



KEMAMPUAN KECEPATAN DEGRADASI KANDUNGAN ORGANIK LIMBAH TAHU DI ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR DENGAN MEMODIFIKASI BENTUK PERMUKAAN DISK

Oleh:

Novirina Hendrasarie¹⁾, Minarni Nur Trilita²⁾, Ananta Angga N¹⁾

1) Jurusan Teknik Lingkungan, UPN "Veteran" Jatim

2) Jurusan Teknik Sipil, UPN "Veteran" Jatim

Email : novirina@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Kemampuan kecepatan degradasi kandungan organik di limbah, untuk RBC menggunakan parameter Chemical Oxygen Demand (COD) surface loading (R_s) dan substrat (K_s). Eksperimen yang dilakukan secara batch process atau pada keadaan steady state kebanyakan penelitian masih dengan bentuk disk datar. Tujuan penelitian ini menentukan parameter desain COD surface loading (R_S) dan Konstanta Substrat (K_s) pada RBC bentuk disk bergerigi dan berbelah, untuk mengolah limbah tahu.

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasi konsentrasi COD pada kisaran 6420 mg/L- 1284 mg/L dan waktu sapling yaitu 6 – 30 jam. Didapatkan hasil penelitian, penyisihan konsentrasi COD terbaik sebesar 96,21% untuk COD konsentrasi 3852 mg/L dan konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) sebesar 90,96%. Temperatur dijaga antara 25°C hingga 30°C, nilai pH 6 – 8 Nilai Dissolved Oxygen (DO) 2.056 pada waktu sampling 30 jam. Nilai COD surface loading (R_c) sebesar 8.4895 gram/m² hari dan Konstanta substrat (K_s) sebesar 1107,16 mg/L.jam.

Kata kunci : rotating biological contactor, Konstanta substrat, modifikasi disk

PENDAHULUAN

Rotating Biological Contactor (RBC) merupakan salah satu pengolahan limbah secara biologis untuk menurunkan parameter organik seperti COD atau BOD dengan sistem pertumbuhan mikroorganisme dengan cara melekat atau menempel.

Banyak penelitian tentang RBC dengan berbagai material disk dan bentuk berbeda beda seperti Erliras *et al.*,(2003), meneliti tentang RBC dengan jenis material disk yaitu flexiglass, Maeraset *et al.*, (2005) jenis material disk yaitu *Polyurathane Foam Paste*, Najafpour *et al.*, 2005. Dari semua penelitian tersebut masih mengarah pada bentuk media datar. Maka dalam penelitian ini, mengembangkan disk dengan bentuk permukaan bergerigi dan berbelah karena mempunyai luas permukaan yang besar.

Pada penelitian dengan media lontak *Perforated Tubes* (Kargi, 2003) dijelaskan mengenai kinetika model matematis suatu rancangan RBC media Perforated tubes bentuk tersebut adalah bentuk konvensional. Untuk memperoleh suatu kinetika model rancangan RBC maka harus dilakukan dengan steady state. Proses *batch* inilah yang akan memperoleh suatu parameter desain utama yaitu COD surface loading dan konstanta substrat untuk RBC dengan bentuk disk bergerigi dan berbelah.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui konstanta substrat dengan menggunakan limbah tahu pada RBC dengan bentuk disk bergerigi dan berbelah untuk menyisihkan kandungan organik. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi gambaran tentang penentuan parameter desain utama yaitu COD surface loading dan konstanta substrat untuk mengetahui kecepatan reaksi COD saat didegradasi, sehingga dapat digunakan perencanaan desain kedepannya.

Limbah tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat industry tahu dirasakan dampaknya karena limbah padat industry tahu bisa dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

Limbah cair industritahu memiliki beban pencemar yang tinggi. Pencemaran limbah cair industry tahu berasal dari perendaman kedelai, air bekas pembuatan tahu dan air bekas perendaman tahu. Bekas cucian kedelai, beberapa karakteristik limbah cair industry tahu yang penting berdasarkan Metcalf & Eddy, (2003) yaitu adalah Padatan tersuspensi, Chemical Oksigen Demand (COD), Biological Oksigen Demand (BOD), Oksigen Terlarut (DO), Nitrogen (N) Total, Phosphat (P) Total dan Derajat Keasaman (pH).

RBC terdiri dari satu seri kontraktor berbentuk disk yang berputar dalam wadah semi sirkuler Jarak antar kontraktor satu dengan yang lain cukup dekat dan kurang lebih 40% dari luaskontraktornya (disk) terendam dalam air limbah. (Tanaka, 2008)

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. Akan tumbuh dan menempel pada permukaan disc dalam bentuk lendir. Mikroorganisme inilah yang akan melakukan penguraian dan menghilangkan kandungan organik dari air limbah pada saat berputar bagian disc yang tercelup air akan mengadsorpsi /menguraikan zat organik yang terlarut dalam air. Parameter yang digunakan untuk desain RBC dan berpengaruh pada performance RBC (Tanaka, 2008) adalah COD surface loading, kecepatan putaran, temperature, pH, beban hidrolis (HL), dan Konstanta Substrat (K_s).

Bentuk Media RBC yang digunakan dalam Penelitian ini adalah berbentuk bergerigi dan berbelah. Bertujuan untuk menambah luas permukaan pada cakram RBC. Pada proses pengoperasian RBC, cara kerjanya yaitu hanya memutar disk agar sesaat tercelup ke limbah, se ke bawah ke daerah yang tercelup. Berbeda dengan active sludge yang cara kerjanya ke segala arah.

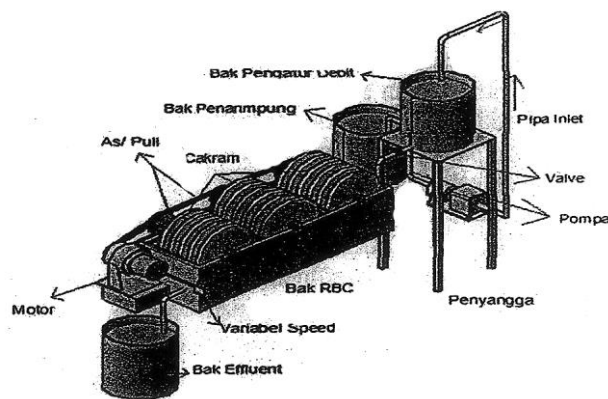
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini bakteri yang berkembangbiakkan dari air limbah industri tahu itu sendiri. Air limbah yang digunakan adalah limbah industri tahu karena konsentrasinya tinggi, dengan karakteristik awal limbah tahu yaitu COD: 6420 mg/L, TSS: 3329 mg/L, N total: 28.18 mg/L, P total: 32,95 mg/L, dan pH: 3,65, Berikut adalah gambar dari peralatan RBC dengan disk sebagai media kontak, bentuk permukaan bergerigi dan berbelah. Gambar 1. Peralatan Penelitian.

Dengan spesifikasi alat penelitian, yaitu: Reaktor RBC yang terbuat dari bahan fiber, dengan dimensi: lebar = 30 cm ; panjang 76 cm ; tinggi = 14 cm. Cakram RBC terbuat dari novotex, dengan diameter = 20 cm.

Variabel yang dijalankan adalah

- Konsentrasi COD (S_0) = 6420 mg/L(100%. S_0), 5136 mg/L (80%. S_0), 3852 mg/L (60%. S_0), 2568 mg/L (40%. S_0), 1284 mg/L (20%. S_0)
- Pengambilan sampel dari Reaktor RBC (waktu sampling) yaitu 6 jam, 12 jam, 18 jam, 18 jam, 24 jam, dan 30 jam.



Gambar 1. Peralatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara *batch process* dan dilakukan dengan tiga tahap proses, yaitu tahap seeding, aklimatisasi dan pengoperasian. Kondisi yang harus dijaga pada saat melakukan running adalah, temperature, pH sesuai dengan air limbah tahu itu sendiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

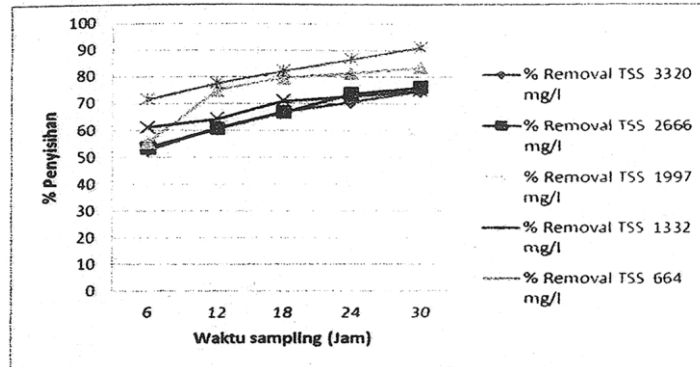
Hasil yang didapat dari penelitian ini, didapatkan nilai K_s dan R_m yang melebihi dari penelitian sejenis dengan media panel bentuk tabung (Kargi, 2003).

Penyisihan COD dan TSS

Dari hasil penelitian penurunan konsentrasi COD pada RBC media 3 dimensi bergerigi diperoleh hasil, yang dibandingkan dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 40 Tahun 2002, baku mutu limbah cair industri tahu adalah COD : 300 mg/L, TSS : 100 mg/L dan BOD₅ : 150 mg/L. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa hasil pengolahan limbah tahu, mampu memenuhi standar baku mutu limbah cair. Nilai optimal pada konsentrasi COD yaitu 5136 mg/L-1284 mg/L (penceceran 80% hingga 20% limbah tahu).

Maka dari hasil tersebut diperoleh grafik penyisihan COD pada limbah tahu, pada berbagai variasi.

Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu sampling dengan prosentase penyisihan konsentrasi COD.

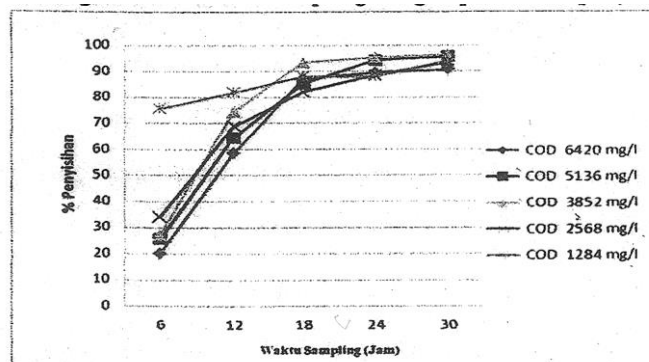


Gambar 2. Penyisihan COD Pada berbagai Variasi Konsentrasi Berdasarkan Waktu

Pada Grafik hubungan waktu sampling terhadap prosentase penyisihan konsentrasi COD dapat dilihat pengaruh waktu sampling terhadap penurunan konsentrasi COD limbah cair tahu dengan menggunakan RBC media bergerigi dan berbelah. Penurunan konsentrasi COD konsentrasi terbesar ada pada konsentrasi COD 3852 mg/L atau dengan limbah 60% dari limbah tahu itu sendiri, dengan prosentase penyisihan yaitu sebesar 96,21%. Sehingga waktu sampling yang semakin lama maka prosentase penyisihan COD juga akan semakin tinggi ini dikarenakan pada saat disk diputar, mikroorganismenya akan selalu berotasi dengan baik. Pada saat sebagian disk tidak tercelup maka akan mengontakkan mikroorganismenya dengan udara sehingga akan selalu berada pada kondisi aerob dan biofilmkan selalu menempel atau melekat. Mikroorganismenya pada kondisi aerob inilah yang akan melakukan penyisihan terhadap kandungan COD pada limbah tahu.

Untuk pengaruh penurunan konsentrasi TSS pada limbah tahu dengan penceceran limbah 20% konsentrasi TSS yaitu 644 mg/L yang diolah secara *batch process*, mampu menurunkan konsentrasi TSS dibawah baku mutu, dengan waktu sampling 24 jam yaitu 90 mg/L. dikarenakan adanya perlakuan penceceran terhadap limbah tetapi, pada penceceran limbah 80%, 60%, dan 40% penurunan konsentrasi TSS tidak sesuai baku mutu limbah cair. Hal ini disebabkan masih tingginya kandungan TSS pada limbah tahu dan adanya akumulasi pada kandungan TSS karena mikroorganismenya yang rontok akan tersuspensi dengan limbah. Maka penurunan TSS pada RBC menjadi lambat dan tidak sesuai dengan baku mutu limbah cair. Untuk itu, dibutuhkan bak pengendap 2 agar effluent sesuai dengan baku mutu limbah cair. Dibawah ini

Gambar 3. Grafik hubungna antara waktu sampling dengan prosentase penyisihan TSS.



Gambar 3. Penyisihan TSS Pada Berbagai Variasi Konsentrai Berdasarkan Waktu

Dari Grafik hubungan waktu sampling terhadap penyisihan TSS dapat dilihat bahwa, penyisihan terbesar terdapat pada pengeceran limbah 20% dengan konsentrasi TSS 664 mg/L sebesar 90,96%. Ditunjukkan pada limbah dengan konsentrasi TSS sebesar 3320 mg/L bahwa pada waktu sampling 6 jam hingga 30 jam dapat dilihat bahwa batas penyisihan maksimal konsentrasi TSS sebesar 74,51% sedangkan pada konsentrasi TSS 2666 mg/L, 1997 mg/L, dan 664 mg/L, prosen penyisihannya semakin besar yaitu sebesar 75,9%, 85,43% dan 90,96%.

Pada prosentase penyisihan TSS 1332 mg/L sebesar 74,77% prosentasenya lebih kecil dibanding pada TSS 1997 mg/L sebesar 85,43%. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi TSS 1332 mg/L mikroorganisme yang melekat pada disk lebih banyak yang rontok akibat mengalami fase kematian sehingga mikroorganisme tersuspensi pada limbah yang diolah director,

Nilai DO, pH dan Temperatur Saat Operasional

Pada Penelitian nilai DO mendekati nol pada limbah 100%, hal ini berdeda dengan limbah 80%, 60%, 40% dan 20% akibat adanya pengeceran. Ini berarti semakin besar kandungan organik pada limbah, maka oksigen terlarut pada limbah akan kecil atau tidak ada sama sekali. Hal ini karena kandungan organik yang tinggi pada limbah tahu mengalami proses stabilisasi yang dapat menyebabkan habisnya sumber oksigen alami. Dapat dilihat pada **Tabel 1**. Konsentrasi DO pada berbagai variasi ;limbah dan waktu sampling.

Table 1. Konsentrasi DO pada berbagai variasi limbah dan waktu sampling.

No.	Waktu (Jam)	Konsentrasi DO (mg/L)				
		Limbah 100%	Limbah 80%	Limbah 60%	Limbah 40%	Limbah 20%
1	6	0	0	0	0	0.94
2	12	0	0	0	0.89	1.94
3	18	0	0	0.642	0.93	3.1134
4	24	0	0	0.98	1.5	1.94
5	30	0	0.736	1.06	1.7	2.056

Effluent limbah tahu berdasarkan baku mutu limbah cair adalah 6-9 yang menunjukkan pH menjadi netral. Dari penelitian ini diperoleh pH pada limbah tahu yang dio;ah pada RBC media 3 dimensi bergerigi manjadi netral yaitu antara 6 hingga 8 yang semula kandungan pH awal yaitu 3,65.

Suhu pada limbah tahu juga dijaga antara 25-30°C, ini ditunjukan supaya dengan kondisi temperature dijaga maka bakteri yang tumbuh dan melekat pada RBC merupakan bakteri mesophilic yang hidup pada suhu 20-45°C. Limbah tahu yang awalnya bersifat asam saat mikroorganisme tumbuh maka mikroorganisme yang tumbuh adalah jenis jamur karena jamur hidup pada kondisi asam tetapi, saat kondisi pH menjadi netral bakteri akan hidup dan menempel pada media 3 dimensi bergerigi. Maka Suhu dan pH merupakan faktor penting dalam kehidupan bakteri, jamur dan mikroba yang lain.

Penentuan Rm dan Ks di RBC Dengan Disk Bergerigi dan Berbelah

Berdasarkan penyisihan konsentrasi COD, dengan proses steady state dapat ditentukan hubungan antara penurunan COD untuk penentuan *organic surface loading* (Rm) dan konstanta substrat (Ks). Untuk menentukan Kondisi konsentrasi yang optimal pada data hasil penurunan COD maka harus dilihat koefisien determinasinya (R^2) karena merupakan suatu pendekatan kebenarannya apakah data Konsentrasi COD sudah mewakili dari data keseluruhan.

Data untuk pendekatan model matematis adalah pada Konsentrasi COD 2568 mg/L dengna koefisien determinasinya (R^2) 95.9%. Sehingga data yang benar linier ada pada hasil konsentrasi COD 2.568 mg/L. Dari hasil yang telah diketahui maka menentukan perhitungan $1/R_s$ dan $1/Se$. Dibawah ini merupakan table hasil perhitungan dari $\frac{N \cdot A}{Q(S_o - S_e)}$ atau $1/R_s$ Vs $1/Se$ dengan Konsentrasi COD yaitu 2568 mg/l yang digunakan untuk penentuan parameter COD surface loading dan konstanta substrat secara matematis. Maka diplotkan kedalam hubungan kurva $1/R_s$ VS $1/SE$ dengan menggunakan analisis regresi linier untuk memperoleh slope dan intercept sebagai penentuan parameter Ks dan Kp. Dibawah ini merupakan grafik hubungan $1/COD$ surface loading Vs $1/SE$ (pengolahan data menggunakan minitab).

Dari Grafik linier diperoleh hasil intersep yaitu adalah -0,004908 dan Slope menunjukkan yaitu 0,003542. Maka $1/R_m$ adalah intersept dan K_s/R_m adalah slope

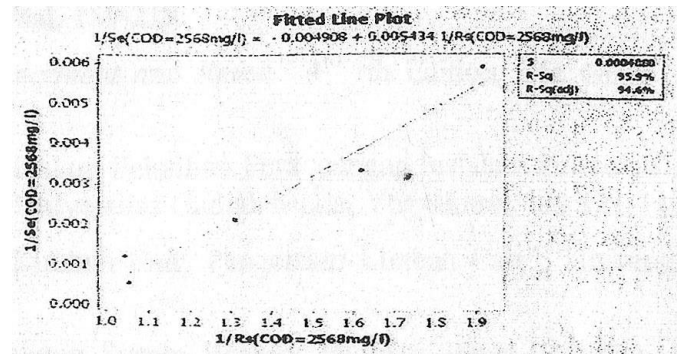
$$\frac{1}{R_m} = \text{Intersept}$$

$$\frac{1}{R_m} = 0,004908$$

$$R_m = \frac{1}{0,004908}$$

$$R_m = 203,748 \quad \text{gram/m}^2\text{jam}$$

$$R_m = 203748 \quad \text{mg/m}^2\text{jam}$$



Gambar 4. Filted Line Plot

Sehingga didapatkan nilai K_s (dari K_s/R_m) adalah 1107,16 mg/L jam. Hasil yang diperoleh berdasarkan dengan mengalikan R_m dengan Slope yang diperoleh. Maka dapat diketahui bahwa COD surface loading atau R_m yaitu 203,748 gram/m² Jam = 8,4895 gram/m² hari dan K_s yaitu = 1107,16 mg/L jam. Untuk Konstanta Subtrat yang diperoleh digunakan untuk mengetahui kemampuan kecepatan reaksi untuk mendegradasi COD pada RBC media bergerigi. Parameter desain RBC media 3 dimensi bergerigi yang telah diketahui dapat menentukan suatu perancangan untuk skala lapangan dan dapat untuk meramalkan luas permukaan suatu media 3 dimensi bergerigi. Dari hasil tersebut semakin besar Konsentrasi Subtrat maka semakin besar pula luas permukaan media. Dengan pembuktian menggunakan persamaan 2-6. Ini terlihat pada jurnal kargi 2002 dengan COD surface loading yang diperoleh adalah 5,9 g/m²jam dan K_s yaitu 260 mg/L yang menggunakan media 2 dimensi perforated tube lebih kecil dibandingkan dengan COD surface loading dengan bentuk disk bergerigi dan berbelah.

KESIMPULAN

Dari Penelitian tentang RBC dengan disk bergerigi dan berbelah, secara *batch process* dapat disimpulkan:

1. Penyisihan konsentrasi COD yang sesuai standart baku mutu limbah cair, pada waktu sampling 18 jam sebesar 93,33% dan penyisihan COD optimal hingga 96,21% pada waktu sampling 30 jam dengan konsentrasi COD 3852 mg/L.
2. Penyisihan konsentrasi TSS yang terbaik dan memenuhi baku mutu limbah cair yaitu ada pada waktu 30 jam sebesar 90,96% dengan konsentrasi 90 mg/L.
3. Kondisi pH saat operasional RBC media 3 dimensi bergerigi yaitu netral pada rata-rata 6-8, temperature dijaga 26°C-30°C dan DO tertinggi pad apencemaran limbah 20% (1264 mg/L) sebesar 3,014 mg/ L DO.
4. Parameter *COD surface loading* yang didapatkan dari hasil pengolahan RBC ini sebesar 8,4895 gram/m² hari dan konstanta substrat (K_s) adlah 1107,16 mg/L secara matematis yang dapat diaplikasikan dalam perancangan dan RBC media 3 dimensi bergerigi dilapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Departemen Pendidikan Tinggi, atas bantuannya membiayai penelitian ini, melalui program Hibah Bersaing.

DAFTAR PUSTAKA

- Angga,N., dan Hendrasarie, N., (2013), "Penyisihan Kandungan Organik Limbah Melalui Konstanta Subtrat Dengan Menggunakan Rotating Biological Contactor", Jurnal Envirotek, 5(2) pp. 9-16
- Healart, D., (2002), "Pengaruh Variasi Rasio terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawait dengan Sequencing Batch Reaktor Aerob", Teknik Lingkungan, Fakultas Tenik, Universitas Andalas
- Husin, A. (2008), "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Biofiltrasi Anaerob dalam Reaktor *Fixed-Bed*", Tesis., Universitas Sumatra Selatan, Medan.



- Hendrasarie, N., (2014) "*Determination of Organic Loading and Hydraulic Organic Loading Rate, The Rotating Geared Blade Disc Contactor, For Nitrate Containing Organic Waste*", Bali International Seminar on Science and Technology Proceeding (BISSTECH) II.
- Hendrasarie, N., (2011), *Survey of Water Quality at Surabaya River's Two Streams Confluence*, Prosiding Seminar Internasional, T.Lingkungan, ITS-Surabaya, 1 (1), pp. 1-9
- Kargi, Fikret. Dan Eker, Serkar. (200), "*Rotating-Perforated-Tubes Biologicalfilm Reaktor For high-Strength Wastewater Treatment*", J. Envir. Eng., ASCE, Vol 127, No. 10 hal 1127-1132.
- Kulkarni, Waskar V., Kore V., (2012) "*Review on Process Application and Performance of Biological Contactor (RBC)*", J. of Scientific and Research Publications, ISSN, Vol 2
- Mba, D. (2003), "*Mechanical Evolution of the Rotating Biological Contactor Info The 21st Century*", Journal of Process Mechanical Enggengering, Vol 217, Np.3, hal. 189-219.
- Metcalf and Eddy, (2004). "*waste WaterEngineering Treatment and Reuse*" 4rd rth Edition, Mc Graw-Hill Company, New York.
- Mindrayani, Aswati. (1995). "*Trickling Filter dan RBC*", Dalam Pelatihan Perancangan Instalasi Pengolah Air Limbah Industri. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Hal 121-116
- Safitri, Silfiana, (2009), "*Perencanaan Sistem Literatur Limbah Cair, Pengertian Limbah Cair, Pengertian Limbah Cair*", Universitas Indonesia, Jakarta, Hal. 8-9
- Said, Nur. Idaman. (2005). "*Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Reaktor Biologis Putar (Rotating Bio Contactor) dan Parameter Desain*", JAI Vol 1, No. 2.
- Sayekti, Wahyu. (2012), Studi Efektifitas Penurunan Kadar BOD, COD Dan NH₃ Pada Limbah Cair Rumah Sakit Dengan *Rotating Biological Contactor*, Skripsi., Universitas Brawijaya, Malang
- Suyanto, Beni (2010). "*Rancang Bangun Rotating Biolohtical Contactor (RBC) Dengan menggunakan Media Polyvinyl Chloride (PVC) Untuk Menurunkan Kadar Amoniak*", ISSN, Vol1, No.3.
- Tanaka, Nao. (2008). "*Rotating Bio Contactor*", Manual Teknologi Tepat Cuna Pengolahan Llimbah Cair., Pusteklim, Yogyakarta, hal. 121-126