

UNJUK KERJA MODIFIKASI SBR AEROB TERHADAP PENYISIHAN COD

Junaidi *)

ABSTRACT

Sequencing Batch Reactor (SBR) is a modification process from activated sludge that has flexibility in its implementation. In aerobic SBR, all phase is in aerobic cycles those are filling phase, reaction phase, settling phase, drawing phase and idle phase. In this research, idle phase is modified as stabilize phase where biomass is aerated for finite time so sorption capacity of biomass back to normal. This research shows that optimum COD removal is achieved in one hour reaction time and stabilization time is 6 which is 97,02 % using active carbon and 95,23 % without active carbon. In conclusion, COD removal capabilities with GAC is better than without GAC.

Keywords: active carbon, aerobic SBR, stabilization, COD

PENDAHULUAN

Salah satu modifikasi dari proses lumpur aktif adalah Sequencing Batch Reactor (SBR). Pada awalnya SBR ini kurang berkembang karena keterbatasan dalam kontrol prosesnya. Namun saat ini perkembangan penggunaan SBR cukup besar, hal ini didukung tidak hanya perkembangan dalam kontrol proses tetapi juga karena proses ini sangat fleksibel dalam aplikasinya. Pada awalnya SBR memiliki lima fase dalam siklusnya, yaitu fase pengisian (*fill*), reaksi (*react*), pengendapan (*settle*), pengurasan (*draw*), dan fase *idle*.

Pada penelitian ini fase *idle* diubah menjadi fase stabilisasi sehingga seperti proses kontak stabilisasi yang batch. Juga akan dilihat pengaruh penambahan karbon aktif. Selanjutnya akan dilihat pengaruhnya terhadap kinerja SBR dalam menurunkan COD. Penelitian ini bertujuan 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 modifikasi sistem lumpur aktif telah dikembangkan. Pada prinsipnya proses lumpur aktif adalah mengkontakkan air limbah dengan massa biologi (biomassa) dalam tangki aerasi, kemudian mengendapkan biomassa dalam tangki pengendap.

Biomassa dalam sistem lumpur aktif memiliki kemampuan mengadsorpsi zat organik dalam bentuk koloid dan suspensi dalam air limbah. Ketika flok lumpur aktif kontak dengan materi organik (air limbah) akan terjadi proses biosorpsi materi organik tersebut. Materi organik yang diadsorpsi tidak terjadi melalui proses sintesa atau oksidasi biologi, tetapi tersimpan sebagai cadangan makanan. Flok biomassa akan menggunakan cadangan materi organik tersebut untuk tetap hidup ketika tidak terdapat makanan / substrat di sekelilingnya.

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

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

SBR (Sequencing Batch Reactor) 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 lainnya 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 reaksi (*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 pengendapan (*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 pengurasan (*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*

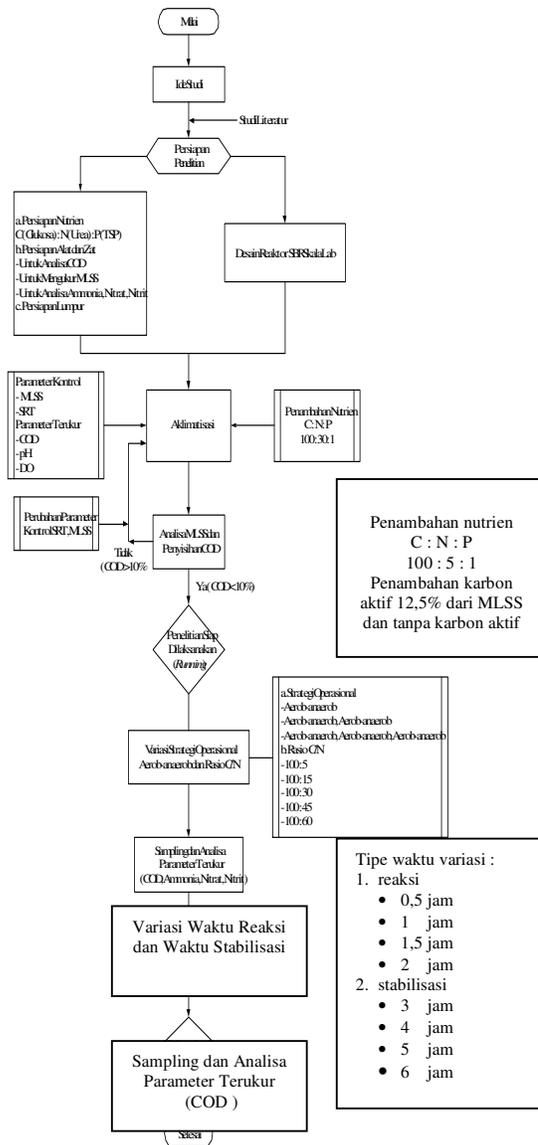
Merupakan fase diam menunggu pengisian kembali. Fase *idle* tidak mutlak diperlukan, meskipun demikian *idle* kadang perlu untuk menstabilkan lumpur biomassa sebagaimana yang terjadi dalam proses kontak stabilisasi.

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.

Pengoperasian reaktor sepenuhnya dalam kondisi aerob. Keseluruhan siklus terdiri dari 5 fase yaitu *fill (fill aerated)*, *react*, *settle*, *draw*, dan stabilisasi. 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. Sementara fase lainnya tetap, yaitu fase *fill* 0,5 jam, fase *settle* 1 jam dan fase *draw* 0,5 jam. Selama percobaan konsentrasi oksigen terlarut dijaga tetap di atas 2 mg/L dan pH dalam rentang 6-8. Penambahan karbon aktif sebesar 12,5 % dari MLSS dan dilakukan sekali saja

Pengambilan sampel dilakukan pada efluen pipa Mariotte 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 lainnya seperti pH, DO, dan temperatur pengambilan dilakukan pada fase *react*, lumpur diendapkan sebentar dan diambil air yang jernih.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

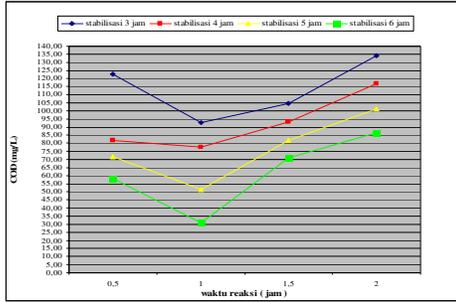
Tabel 1. Data Hasil Penelitian Dengan Penambahan Karbon Aktif

Si klus	COD out-1 (mg/L)	COD out-2 (mg/L)	COD out-3 (mg/L)	rata2 COD out	COD influen (mg/L)	rata2 eff (%)	pH	T
0,5:3	128	116	124	122,67	1032,5	88,12	7,1	27
0,5:4	86	78	82	82,00	1032,5	92,06	6,9	26
0,5:5	69,5	71	74	71,50	1032,5	93,08	6,9	27
0,5:6	58	61,5	55	58,17	1032,5	94,37	7	26
1:3	90	96,2	92	92,73	1032,5	91,02	7,2	26
1:4	81	75,5	76	77,50	1032,5	92,49	6,8	28
1:5	51,8	54	49	51,60	1032,5	95,00	7,3	26
1:6	30,4	34	28	30,80	1032,5	97,02	7	26
1,5:3	108	101	105	104,67	1032,5	89,86	7	27
1,5:4	91,5	93	95	93,17	1032,5	90,98	7,2	26
1,5:5	80	84	82	82,00	1032,5	92,06	7,1	28
1,5:6	71	74	68	71,00	1032,5	93,12	7	26
2:3	134	138	130	134,00	1032,5	87,02	7	27
2:4	126	110	115	117,00	1032,5	88,67	6,8	26
2:5	104	98	101	101,00	1032,5	90,22	7,4	27
2:6	82	90	87	86,33	1032,5	91,64	6,9	26

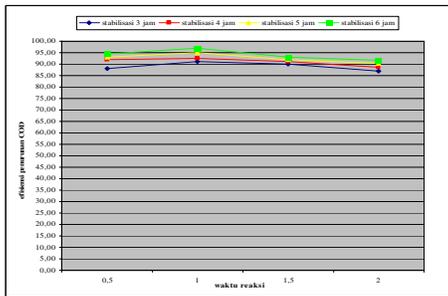
Tabel 2 Data Hasil Penelitian Tanpa Penambahan Karbon Aktif

Si klus	COD out-1 (mg/L)	COD out-2 (mg/L)	COD out-3 (mg/L)	COD out rata2	COD inf (mg/L)	eff rata2(%)	pH	T
0,5:3	140,00	160,00	120,00	140,00	1139,2	87,71	6,9	26
0,5:4	100,00	114,29	71,43	95,24	1139,2	91,64	7	27
0,5:5	88,89	74,07	118,52	93,83	1139,2	91,76	6,8	26
0,5:6	61,54	92,31	107,69	87,18	1139,2	92,35	7	26
1:3	100,00	128,57	85,71	104,76	1139,2	90,80	7,2	26
1:4	88,89	74,07	118,52	93,83	1139,2	91,76	7	28
1:5	57,14	85,71	42,86	61,90	1139,2	94,57	6,8	28
1:6	59,26	44,44	59,26	54,32	1139,2	95,23	6,9	28
1,5:3	181,82	163,64	145,45	163,64	1139,2	85,64	7	26
1,5:4	109,09	90,91	145,45	115,15	1139,2	89,89	7,1	26
1,5:5	80,00	120,00	100,00	100,00	1139,2	91,22	6,8	27
1,5:6	55,17	82,76	96,55	78,16	1139,2	93,14	6,8	27
2:3	273,68	252,63	273,68	266,67	1139,2	76,59	6,6	28
2:4	206,90	220,69	193,10	206,90	1139,2	81,84	7,1	26
2:5	157,14	171,43	128,57	152,38	1139,2	86,62	7	26
2:6	71,43	85,71	114,29	90,48	1139,2	92,06	6,8	27

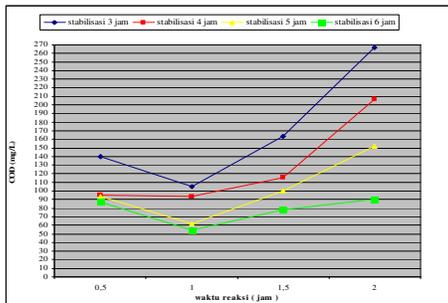
Sumber: Diah, 2005



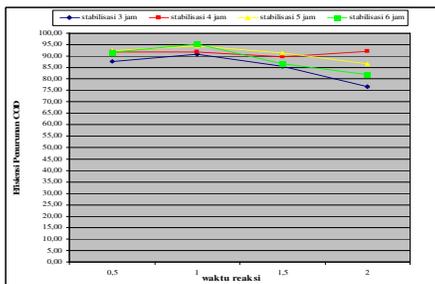
Gambar 2. Grafik Penurunan Konsentrasi COD Pada SBR Aerob Dengan Penambahan Karbon Aktif



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



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



Gambar 5. Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD Pada SBR Aerob Tanpa Penambahan Karbon Aktif

Dari gambar 2, 3, 4 dan 5 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 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

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

- Benfield, L.D., and Randall, CW., 1980, *Biological Process Design for Wastewater Treatment*, Prentice-Hall, inc, Engelwood 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, *Sequenacing 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)