyrene, Polypropylene, Hard PVC	Polypropylene	Hard Vinyl Chloride (PVC)	Polyethylene	Polyethylene	Polyethylene
Bentuk / Tipe disc	Lempeng datar, ring	-	Lempengn datar helical	Jaring (net) datar	Plat datar	Blok cekung-cembung

Lanjutan Tabel 2 : Beberapa contoh spesifikasi media RBC serta perusahaan pembuatnya.

No	7	8	9	10	11	
Perusahaan Spesifikasi Modul RBC	EPCO Homel (Amerika Serikat)	Neptune CPC (Amerika Serikat)	TAIT Bio-Shaft (Amerika)	Asahi Engineering (Japan)	Den gyousha Kikai (Japan)	
Nama Dagang	SC-Disc	Neptune	Bio-Shaft	Bio-Trick	MI Type	MG Type
Diameter Disk (m)	2,0 – 3,6	2,6- 3,6	1,2 – 3,6	1,4 – 4,4	2,0 – 5,0	3,0 – 5,0
Panjang Poros (m)	3,0 – 7,6	2,7 – 8,0	2,7 – 7,5	2,3 – 8,5	3,0 – 8,3	3,0 – 8,0
Jarak Tiap Disk (mm)	13 – 25	20 – 45	30	25	10 - 20	10 - 20
Tebal Tiap Disk (mm)	0,8 – 1,3	0,8 – 1,2	1,0 – 1,6	5 - 7	1,5 – 2,8	1,0 – 1,8
Luas Permukaan Media (m ² /Modul)	800 – 10.800	600 – 11.200	344 – 11.400	350 - 8.800	300 – 13.000	1.500 – 19.170
Beban Volumetrik (liter/m ²)	5,6 – 8,7	5,0 – 9,0	5,2 – 8,6	6,4 – 7,8	6,3 – 10,2	4,1 – 8,2
Bahan Media	Polyethylene	Polyethylene	Polyethylene	uddorakku	FRP, Polyethylene	FRP, Polyethylene
Bentuk / Tipe Disk	Bentuk cekung-cembung segi enam	-	-	Plat Datar sudut banyak	Plat Datar, Plat Gelombang	Plat Datar, Plat Gelombang

Lanjutan Tabel 2 : Beberapa contoh spesifikasi media RBC serta perusahaan pembuatnya.

No	13	14	15	16	17	18
Perusahaan Spesifikasi Modul RBC	Kurita Kougyou	Meidensha (Japan)	Matsushita Seikou (Japan)	Nihon Koukan (Japan)	Organo (Japan)	Showa Engineering (Japan)
Nama Dagang	Bio-Block	Biorotakon	Bio-back	Bio-Tube	All Contact	Clean Disk
Diameter Disk (m)	2,0 – 4,0	2,2 – 4,5	2,2 – 3,6	1,0 – 3,2	2,0 – 5,0	1,0 – 2,4
Panjang Poros (m)	3,3 – 8,3	4,4 – 7,1	3,3 – 7,0	2,0 – 4,8	2,5 – 6,0	1,5 – 3,0
Jarak Tiap Disk (mm)	10 – 30	15 - 22	16	30 – 40	20 – 30	15 – 20
Tebal Tiap Disk (mm)	0,7 – 1,0	0,8 – 1,0	1,5 – 2,0	1,5	1,1 – 1,2	1,0 – 2,0
Luas Permukaan Media (m ² /Modul)	1000 – 12.000	300 – 9.340	450 – 4.600	320 – 6.600	1.250 – 11.200	158 – 5.000
Beban Volumetrik (liter/m ²)	6,0 – 8,0	4,3 – 6,5	4,4 – 7,9	4,1 – 10,0	4,5 – 7,0	5,0 – 7,0
Bahan Media	Hard PVC	Hard PVC	FRP	Polyethylene	Polyethylene	Hard PVC
Bentuk / Tipe Disk	Block plat gelombang	Plat cekung-cembung	Plat datar	Plat datar, pipa bulat	Plat gelombang	Block hexagonal plat gelombang

Lanjutan Tabel 2 : Beberapa contoh spesifikasi media RBC serta perusahaan pembuatnya.

No	19	20	21	22	23	24
Perusahaan Spesifikasi Modul RBC	Sekisui Kagaku Kougyou (Japan)	Shin Meiwa Kougyou (Japan)	Torei Engineering (Japan)	Yunichika (Japan)	Mitsuki Kougyou	Shochu Plastic
Nama Dagang	Esuron Meito SR SF	Hani –Rotor (Hanirouta)	Biox	Bio- Mesh	Sun RBC	Sun Loiyd (sanroido)
Diameter Disk (m)	2,4 – 5,0	1,0 – 3,0	2,4 – 4,0	2,0 – 4,0	1,7 – 3,6	2,0 – 3,6
PanjangPoros (m)	3,5 – 7,5	1,5 – 5,0	2,9 – 6,9	5,8 – 6,2	2,2 – 5,2	3,0 – 6,5
Jarak Tiap Disk (mm)	15 – 30	20 – 30	20	20	22	16 – 32
Tebal Tiap Disk (mm)	1,0 – 1,7	0,18 – 0,23	0,7	2,0	0,8 – 1,2	0,6 – 0,8
Luas Permukaan Media (m ² /Modul)	500 – 17.000	130 – 4.190	1.100 – 8.750	600 – 5.000	388 – 6.400	800 – 4.600
Beban Volumetrik (liter/m ²)	4,7 – 9,0	7,9 – 9,3	5,0 – 6,0	6,7 – 7,5	5,1 – 7,8	4,5 – 6,0
Bahan Media	Polyethylene	Hard PVC	Hard PVC	Polyethylene	Hard PVC	Hard PVC
Bentuk / Tipe Disk	Plat datar, plat gelombang	sarang tawon	Plat cekung- cembung	Jaring pada kedua permukaan	Plat gelombang Hexagonal	Senkei, plat cekung- cembung

Sumber : Ishiguro Masayoshi, “ KAITEN ENBAN NO SUBETE 1-5”, Gekkan Mizu, bulan 5 –bulan 9 Tahun 1985.