

PENGARUH WAKTU REAKSI DAN WAKTU TINGGAL STABILISASI PADA SEQUENCING BATCH REACTOR AEROB DENGAN PENAMBAHAN KARBON AKTIF TERHADAP PENURUNAN CHEMICAL OXYGEN DEMAND

Mochtar Hadiwidodo^{*)}, Junaidi^{*)}

ABSTRAK

Sequencing Batch Reactor (SBR) process represent biological wastewater treatment with aerobic process used occasionally to eliminate dissolve organic materials constructively microorganism especially bacterium in course of organic degradation. Sequencing Batch Reactor(SBR)has five phase in its cycle, namely fill, react, settle, draw and iddle phase. In this study iddle phase was changed into stabilization phased where microorganism oxydize organic matter as stored materials in cell under certain aeration period of time.The objectives of this research are to know influence of time react and time stabilisation with added of Granular Active Carbon (GAC) to COD removal. In research was used reactor from plastic material with diameter 25 cm and high is 25 cm, volume of wastewater in reactor is 5 liter and volume of sludge is 35% from volume of wastewater that 1,75 liter. Waste that used was artificial waste glucose soluble with 1032.5 mg/l concentration of COD. As independent variable are react time: (0,5 ; 1; 1,5 ; 2 hours) and stabilitation time (3; 4; 5; 6 hours), if dependent variable are removal of carbon. Application of Granular Active Carbon (GAC) as absorbent, combined with suspended system of SBR, is expected to be able to remove COD better. As the result this research shows that the finest of carbon removal is occurred in time react 1 hours, andtime stabilitation 6 hours is 97.23%. COD removal with GAC better than that without GAC.

Keywords: *Sequencing Batch Reactor, Aerob, removal of carbon, stabilization, activated carbon*

PENDAHULUAN

Limbah industri sangat beragam, sesuai dengan jenis industri. Berbagai jenis industri berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair sangat diperlukan untuk mengolah limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan. Menurut Tchobanoglous, et al. (2003), proses yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah cair ini adalah pengolahan kimia, pengolahan fisik dan pengolahan biologis.

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan air buangan secara biologis dengan menggunakan Sequencing Batch Reactor (SBR) aerob. SBR merupakan suatu proses pengolahan yang bersifat siklus dan tiap siklus terdiri atas fase pengisian (fill),reaksi (react),pengendapan (settle), pengurasan (draw),dan fase idle. Dalam penelitian ini fase idle akan diaerasi selama waktu tertentu sehingga merupakan fase stabilisasi biomassa. Kemudian akan dilihat pengaruhnya terhadap kinerja SBR.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penyisihan karbon pada

SBR, jika fase *iddle* tersebut diganti menjadi fase stabilisasi. Kemudian, SBR yang sudah dimodifikasi fase *iddle* ini, ditambahkan karbon aktif yang tujuannya untuk mengetahui pengaruh karbon aktif terhadap penyisihan COD.

Pengolahan Secara Biologi

Pengolahan limbah secara biologi terutama dimaksudkan untuk menyisihkan zat-zat organik yang terlarut dan yang koloid tetapi zat organik yang tersuspensi juga dapat tersisihkan dalam proses ini (Tchobanoglous dan Burton, 1991; Droste, 1997). Bahan organik tersebut dikonversi menjadi massa mikroorganisme (biomassa) dan biomassa ini karena sifatnya mengalami biflokulasi yang dapat dipisahkan dengan pengendapan (Liao et al, 2001).

Proses lumpur aktif termasuk proses pengolahan biologi aerobik yang termasuk dalam sistem pertumbuhan tersuspensi. Dalam sistem lumpur aktif terjadi proses penyisihan zat organik dan nutrisi menggunakan mikroorganisme. Sejak sistem lumpur aktif diciptakan pertamakali oleh Arden dan Lockett (1914), berbagai

^{*)} Program Studi Teknik Lingkungan FT Undip
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

modifikasi sistem lumpur aktif telah dikembangkan, pada prinsipnya proses lumpur aktif adalah mengkontakkan air limbah dengan flok biologis dalam tangki aerasi.

Dalam sistem lumpur aktif terdapat istilah diaktifkan, yang menjadi ciri khusus yang dimiliki oleh sistem lumpur aktif. Permukaan flok sangat aktif dalam mengadsorpsi material koloid dan suspensi yang terdapat dalam larutan. Ketika flok lumpur aktif kontak dengan materi organik (air limbah) dalam tangki aerasi, akan terjadi degradasi materi organik yang disebabkan adanya fenomena biosorpsi.

Materi organik yang diadsorpsi tidak terjadi melalui proses sintesa atau oksidasi biologi, tetapi tersimpan di dalam flok lumpur aktif sebagai cadangan materi organik. Flok biomassa akan menggunakan cadangan materi organik tersebut untuk tetap hidup ketika tidak terdapat makanan / substrat di sekelilingnya. Cadangan materi organik tersebut digunakan ketika flok biologis mengalami tahap penstabilan, dimana flok biologis akan diaktifkan kembali kemampuan adsorpsinya terhadap materi organik. Proses inilah yang disebut dengan stabilisasi lumpur (Benefield dan Randall, 1980).

Sequencing Batch Reactor

Sequencing Batch Reactor (SBR) merupakan sistem pengolahan lumpur aktif dengan operasi isi (fill) dan tuang (draw) (EPA,1999). Sistem pengolahan ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem lumpur aktif (Activated sludge) konvensional karena proses equalisasi, pengolahan biologi, pengendapan tahap dua terjadi dalam satu tangki dengan sistem waktu yang berurutan. Sistem operasional SBR terdiri atas fill, react, settle, decant dan fase idle.

Irvine dan Ketchum (1989) menerangkan sistem operasional SBR secara detail adalah sebagai berikut:

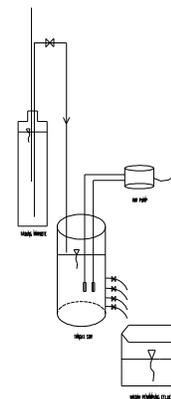
1. Fase pengisian (fill)
Pada fase ini air buangan dimasukkan ke dalam reaktor sampai mencapai volum tertentu.
2. Fase react
Pada fase ini aliran air buangan dihentikan. Proses reaksi biologi yang sudah mulai berlangsung saat proses fill akan berlangsung sempurna pada periode ini sampai proses biodegradasi BOD dan nitrogen tercapai.
3. Fase settle.

Selama fase settle, SBR berfungsi sebagai clarifier. Pada fase ini aerasi dihentikan untuk memberikan kesempatan pada biomassa untuk mengendap sehingga menghasilkan cairan supernatan yang terpisah dari lumpur. Pengendapan dapat berlangsung lebih sempurna karena kondisinya diam. Selama periode pengendapan tidak didapati adanya influen ataupun efluen pada reaktor untuk mencegah terjadinya turbulensi aliran.

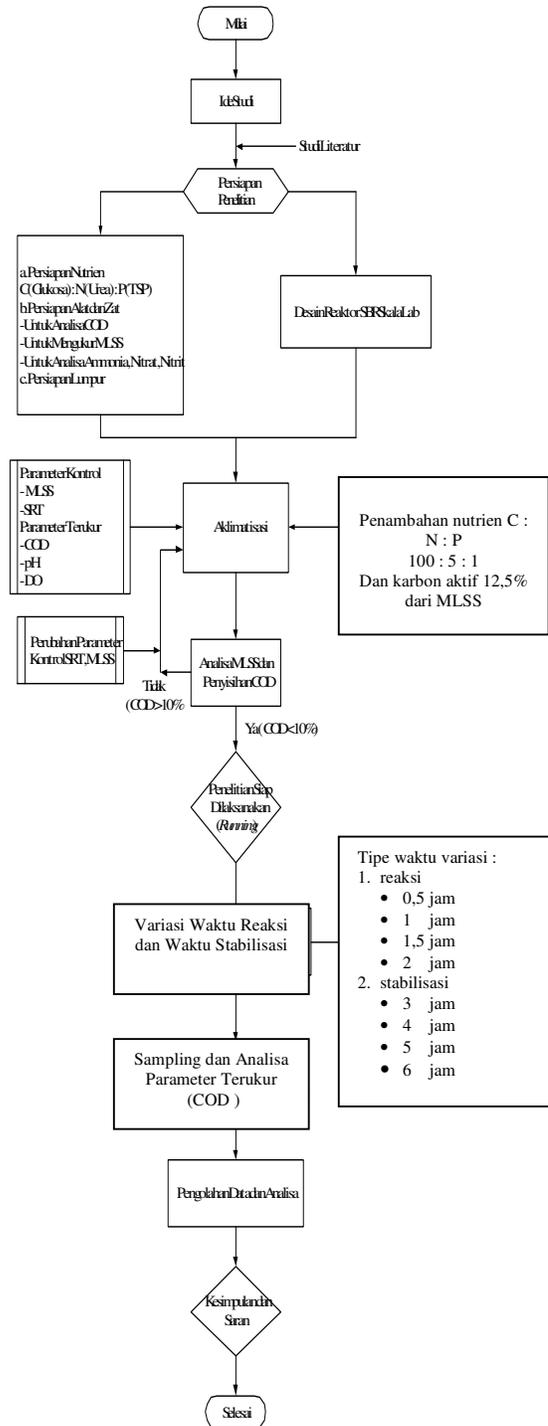
4. Fase decant
Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengeluarkan supernatan dari reaktor. Hal ini bisa dilakukan dengan pipa atau wire.. Pada fase ini effluent dikeluarkan (supernatan air limbah yang telah diolah) dan hanya menyisakan lumpur biomassa, biasanya volume liquid dalam jumlah sedikit.
5. Fase idle
Merupakan fase diam menunggu pengisian kembali. Fase idle tidak mutlak diperlukan,meskipun demikian idle kadang perlu untuk menstabilkan lumpur biomassa sebagaimana yang terjadi dalam proses kontak stabilisasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian SBR ini berskala laboratorium dimana digunakan miniatur reaktor SBR yang dilengkapi dengan aerator , pengaliran dengan sistem mariotte sebagai pengganti suplai air limbah melalui pompa, air limbah buatan/artifisial dengan komposisi glukosa (C) : urea (N) : TSP (P) = 100 : 5 : 1.



Gambar 1 Rangkaian Alat yang Digunakan dalam Penelitian



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Pengoperasian reaktor sepenuhnya dalam kondisi aerob. Keseluruhan siklus terdiri dari 5 fase yaitu *fill aerated*), *react*, *settle*, *draw*, *idle*. Dalam penelitian kali ini dilakukan variasi terhadap waktu reaksi dan waktu stabilisasi. Variasi waktu reaksi terdiri dari 0,5 ; 1 ; 1,5 ; dan 2 jam. Dan variasi waktu stabilisasinya adalah 3, 4, 5, dan 6 jam. Selama percobaan konsentrasi oksigen terlarut dijaga tetap di atas 2 mg/L dan pH dalam rentang 6-8.

Pengambilan sampel dilakukan pada diambil pada pipa Mariote untuk COD inlet dan akhir react sebagai sampel outlet.. Untuk sampel MLSS pengambilan sample dilakukan pada fase fill, react, settle, draw dan stabilisasi. Sedangkan data penunjang pengambilan dilakukan pada fase react, lumpur diendapkan sebentar dan diambil air yang jernih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Reaktor Sequencing Batch Reactor (SBR) Aerob dengan Variasi Waktu Stabilisasi dan Waktu Reaksi

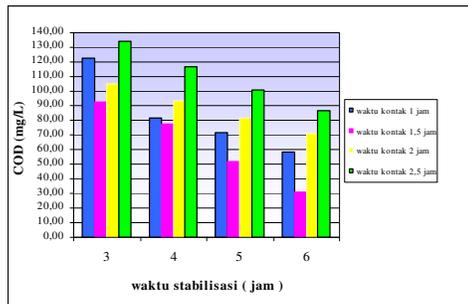
Tabel 1 Data Hasil Penelitian dengan Penambahan Karbon Aktif

Si krus	COD out-1 (mg/L)	COD out-2 (mg/L)	COD out-3 (mg/L)	rata2 COD out	COD influen (mg/L)	rata2 eff (%)
0,5:3	128	116	124	122,67	1032,5	88,12
0,5:4	86	78	82	82,00	1032,5	92,06
0,5:5	69,5	71	74	71,50	1032,5	93,08
0,5:6	58	61,5	55	58,17	1032,5	94,37
1:3	90	96,2	92	92,73	1032,5	91,02
1:4	81	75,5	76	77,50	1032,5	92,49
1:5	51,8	54	49	51,60	1032,5	95,00
1:6	30,4	34	28	30,80	1032,5	97,02
1,5:3	108	101	105	104,67	1032,5	89,86
1,5:4	91,5	93	95	93,17	1032,5	90,98
1,5:5	80	84	82	82,00	1032,5	92,06
1,5:6	71	74	68	71,00	1032,5	93,12
2:3	134	138	130	134,00	1032,5	87,02
2:4	126	110	115	117,00	1032,5	88,67
2:5	104	98	101	101,00	1032,5	90,22
2:6	82	90	87	86,33	1032,5	91,64

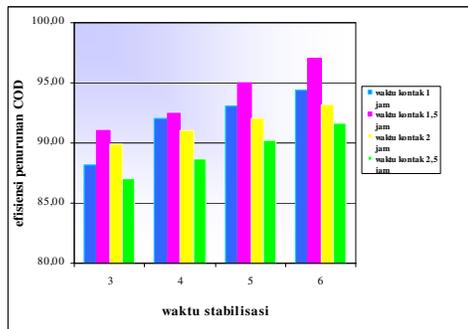
Tabel 2 Data Hasil Penelitian Penelitian Sebelumnya Tanpa Penambahan Karbon Aktif

Si khus	COD out-1 (mg/L)	COD out-2 (mg/L)	COD out-3 (mg/L)	COD out rata2	COD inf (mg/L)	Effrata 2(%)
0,5:3	140,00	160,00	120,00	140,00	1139,2	87,71
0,5:4	100,00	114,29	71,43	95,24	1139,2	91,64
0,5:5	88,89	74,07	118,52	93,83	1139,2	91,76
0,5:6	61,54	92,31	107,69	87,18	1139,2	92,35
1:3	100,00	128,57	85,71	104,76	1139,2	90,80
1:4	88,89	74,07	118,52	93,83	1139,2	91,76
1:5	57,14	85,71	42,86	61,90	1139,2	94,57
1:6	59,26	44,44	59,26	54,32	1139,2	95,23
1,5:3	181,82	163,64	145,45	163,64	1139,2	85,64
1,5:4	109,09	90,91	145,45	115,15	1139,2	89,89
1,5:5	80,00	120,00	100,00	100,00	1139,2	91,22
1,5:6	55,17	82,76	96,55	78,16	1139,2	93,14
2:3	273,68	252,63	273,68	266,67	1139,2	76,59
2:4	206,90	220,69	193,10	206,90	1139,2	81,84
2:5	157,14	171,43	128,57	152,38	1139,2	86,62
2:6	71,43	85,71	114,29	90,48	1139,2	92,06

Sumber : Diah, 2005



Gambar 3. Grafik Penurunan Konsentrasi COD Pada SBR Aerob Dengan Penambahan Karbon Aktif



Gambar 4. Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD Pada SBR Aerob Dengan Penambahan Karbon Aktif

Dari gambar 3 dan 4 terlihat bahwa pada waktu reaksi 1 jam telah terjadi penyisihan COD yang cukup tinggi, dapat dikatakan waktu reaksi 1 jam menunjukkan biosorpsi yang optimum. Pada waktu reaksi lebih dari 1,5 jam biosorpsi mengalami penurunan sedangkan mekanisme oksidasi (penyisihan materi organik) terus berlanjut. Dan dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu stabilisasi, penyisihan COD yang terjadi semakin besar. Dalam penelitian ini didapatkan hasil penyisihan COD tertinggi pada variasi waktu reaksi 1 jam dan waktu stabilisasi 6 jam yaitu sebesar 97,02 %.

Saat periode pengisian (fill) biomassa akan berada dalam kondisi kaya substrat/kaya materi organik (feast). Karena sebelum periode pengisian terjadi, biomassa telah mengalami kondisi tanpa substrat (famine) sejak akhir periode reaksi sampai ke periode stabilisasi (idle), sehingga akan terjadi degradasi materi organik yang cepat. Meskipun proses penyisihan materi organik sudah berlangsung sejak periode pengisian, namun proses penyisihan materi organik akan berlangsung sempurna pada periode reaksi.

Kondisi tersebut hampir sama dengan yang terjadi pada sistem kontak stabilisasi. Dimana pada saat periode kontak (kontak antara biomassa dengan substrat) akan terjadi degradasi materi organik yang cepat dengan waktu kontak yang singkat (0.5 – 2 jam). Penyisihan substrat secara cepat terjadi pada proses kontak karena adanya penyimpanan, baik dalam bentuk partikel flok (ketika substrat dalam bentuk koloid atau partikulat) maupun ketika substrat dalam bentuk terlarut, padatan biologis aktif mengadsorpsi zat organik tersuspensi dan zat-zat organik terlarut, dan padatan biologis aktif kemudian dipisahkan dari air limbah yang sudah diolah. Ketika lumpur direaerasi dalam proses stabilisasi, produk simpanan akan dimetabolisme dan replikasi sel terjadi yang akan digunakan kemudian untuk penyimpanan lebih banyak substrat pada tangki kontak. Mekanisme ini dikenal dengan mekanisme penyimpanan / mekanisme metabolisme (Grady, et al., 1999).

Proses modifikasi dari SBR dengan kontak stabilisasi lebih ekonomis karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan proses konvensional antara lain yaitu :

1. Ekualisasi, pengendapan tahap kedua, dan pengolahan biologis dapat dilakukan

- pada satu reaktor dengan sistem waktu yang berurutan
2. Pengoperasian yang fleksibel.
 3. Dapat diaplikasikan pada daerah dengan lahan terbatas, karena semua proses terjadi pada satu reaktor.
 4. Dapat menghemat biaya dengan mengurangi energi aerasi yang digunakan karena aerasi tidak perlu dilakukan selama 24 jam seperti slumpur aktif konvensional, untuk SBR waktu satu siklus hanya 10 jam, sehingga biaya operasional bisa ditekan

Sedangkan penambahan karbon aktif bertujuan untuk menyisihkan zat-zat yang terlarut dalam cairan. Menurut Tchobanoglous, et al. (2003), adsorpsi karbon terutama digunakan untuk menyisihkan senyawa organik yang susah diolah, dan juga dapat menyisihkan sisa senyawa anorganik seperti nitrogen, sulfida dan logam-logam berat.

Karbon aktif yang ditambahkan adalah karbon aktif granular (GAC) Sedangkan dosis optimum untuk penambahan GAC adalah sebesar 12,5 % MLSS (Sudarjanto, 1998). Karbon aktif granular digunakan karena memiliki kelebihan :

1. Memiliki berat jenis yang lebih tinggi dari air sehingga jarang sekali ikut keluar bersama effluent.
2. Memiliki daya ikat flok yang lebih kuat daripada bentuk bubuk
3. Murah, mudah diperoleh serta penggunaannya relatif praktis
4. Tidak menimbulkan banyak endapan

Pada pengoperasian secara batch, adsorbent dalam hal ini karbon aktif dikontakkan dengan cairan di dalam tangki dalam periode waktu tertentu. Sehingga karbon mampu mengadsorpsi zat-zat terlarut tersebut ke dalam celah-celah pada permukaan karbon, dan karbon aktif tersebut tidak perlu diregenerasi karena senyawa organik yang teradsorpsi pada permukaan karbon aktif menjadi makanan bagi biomassa sehingga karbon menjadi aktif kembali. (Sundstrom et al., 1979). Sementara Diah (2005) mendapatkan hasil penyisihan COD sebesar 95,23 % tanpa dilakukan penambahan karbon aktif. Sedangkan pada penelitian ini dengan penambahan karbon aktif ini penyisihan COD dapat mencapai 97,02 %.

KESIMPULAN

1. Efisiensi Penyisihan COD yang optimum terjadi pada variasi waktu reaksi 1 jam dan waktu stabilisasi 6 jam yaitu sebesar 97,02 %.
2. Penambahan karbon aktif pada SBR dapat meningkatkan penyisihan COD sebesar 2 % dari penyisihan COD tanpa penambahan karbon aktif.

SARAN

1. Perlu dilakukan pengukuran sampling untuk mengukur konsentrasi inlet dan outlet untuk setiap fase dalam satu siklus pada SBR agar diketahui kualitas atau konsentrasi yang ada sehingga diketahui proses penyisihan carbon dari awal sampai akhir.
2. Penambahan GAC untuk menyisihkan COD dapat dilakukan karena memiliki beberapa kelebihan yaitu :
 - a. Modifikasi proses dengan menggunakan sistem kombinasi fisik dan biologi, yaitu dengan memasukkan karbon aktif ke tangki SBR dapat menghasilkan efisiensi pengolahan yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa penambahan karbon aktif.
 - b. rendahnya biaya pada sistem ini adalah karena berkurangnya pemakaian karbon aktif yang ditambahkan dalam tangki aerasi. Karbon aktif tersebut tidak perlu diregenerasi, sehingga biaya operasional menjadi lebih ekonomis. Biaya yang sangat mahal untuk mengganti karbon aktif yang jenuh, dapat dialihkan untuk kebutuhan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- .
Benefield, L.D., and Randall, CW., 1980, *Biological Process Design for Wastewater Treatment*, Prentice-Hall, inc, Englewood Cliffs, Newyork
Grady, C.P.L., Daigger, G, and Lim, H, 1999, *Biological Wastewater Treatment*. Marcel Dekker, Inc, New York, NY.
Irvine, R.L. and Ketchum, L.H, 1986, *Sequencing Batch Reactor for Biological Waste water Treatment*, CRC Critical Reviews in environmental Control vol.18.

- Liao, B.Q., Allen D.G., Droppo I.G., Leppard G.G., and Liss S.S., 2001, *Surface Properties of Sludge and Their role in Bioflocculation and Settleability*, Water Research Vol 35, No.2
- Sudarjanto, 1998, *Active Carbon in Activated Sludge*, ITB Press, Bandung
- Sundstrom, Donald W. dan Herbert E. Klei, 1979, *Waste Water Treatment*, Prentice Hall Inc. Usa
- Tchobanoglous, G. and F.L Burton, 1991, *Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse*, Third Edition, McGraw – Hill Book Co., Singapore
- Tchobanoglous, G. and F.L Burton, 2003, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th Ed. McGraw-Hill.Inc., New York.
- Water Environment Association, 1987, *Microorganism and Their Role in The Activated Sludge Process*. [http:// www. College . ucla.edu/webproject](http://www.College.ucla.edu/webproject)