

**ROTATING BIOLOGICAL CONTRACTOR
DENGAN BENTUK CAKRAM BERGERIGI UNTUK PENYISIHAN
KANDUNGAN ORGANIK COD PADA LIMBAH TAHU**

Novirina Hendrasarie

Program Studi Teknik Lingkungan - UPN "Veteran" Jatim

Email : hendrasarie@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan utama dari penelitian ini, adalah mengembangkan RBC (Rotating Biological Contactor) yang efisien, dengan bentuk cakram bergerigi. Bentuk media yang akan dikembangkan, berbentuk tiga dimensi bergerigi, dan dibebepa bagian berbelah, sehingga kestabilan struktur tetap terjaga dan diharapkan mampu meningkatkan aerasi dan menambah luas permukaan pada cakram RBC. Dalam penelitian ini, putaran rotor ditetapkan 7 rpm, 40% cakram tercelup limbah, dan yang divariasi adalah konsentrasi COD (So) dari 810 mg/l - 6420 mg/l, dengan waktu sampling yaitu 0.7 jam, 1 jam, 1.3 jam, 1.5 jam, dan 2 jam. Didapatkan bahwa RBC dengan bentuk cakram bergerigi, telah berhasil dioperasikan dan diaplikasikan pada limbah tahu dengan variasi konsentrasi kandungan organik COD, 6420 mg/l, 5136 mg/l, 4860 mg/l, 3240 mg/l, 1620 mg/l, dan 810 mg/l. Mampu secara maksimal meremoval COD 94.67% pada HRT 2 jam di stage 3 dengan COD inlet 810 mg/l. RBC ini yang beroperasi dengan menggunakan 3 stage, didapatkan juga pada stage 2 optimal menurunkan kandungan organik dengan COD inlet 1620 mg/l (% Removal= 81.33) dan 810 mg/l (% Removal = 85.4) di HRT 2 jam, ini membuktikan bahwa efisiensi kinerja reaktor RBC media tiga dimensi bergerigi lebih besar daripada RBC dengan media dua dimensi.

Kata kunci : cakram, limbah, biofilm

PENDAHULUAN

Dalam masa akhir-akhir ini, teknik pengolahan limbah cair dengan menggunakan lapisan biologis yang permanen banyak digunakan untuk pengolahan air limbah industri dan rumah tangga. .

Dari segi pertumbuhan mikroorganismenya, pengolahan air limbah secara biologis, salah satunya dengan menggunakan sistem tersuspensi, yaitu mikroorganisme pertumbuhannya terikat pada media. Sistem ini, memerlukan media yang berfungsi sebagai penyangga pertumbuhan mikrobia. Alat-alat yang termasuk sistem ini, salah satunya adalah, *Rotating Biological Contactors (RBC)*. RBC merupakan pengolah limbah cair dengan proses aerobik, yang terdiri dari cakram-cakram yang terbuat dari PVC atau Polystyrene. Cakram-cakram ini, yang berfungsi sebagai media tumbuh mikroorganisme, yang dicelupkan kedalam

air limbah dan diputar perlahan-lahan. RBC dipilih dalam penelitian ini, karena memiliki banyak keistimewaan. Keistimewaan tersebut antara lain adalah: operasionalnya mudah, konsumsi energi sedikit, dan menghasilkan lumpur sedikit.

Media RBC didesain agar memiliki luas permukaan lapisan mikroorganisme yang besar, sehingga apabila jumlah limbah cair menjadi lebih banyak, maka biofilm akan menjadi lebih tebal dan membutuhkan luas permukaan yang lebih besar. Berdasarkan dari hal tersebut diatas, maka perlunya pengembangan teknologi media dimensi, sehingga diharapkan mampu lebih mengefisienkan kerja RBC.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efisiensi RBC dengan menggunakan cakram bergerigi dalam pengolahan limbah biologis. Diharapkan menghasilkan Reaktor Rotating Biological Contactor (RBC) yang lebih unggul, dengan efisiensi tinggi, dalam pengolahan limbah biologis. Diharapkan

menghasilkan Reaktor Rotating Biological Contactor (RBC) yang lebih unggul, dengan efisiensi tinggi, dalam pengolahan limbah.

KAJIAN PUSTAKA

RBC (*Rotating Biological Contactor*) adalah salah satu teknologi pengolahan biologis. RBC terdiri dari satu seri kontaktor berbentuk cakram yang berputar dalam wadah semi sirkuler (Gambar 1). Jarak antar kontaktor satu dengan yang lain cukup dekat dan kurang lebih 40% dari luas kontaktornya (cakram) terendam dalam air limbah.

Air limbah dimasukkan secara teratur kedalam bejana tersebut dan cakram diputar perlahan-lahan, melalui proses ini mikroorganisme akan tumbuh dan membentuk lapisan pada permukaan cakram, yang disebut, biofilm. Biofilm ini akan tumbuh dan menempel pada permukaan disc dalam bentuk lendir. Mikroorganisme inilah yang akan melakukan penguraian (*decomposition*) dan menghilangkan kandungan organik dari air limbah. Pada saat berputar bagian disc yang tercelup air akan mengadsorpsi/menguraikan zat organik yang terlarut dalam air. Pada saat kontak dengan udara biomass akan mengadsorpsi oksigen, sehingga akan tercapai kondisi aerobik. Pada gambar 2. Adalah beberapa bentuk media RBC

Berputarnya piringan juga merupakan mekanisme untuk mempertahankan biomassa dalam keadaan tersuspensi. Biomassa yang berlebih akan terbawa keluar dan diendapkan pada bak sedimentasi II. (Metcalf & Eddy, 2003).

Gambar 1. Rotating Biological Contactor (Tanaka 2008)



Gambar 1. Model Bentuk Media RBC (D'Mba, 2003 dan Said, 2005)

Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan RBC yakni air limbah yang mengandung polutan organik dikontakan dengan lapisan mikroorganisme (*microbial film*) yang melekat pada permukaan media didalam suatu reaktor. Media tempat melekatnya film biologis ini berupa piringan (*disk*) dari bahan polimer atau plastic yang ringan dan disusun dari berjajar-jajar pada suatu poros sehingga membentuk suatu modul atau paket selanjutnya diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian kedalam air limbah yang mengalir secara kontinyu maupun batch ke dalam reaktor tersebut.

Parameter yang digunakan untuk desain RBC dan berpengaruh pada *performance* RBC (Tanaka, 2008) adalah :

1. *BOD Surface Loading*
BOD surface loading adalah jumlah BOD yang dimasukkan per luas permukaan seluruh contactors per hari. Hal ini disebabkan reaksi mikroba tergantung pada organik yang ada dalam sistem.
2. *Surface Area*
 Kalau *Surface Area* lebih luas, terjadinya reaksi mikroorganisme menjadi lebih banyak
3. Kecepatan Putaran
 Putaran rotor RBC yang makin cepat, menghasilkan oksigen yang makin banyak dalam wadah RBC. Oksigen tersebut akan mendorong metabolisme mikroorganisme aerob.
4. Kapasitas memberikan oksigen terlarut
 Jika RBC punya kemampuan lebih tinggi untuk memberikan oksigen ke mikroorganisme, reaksi mikroorganisme akan menjadi berlimpah
5. Temperatur dan pH
 Reaksi mikroorganisme dipengaruhi oleh temperatur dan pH. Temperatur dimana RBC dapat dioperasikan dengan baik, adalah berkisar antara 15 – 40°C, sedangkan pH pada kisaran 7-8 (Tanaka, 2008)

Bentuk Media RBC yang digunakan dalam Penelitian ini adalah dengan bentuk media bergerigi dan berbelah. Bertujuan untuk menambah luas permukaan pada cakram RBC. Pada proses pengoperasian RBC, cara kerjanya yaitu berputar ke bawah ke daerah yang tercelup.

Di beberapa penelitian yang menggunakan konsentrasi lebih tinggi, dengan bentuk contactor konvensional, divariasi bahan media yang berbeda, bahan media polyurethane disc, COD influen 3828 mg/l, dengan HRT 1 jam, penurunan konsentrasi 23% (Coetzee et.al,2004); bahan media plastic disc, COD influen 16000 mg/l, HRT 5 hari, penurunan konsentrasi 88% (Najafpour et.al, 2005), bentuk media tabung, kinetika penurunan konsentrasi organik, penurunan COD 2000 mg/l, A/Q rasio > 1200 m²h/m³, untu 95% removal COD (Kargi&Eker, 2001).

METODE PENELITIAN

Untuk mencapai hasil penelitian yang secara konkret dapat dievaluasi, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan eksperimental dalam skala laboratorium.

Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mendesain reaktor RBC dengan media tiga dimensi, yang diaplikasikan pada limbah tahu, terdiri dari beberapa tahapan yaitu studi literatur, persiapan bahan dan alat, pengkondisian reaktor, kinerja reaktor RBC, pengolahan dan analisis data serta penyusunan laporan.

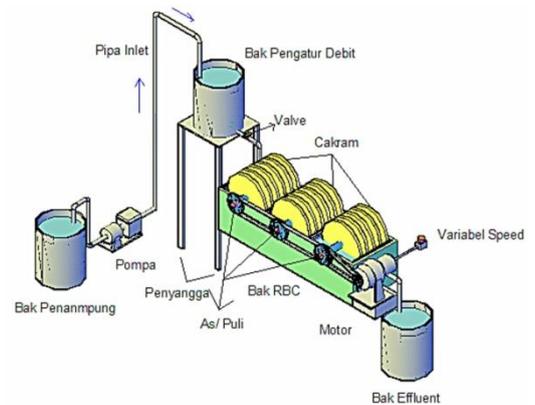
Persiapan Alat dan Bahan

1. Bahan Penelitian

- Limbah yang digunakan dalam penelitian ini, adalah limbah tahu, dengan karakteristik awal limbah tahu, yaitu :COD: 6420 mg/l, TSS: 3329 mg/l, pH: 3.65
- Bakteri yang dikembang biakkan berasal dari air limbah industri tahu itu sendiri.
- Parameter organik limbah yang akan dianalisa adalah :COD

2. Peralatan Penelitian

- Konstruksi RBC dengan cakram bergerigi, sebagai pengolah air limbah, dibuat dalam skala laboratorium,
 - Volume : 17 liter
 - Cakram terendam =40 % luas cakram, Rangkaian Konstruksi RBC media bergerigi, sebagai pengolah air limbah, dibuat dalam skala laboratorium, terdiri dari:(Gambar 5. Rangkaian Alat Penelitian)
1. Tanki penampung air limbah.
 2. Reaktor RBC
 3. Bak effluent



Gambar 2. Rangkaian Alat Penelitian

Variabel Yang Dijalankan

- a. Konsentrasi COD (S_0) = 6420 mg/l (100% limbah tahu), 5136 mg/l (80%*($S_0=6420$)), 4860mg/l (60%*($S_0=8100$ mg/l)), 3240 mg/l (40% * S_0), 1620 mg/l (20% * S_0) dan 810 mg/l (10%* S_0).
- b. Pengambilan sampel dari Reaktor RBC (waktu sampling) yaitu 0.7 jam, 1 jam, 1.3 jam, 1.5 jam, dan 2 jam.

Cara Kerja

Penelitian ini dilakukan secara dengan dua tahap penelitian, yaitu tahap pengkondisian, persiapan (seeding dan aklimatisasi) dan pengoperasian RBC. Kondisi yang harus dijaga pada saat melakukan running adalah : temperature, pH sesuai dengan air limbah tahu itu sendiri.

Pengkondisian Reaktor

Tahap ini meliputi proses seeding dan aklimatisasi. Seeding dan aklimatisasi dilakukan untuk menumbuhkan mikroorganisme yang akan digunakan untuk mendegradasi limbah. Tahap ini dilakukan agar reaktor siap digunakan untuk penyisihan beban organik,:

Seeding dilakukan untuk menumbuhkan mikroorganisme yang akan digunakan untuk mendegradasi limbah tahu. Mikroorganisme yang dikembangkan berasal dari limbah tahu itu sendiri. Langkah yang harus dilakukan adalah memberikan nutrisi mikroorganisme pada Reaktor RBC yang diisi air limbah tahu. Nutrien tersebut terdiri dari unsur kimia yaitu C:N:P dengan perbandingan 100:5:1 (Bitton 1994 dan Tanaka 2008) dengan menggunakan bahan kimia yang ada yaitu gula, urea, kalium di fosfat. Proses seeding dilakukan selama 2 minggu hingga mikroorganisme yang tumbuh pada media RBC benar-benar matang dan rata di permukaan media RBC.

Aklimatisasi bertujuan untuk mendapatkan kultur mikroorganisme yang stabil dan dapat beradaptasi dengan limbah cair. Selama aklimatisasi DO dikondisikan untuk selalu di atas 3 mg/l dan perbandingan C, N, dan P dalam limbah adalah 100, 5, dan 1 (Bitton, 1994). Apabila mikroorganisme pada Biofilm tersebut telah tumbuh dan menutupi semua area permukaan media maka dilakukan proses aklimatisasi. Selama periode aklimatisasi ini dilakukan pemeriksaan parameter organik seperti COD, TSS, pH, dan temperatur.

Tahap Pengoperasian RBC

Setelah aklimatisasi tercapai, dimana mikroorganisme diperkirakan sudah cukup mampu mengolah limbah cair maka reaktor siap untuk dioperasikan. Air limbah Industri tahu setelah diuji kandungan COD dan TSS, ditampung dalam bak penampung dengan volume yang sudah ditentukan. Kemudian dengan kondisi tetap seperti kecepatan putaran harus dijaga konstan

yaitu 7 rpm. Kemudian mulai melakukan variabel yang dirubah yaitu dengan memasukan limbah tahu dengan kandungan 120 industri COD yang telah divariasikan yaitu 6420 mg/l, 5136 mg/l, 4860 mg/l, 3240 mg/l, 1620 mg/l, 810 mg/l. Kemudian pada saat berputar bagian mikroorganisme yang tercelup air akan menguraikan zat 120 industri yang terlarut dalam air. Pada saat kontak dengan udara biomassa akan mengadsorpsi oksigen, sehingga akan tercapai kondisi aerobik.

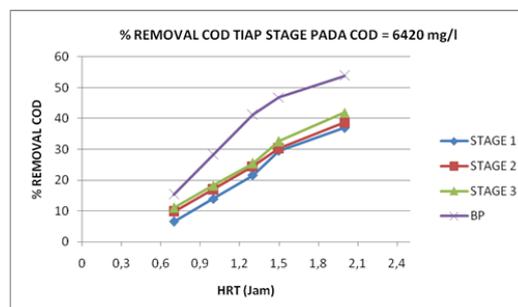
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Kemampuan penyisihan kandungan organik pada industri tahu, dengan menggunakan RBC media bergerigi dengan proses continuous, dapat ditunjukkan pada pembahasan dibawah ini.

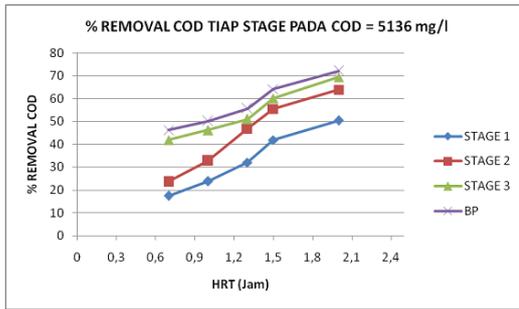
Penyisihan Parameter Organik COD Limbah Tahu Dengan Konsentrasi COD Lebih Dari 4000 mg/l

Berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa timur No. 45 Tahun 2002, baku mutu limbah cair 120 industri tahu adalah COD : 300 mg/l. Dari data penelitian tersebut dapat dilihat Tabel 4.7 variasi konsentrasi COD 6420 mg/l, 5136 mg/l, 4860 mg/l, 3240 mg/l, RBC media 3 dimensi bergerigi tidak mampu mengolah hingga sesuai baku mutu limbah cair, pada HRT < 2 jam.

Dibawah ini, pada gambar 3, 4, 5 dijelaskan prosen penurunan konsentrasi COD sebagai kandungan organik limbah tahu, berdasarkan waktu

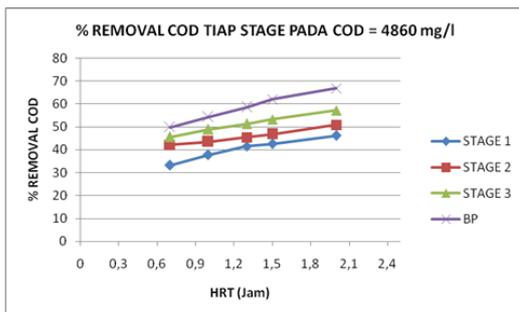


Gambar 3. Penyisihan COD, COD Input 6420 mg/l



Gambar 4. Penyisihan COD, COD Input 5136 mg/l

Efisiensi penyisihan COD pada variasi konsentrasi limbah 5136 mg/l COD, di stage 3 dan HRT 2 jam, mampu menurunkan COD 69.3%, meskipun belum memenuhi yang dipersyaratkan. Di Bak Pengendap, mampu mencapai 75.3%, nilai ini yang tertinggi dari golongan konsentrasi COD > 4000 mg/l.



Gambar 5. Penyisihan COD, Pada COD Input 4860 mg/l

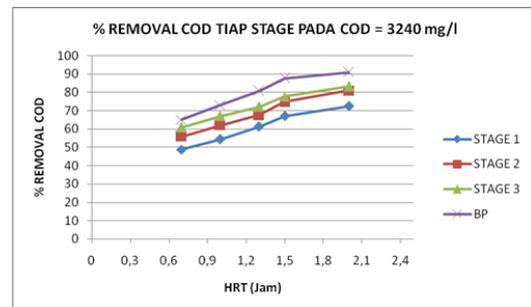
Bak pengendap ini, digunakan adalah dengan tujuan lebih mengoptimalkan penurunan kandungan organik dari RBC.

Dari grafik ditunjukkan, bahwa dari ke tiga stage pada RBC, stage 3 lebih tinggi penyisihan kandungan organiknya dibandingkan stage 1 dan 2. Hal ini dikarenakan konsentrasi organik yang tinggi, lebih membutuhkan luas permukaan cakram yang besar, untuk itu pada penelitian ini penyisihan organik di stage 3 yang terbesar karena luas permukaannya akumulasi dari 3 stage.

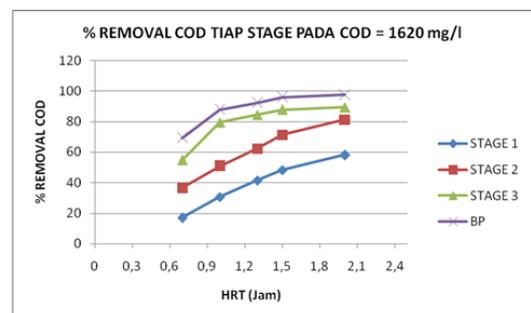
Penyisihan Parameter Organik COD Limbah Tahu, Dengan Konsentrasi COD Kurang Dari 4000 mg/l

Diwaktu sampling yaitu 0.7 jam sampai dengan 2 jam, rata-rata kandungan organik COD telah sesuai standar baku mutu, namun dari hasil data yang diperoleh penyisihan konsentrasi COD dalam waktu sampling tercepat hingga sesuai dengan baku mutu ada pada waktu 0.7 jam dengan konsentrasi awal COD yaitu 810 mg/l di stage 3 dan Bak Pengendap, dikarenakan jika konsentrasi COD pada limbah cair pada RBC 3 dimensi bergerigi besar maka mikroorganisme membutuhkan waktu yang lebih lama dalam penyisihan kandungan organik COD, dimana mikroorganisme dalam penguraiannya membutuhkan oksigen, pH dan temperatur yang sesuai habitatnya.

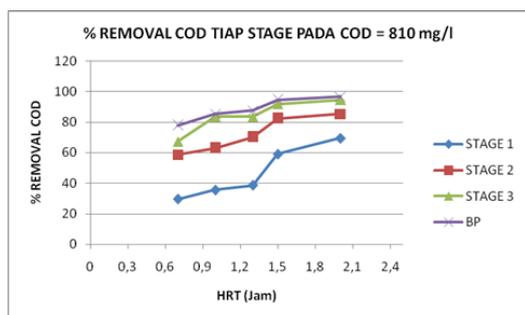
RBC media 3 dimensi bergerigi mampu menurunkan kandungan organik COD sesuai baku mutu, yaitu pada konsentrasi 1620 mg/l dan 810 mg/l dengan HRT rata-rata < 2 jam, di stage 1,2 dan 3.



Gambar 6. Penyisihan COD, COD Input 3240 mg/l



Gambar 7. Penyisihan COD, COD Input 1620 mg/l



Gambar 8. Penyisihan COD, COD Input 810 mg/l

Dari grafik didapatkan bahwa untuk konsentrasi COD < 4000 mg/l, ketiga stage pada RBC 3 dimensi bergerigi, lebih mampu menyisihkannya, dengan beberapa variasi HRT yang kurang dari 2 jam.

Dikonsentrasi COD awal 810 mg/l, stage 1 mampu menurunkan konsentrasi COD sesuai yang dipersyaratkan di HRT 2 jam, dengan penyisihan 69.41%. Sedangkan stage 2, di kisaran HRT 1.3 – 2 jam, dengan penyisihan 70.10 – 85.40 %. Stage 3 di kisaran HRT 0.7 – 2 jam, dengan penyisihan 78% - 94.67%. Sedangkan Bak Pengendap yang berfungsi lebih mengoptimalkan penyisihan kandungan organik, di HRT 0.7 – 2 jam, dengan penyisihan 80.9 – 96.52 %.

Di konsentrasi COD 1620 mg/l, stage 1 dan 2 tidak mampu menurunkan konsentrasi COD sesuai yang dipersyaratkan, di HRT < 2 jam. Sedangkan Stage 3, di kisaran HRT 1.3 – 2 jam, dengan penyisihan 84.42 – 89.36 %. Sedangkan Bak Pengendap yang berfungsi lebih mengoptimalkan penyisihan kandungan organik, di HRT 1 – 2 jam, dengan penyisihan 87.78 – 97.39 %.

Parameter Kimia Pendukung Kinerja RBC (DO, pH dan Temperatur)

Dalam Pengolahan RBC bentuk cakram bergerigi merupakan pengolahan biologis dengan mikroorganisme adalah pada kondisi aerob yaitu dengan membutuhkan oksigen terlarut untuk berkembang biak. Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa, DO di konsentrasi COD < 4000 mg/l, DO sudah terdeteksi sejak di HRT 0.7 jam, pada COD input 1620 mg/l dan 810 mg/l. Yaitu pada kisaran 1.1-1.3

Sedangkan pada COD input 3240 mg/l DO ada pada HRT 1.5 – 2 jam, dengan nilai 0.6-0.9. Fenomena ini disebabkan, mikroorganisme untuk menguraikan kandungan organik yang rendah tidak terlalu bekerja keras seperti saat menguraikan kandungan organik yang tinggi, sehingga kapasitas DO tidak habis oleh mikroorganisme. Dan penguraiannya mikroorganisme dengan masih adanya cadangan DO di limbah, hasil penyisihan kandungan organiknya juga tinggi.

Effluent limbah tahu berdasarkan baku mutu limbah cair adalah pada 6-9 yang menunjukkan pH netral. Parameter pH lingkungan media sangat mempengaruhi proses pengolahan limbah secara biologis, kisarannya antara 6,5 – 8,5. Nilai pH yang terlalu tinggi (> 8,5) akan menghambat aktivitas mikroorganisme sedangkan nilai pH di bawah 6,5 akan mengakibatkan pertumbuhan jamur dan terjadi persaingan dengan bakteri dalam metabolisme materi organik.

Sedangkan suhu, hanya diatur ruangan saat operasional ventilasi terbuka, sehingga masih ada aliran udara bebas.

Kemampuan RBC Bentuk Cakram Bergerigi, Dalam Menurunkan Kandungan Organik COD

Bentuk cakram 3 dimensi bergerigi pada RBC menyebabkan luas permukaan media menjadi lebih luas, didesain untuk lebih meningkatkan DO, yaitu dengan belahan-belahan cakram agar aliran limbah dapat menembus belahan-belahan cakram, sehingga aliran limbah lebih acak, gerigi-geriginya menyebabkan random flow di sekitar lapisan mikroorganisme, sehingga lebih efektif meningkatkan oksigen terlarut dan pada akhirnya meningkatkan kinerja alat.

Dari hasil pengoperasian RBC media 3 dimensi bergerigi, dibandingkan antara RBC media dua dimensi dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan, dengan RBC bentuk cakram bergerigi, didapatkan lebih tinggi efisiensi penyisihan kandungan organik. Hal ini, dapat dilihat pada tabel 4.

RBC bisa digunakan seluas-luasnya untuk mengolah air limbah dari berbagai industri maupun domestik. Hal yang harus

diingat adalah RBC hanyalah merupakan salah satu faktor saja dari keseluruhan proses pengolahan air limbah. Oleh karena

itu, dalam proses riil IPAL kita akan mengkombinasikan teknologi RBC dengan teknologi lain seperti koagulasi flokulasi, dan lain-lain.

Tabel 4. Perbandingan Efektifitas RBC 3D Desain RBC 2-D

Parameter Pemanding	RBC Media 2 Dimensi	Reference	RBC Media 3 Dimensi Bergerigi
COD inlet (mg/l)	2000	Kargi &Eker,2002	810 mg/l & 1620 mg/l
	3828	Coetsee et al, 2004	
	182	Kader et al, 2011	
	1100	Nitin AD et al, 2013	
Prosen Penyisihan COD	- HRT= 6 jam,stage 3 - COD removal :95%	Kargi &Eker,2002	- HRT : 2 jam, stage 3, COD removal: 89.36 % & 94.67%
	- HRT= 1jam,stage 3. - COD removal = 23%	Coetsee et al, 2004	- HRT : 2 jam,stage 2, COD removal 81.33 % & 85.4 %
	- HRT= 12 jam, - BOD removal : 96%	Kader et al, 2011	
	- HRT = 6 jam, - COD removal : 93%	Nitin AD et al, 2013	

KESIMPULAN

RBC dengan bentuk cakram bergerigi, mampu secara maksimal meremoval COD 94.67% pada HRT 2 jam di stage 3 dengan COD inlet 810 mg/l. Efisiensi penyisihan kandungan organik oleh reaktor RBC ini, selain optimal untuk COD inlet 810 mg/l, juga untuk COD inlet 1620 mg/l proses penyisihan 89.36% di HRT 2 jam di stage 3. RBC ini juga efektif bekerja di stage 2 dengan COD inlet 1620 mg/l (% Removal= 81.33) dan 810 mg/l (% Removal = 85.4) di HRT 2 jam.

Kisaran suhu pada penelitian ini pada 26 – 28°C, dengan pH 6.52 – 7.84 pH netral dan DO (Dissolved Oxygent) dari hasil penelitian maksimal 1.3.

Reaktor ini, bekerja optimal pada Organic Surface Loading (OSL) 31.78 – 127.11 g/m²,hari dan Hydraulic Loading Rate (HLR) 0.079 – 0.220 m³/m².hari, kisaran angka yang lebih besar dari kriteria yang ditetapkan, menunjukkan efisiensi kinerja reaktor lebih besar daripada RBC dengan media dua dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

AD, Nitin, et.al, 2013, *Treatment of dairy industry effluent by RBC*, International Journal of Research and Technology.

Benefield and Randall. 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*.

Kulkarni,W., et.al., 2012, *Review on Process, Application and Performance of Rotating Biological Contactor (RBC)*, Internasional Journal of Scientific and Research Publication, Volume 2, Issue

Kargi, F. And Eker, S., 2001, *Rotating Perforated Tubes Biofilm Reactor for High Strengh Waster Water Treatment*, Journal of Environmental Engineering, Vol.127, No.10.

Metcalf and Eddy. 2003. *Waste WaterEngineering Fourth Edition*. NewYork: Mc .Graw-Hill.

Mba,D., 2003, *Mechanical Evolution of The Rotating Biological Contactor into the 21st Century*, Journal of Mechanical Engineering, Vol 207

Tanaka, Nao. 2008. *Seminar Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Cair*.Yogyakarta: Pusteklim.

Halaman ini sengaja dikosongkan