

PENGARUH WAKTU STABILISASI PADA SEQUENCING BATCH REACTOR AEROB TERHADAP PENURUNAN KARBON

Sri Sumiyati^{*)}

ABSTRACT

One of biological wastewater treatment process modification Sequencing Batch Reactor by exploiting period of stabilization time earn to lessen capacities of total aeration volume. Mechanism that happened in this SBR modification same as that happened in Contact Stabilization. There was existence process biosorption, was due to adsorption of the organic matter onto sludge particels, during the contact period (fill - react time). This research aim to know influence of stabilization time to degradation of COD. This research, used SBR reactor with volume operate for 5 Liter with COD influent concentration 1139.2 mg/L. The variation of stabilization time : 3, 4, 5 and 6 hours and time reacted : 0,5 ; 1 ; 1,5 and 2 hours as independent variables. COD effluent concentration as depended variable. Result of research indicate that progressively time of stabilization and concentration COD (mg/L) will experience of efficiency improvement. Time reacted to give influence the happening of biosorption (the adsorption of organic matter onto sludge particel). The fenomena that happened is degradation of concentration COD will achieve maximum level at the total contact time 1,5 hour. Efficiency of optimum degradation COD become of variation $r/s = 1 : 6$.

Keywords: SBR Aerob, stabilization time, COD

PENDAHULUAN

Salah satu sistem pengolahan air limbah secara biologi yaitu dengan menggunakan SBR (*Sequencing Batch Reactor*). Kelebihan sistem ini antara lain: hemat area pengolahan, karena proses ekualisasi, pengolahan biologi dan pengendapan tahap dua terjadi dalam satu tangki dengan waktu berurutan (Anonim, 2001).

Sistem operasional SBR terdiri dari 5 tahapan yaitu : pengisian (*fill*), reaksi (*react*), pengendapan (*settle*), penuangan (*draw*) dan diam (*idle*) (Tchobanoglous, 1991). Umumnya fase idle hanya digunakan untuk pembuangan lumpur atau pencucian aerator. Fase idle ini akan dimodifikasi sebagai tempat stabilisasi lumpur (sebagai tangki stabilisasi pada sistem kontak stabilisasi). Menurut Rich, 1963 adanya stabilisasi dapat menghemat kapasitas total volume aerasi, sehingga dapat menghemat energi aerasi saat kondisi operasi penuh. Selain itu juga akan terjadi fenomena biosorpsi yaitu adsorpsi materi organik ke dalam flok lumpur saat periode kontak (kontak antara air limbah dan biomassa) yang akan digunakan sebagai cadangan materi organik ketika kondisi tanpa substrat (*famine*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh waktu stabilisasi terhadap penurunan COD.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada skala Laboratorium. Reaktor yang digunakan berupa miniatur reaktor SBR berupa tabung dengan volume operasi 5 L. Air limbah yang digunakan merupakan limbah buatan menggunakan makro nutrien (glukosa, urea dan TSP) dilarutkan dalam air tanah. Variabel bebas yang digunakan yaitu waktu, reaksi dan waktu stabilisasi, sedangkan variabel terikatnya adalah konsentrasi karbon (COD). Pengambilan sampel COD dilakukan saat akhir *fill*, akhir reaksi dan influen rata-ratanya sesuai dengan masing-masing variasi waktu dengan 3 x pengulangan. Parameter yang terukur yaitu COD, MLSS, pH dan temperatur.

Pada tahap persiapan meliputi pemilihan alat reaktor SBR yang terdiri dari reaktor, aerator, pengaturan debit tabung marriotte, persiapan nutrien, persiapan lumpur serta persiapan alat dan bahan untuk analisa sampel.

Tahap aklimatisasi merupakan tahap mengkondisikan mikroorganisme agar

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

mikroorganisme dapat hidup dan melakukan penyesuaian diri terhadap lingkungan baru. Lumpur yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Lumpur Pengolahan Biologi di PT Coca Cola Botling Indonesia. Limbah buatan yang digunakan yaitu dengan membuat larutan glukosa dan diharapkan bakteri mampu beradaptasi dengan materi organik glukosa. Konsentrasi glukosa yang digunakan pada saat aklimatisasi yaitu 1139.2 mg/L sampai mencapai kondisi stabil yang ditandai dengan efisiensi penyisihan COD relatif konstan (tidak lebih dari 10%).

Tahap pelaksanaan dilakukan dengan memvariasikan waktu reaksi dan waktu stabilisasi. Waktu siklus yang digunakan yaitu waktu pengisian 0,5 jam, waktu pengendapan 1 jam, waktu penuangan 15 menit. Sedangkan variasi waktu reaksi yaitu 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 jam, dan waktu stabilisasi 3, 4, 5, 6 jam.

Analisa data kualitatif dilakukan berdasarkan teori yang sudah ada. Analisa data kuantitatif dilakukan dengan menggunakan software SPSS 10.0 yaitu korelasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Aklimatisasi

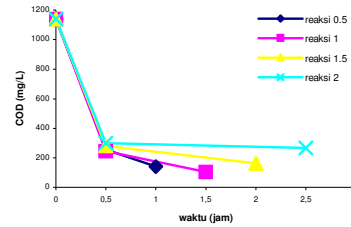
Pada tahap aklimatisasi masih terjadi fluktuasi penyisihan COD mulai hari ke 1 sampai hari ke 17, hal ini disebabkan oleh kondisi biomassa masih menyesuaikan diri dengan air limbah glukosa. Sedangkan kondisi menuju stabil sudah di mulai hari ke 18. Biomassa sudah siap untuk dioperasikan ketika kondisi stabil yang tercapai mulai hari ke 22 – 25.

A. Pengaruh Waktu Stabilisasi terhadap Penurunan COD

Pada penelitian ini waktu stabilisasi digunakan adalah 3, 4, 5 dan 6 jam.

Waktu Stabilisasi 3 jam

Penyisihan karbon dalam penelitian ini dinyatakan dalam bentuk efisiensi penurunan konsentrasi COD (mg/L).

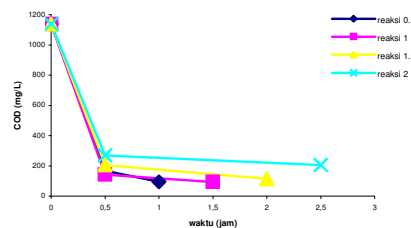


Gambar 1. Pengaruh Waktu Stabilisasi 3 jam terhadap Penurunan Konsentrasi COD (mg/L)

Pada gambar 1 untuk variasi waktu stabilisasi 3 jam, proses penyisihan materi organik sudah mulai terjadi ketika waktu *fill* dimulai (saat waktu 0,5 jam) dan akan terus berlanjut sampai waktu *react* selesai. Penyisihan materi organik yang terjadi merupakan akibat fenomena absorpsi materi organik ke dalam flok biomassa ketika periode kontak (*fill – react*), setelah biomassa mengalami tahap stabilisasi. Saat waktu kontak 1,5 jam terjadi penyisihan COD yang cukup tinggi, hal ini dimungkinkan terjadi biosorpsi yang maksimum. Pada waktu kontak lebih dari 2 jam biosorpsi mengalami penurunan sedangkan mekanisme oksidasi (penyisihan materi organik) terus berlanjut.

Waktu Stabilisasi 4 jam

Grafik Pengaruh Waktu Stabilisasi 4 jam terhadap Penurunan Konsentrasi COD (mg/L) disajikan pada Gambar 2.



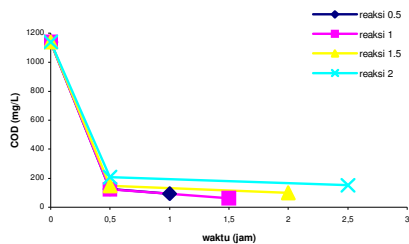
Gambar 2. Pengaruh Waktu Stabilisasi 4 jam terhadap Penurunan Konsentrasi COD (mg/L)

Pada gambar 2 untuk variasi waktu stabilisasi 4 jam, proses degradasi materi organik sudah mulai terjadi ketika waktu *fill* dimulai (saat waktu 0,5 jam). Selanjutnya akan terus berlanjut sampai waktu *react*

selesai. Ketika waktu kontak pendek (ketika waktu *fill* 0,5 jam) menunjukkan penyisihan materi organik yang hampir sama. Waktu kontak pendek mampu memberikan kesempatan bagi biomassa untuk mengadsorpsi materi organik dengan cepat. Meskipun terdapat perbedaan untuk variasi waktu reaksi 1,5 dan 2 jam, hal ini disebabkan karena jumlah biomassa yang hidup lebih sedikit daripada jumlah yang mati sehingga berpengaruh pada penyisihan materi organik. Pada waktu stabilisasi 4 jam waktu kontak 1,5 jam terjadi penyisihan COD yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan terjadi biosorpsi yang maksimum. Pada waktu kontak lebih dari 2 jam biosorpsi mengalami penurunan sedangkan mekanisme oksidasi (penyisihan materi organik) terus berlanjut.

Waktu Stabilisasi 5 jam

Grafik Pengaruh Waktu Stabilisasi 5 jam terhadap Penurunan Konsentrasi COD (mg/L) disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Stabilisasi 5 jam terhadap Penurunan Konsentrasi COD (mg/L)

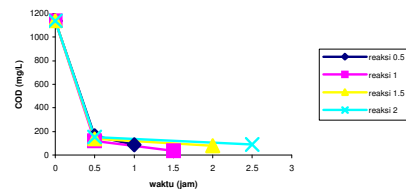
Pada gambar 3 untuk variasi waktu stabilisasi 5 jam. Fenomena yang terjadi hampir sama dengan variasi waktu stabilisasi 3 dan 4 jam dimana proses penyisihan materi organik sudah mulai terjadi ketika waktu *fill* dimulai (saat waktu 0,5 jam). Saat periode kontak yang pendek (waktu 0,5 – 1,5 jam), penyisihan materi organik yang terjadi hampir sama besarnya. Waktu kontak yang singkat mampu memberikan kesempatan bagi biomassa untuk menyisihkan materi organik dengan cepat. Ketika akhir pengisian untuk variasi waktu reaksi 2 jam ada perbedaan penyisihan COD, Hal ini disebabkan karena jumlah biomassa setelah mengalami periode stabilisasi lebih banyak mikroorganisme

yang mati daripada yang hidup sehingga berpengaruh terhadap penyisihan COD.

Saat waktu kontak 1,5 jam terjadi penyisihan COD yang cukup tinggi, hal ini dimungkinkan terjadi biosorpsi yang maksimum. Sama seperti variasi waktu stabilisasi yang lain, pada waktu kontak lebih dari 2 jam biosorpsi mengalami penurunan sedangkan mekanisme oksidasi (penyisihan degradasi materi organik) terus berlanjut.

Waktu Stabilisasi 6 jam

Grafik Pengaruh Waktu Stabilisasi 6 jam terhadap Penurunan Konsentrasi COD (mg/L) disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Waktu Stabilisasi 6 jam terhadap Penurunan Konsentrasi COD (mg/L)

Pada gambar 4 untuk variasi waktu stabilisasi 6 jam, proses penyisihan materi organik sudah mulai terjadi ketika waktu *fill* dimulai (saat waktu 0,5 jam). Fenomena yang terjadi sama seperti variasi waktu stabilisasi lainnya, dimana penyisihan materi organik yang terjadi merupakan akibat fenomena adsorpsi materi organik ke dalam flok biomassa ketika periode kontak (*fill* – *react*). Dengan waktu kontak 1,5 jam telah terjadi penyisihan COD yang cukup tinggi, dapat dikatakan waktu kontak 1,5 jam menunjukkan biosorpsi yang optimum. Pada waktu kontak lebih dari 2 jam biosorpsi mengalami penurunan sedangkan mekanisme oksidasi (penyisihan materi organik) terus berlanjut.

Dari gambar 1, 2, 3 dan 4 terlihat bahwa semakin lama waktu stabilisasi penyisihan COD yang terjadi semakin besar, hal ini mengakibatkan proses biosorpsi yang terjadi akan mencapai maksimum. Secara umum penyisihan materi organik yang cepat terjadi di awal (tahap pengisian 0,5 jam) saat materi organik kontak dengan biomassa, terjadi karena adanya adsorpsi materi organik yaitu penyerapan materi organik kedalam flok lumpur sebagai cadangan materi organik

(*storage material*) yang disebut juga *biosorpsi* (Grady and Lim, 1980). Untuk mengetahui apakah proses biosorpsi benar-benar mendominasi proses penyisihan COD, dapat diketahui dari perhitungan COD akibat adanya pengenceran sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_1 N_1 &= V_2 N_2 \\ 3,25 \text{ L. } 1139,2 \text{ mg/L} &= 5 \text{ L. } N_2 \\ N_2 &= 740,48 \text{ mg/Lt} \end{aligned}$$

(COD pengenceran)

Dari perhitungan tersebut ternyata konsentrasi COD akibat adanya pengenceran masih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi COD yang terukur .

Dari uraian tersebut dapat dikatakan penurunan konsentrasi organik yang terjadi hampir seluruhnya akibat adanya adsorpsi materi organik. Oksidasi biologis hanya memberikan kontribusi yang sedikit (Rich, 1963). Pada saat periode kontak penyisihan konsentrasi COD akan mengalami puncak pada waktu tertentu (dalam penelitian ini terjadi pada saat total waktu kontak 1,5 jam) dan kemudian akan mengalami penurunan.

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 (oksidasi) 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).

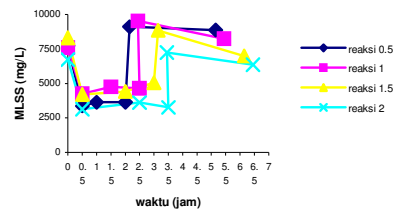
Mikroorganisme selain menyisihkan materi organik juga akan menyimpannya sebagai cadangan makanan (*storage polymer*). Seperti yang telah dijelaskan bahwa biomassa pada sistem SBR ini akan mengalami kondisi dengan – tanpa substrat (*feast-famine*). Cadangan makanan yang tersimpan (*storage polymer*) akan digunakan untuk pertumbuhan biomassa saat

mengalami kondisi tanpa substrat (*famine*). Jadi biomassa akan tetap menjaga kestabilan pertumbuhannya (Loodrescht, et.al, 1997).

Saat biomassa mencapai periode stabilisasi, biomassa akan teraerasi kembali dan cadangan makanan (*storage product*) akan digunakan untuk proses replikasi sel, sebagai persiapan bagi biomassa untuk penyimpanan substrat kembali sebagai cadangan makanan saat periode pengisian (kontak biomassa dengan substrat) terjadi kembali. Pada saat cadangan materi organik telah habis digunakan, flok biomassa menjadi berkurang keaktifannya dalam mengadsorpsi. Sehingga perlu untuk diaktifkan kembali melalui proses reaerasi. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa untuk waktu reaksi yang sama menunjukkan semakin lama waktu stabilisasi penyisihan konsentrasi COD semakin meningkat.

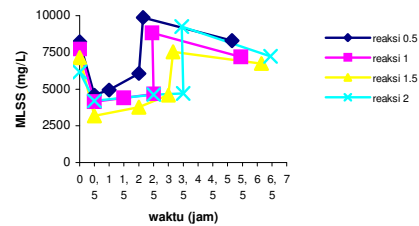
B. Pengaruh Waktu Stabilisasi terhadap Konsentrasi Biomassa

Grafik MLSS dengan waktu stabilisasi 3 jam disajikan pada Gambar 5.



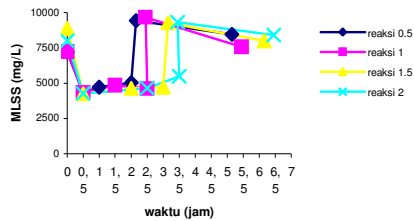
Gambar 5. Grafik MLSS pada waktu stabilisasi 3 jam

Gambar 6 menampilkan grafik MLSS dengan waktu 4 jam.



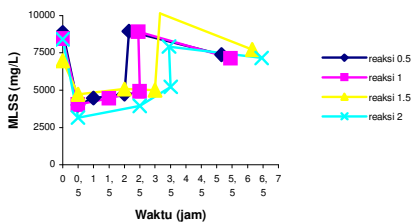
Gambar 6. Grafik MLSS pada waktu stabilisasi 4 jam

Grafik MLSS dengan waktu stabilisasi 5 jam disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik MLSS pada waktu stabilisasi 5 jam

Grafik MLSS dengan waktu stabilisasi 6 jam disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik MLSS pada waktu stabilisasi 6 jam

Dari grafik 5, 6, 7 dan 8 dapat diketahui pada awal waktu *fill* konsentrasi biomassa tinggi, karena merupakan cairan dalam konsentrasi yang pekat setelah periode stabilisasi dimana hanya terdapat lumpur/ biomassa. Setelah periode *fill* (waktu 0,5 jam) konsentrasi biomassa akan menurun karena adanya substrat yang ditambahkan (mengalami pengenceran konsentrasi). Konsentrasi biomassa akan meningkat walaupun tidak terlalu besar setelah waktu reaksi (0,5-2 jam). Peningkatan konsentrasi ini disebabkan adanya pertumbuhan mikroorganisme yang mencapai maksimum sedangkan materi organik yang tersedia sudah mulai menurun karena sudah dikonsumsi oleh mikroorganisme.

Saat periode stabilisasi (yaitu setelah waktu pengendapan dan penuangan / setelah waktu 2 jam sesuai dengan masing-masing variasi waktu) terjadi peningkatan konsentrasi karena konsentrasi yang terukur sangat pekat (cairan lumpur hasil

pengendapan) diakhir waktu stabilisasi terjadi penurunan konsentrasi. Hal ini disebabkan karena banyaknya sel yang mati daripada sel yang tumbuh, selain itu juga karena biomassa mengalami periode tanpa substrat (*famine*) setelah periode reaksi sehingga dapat dikatakan biomassa mengalami kekurangan substrat untuk pertumbuhannya. Proses penurunan konsentrasi biomassa akan menurun seiring dengan lamanya waktu aerasi (stabilisasi).

KESIMPULAN

1. Pada variasi waktu reaksi dan stabilisasi 1 : 6 memberikan efisiensi penyisihan COD yang optimum yaitu sebesar 95,23%.
2. Proses penyisihan COD yang terjadi didominasi adanya fenomena biosorpsi. Hal ini dapat diketahui dari hasil perhitungan COD pengenceran yang ternyata lebih besar dari COD yang terukur.
3. Penyisihan COD yang sudah terjadi sejak tahap pengisian merupakan akibat dari adsorpsi materi organik ke dalam flok biomassa yang terjadi dengan cepat setelah mengalami tahap stabilisasi.
4. Waktu stabilisasi berpengaruh signifikan pada operasional SBR terhadap penyisihan konsentrasi COD dengan signifikansi 0,000.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2001, *Sequencing Batch Reactor to Combat Againsts The Bulking Sludge*, www.deu.edu.tr
2. Leslie, Grady, C.P. and Henry C. Lim, 1980, *Biological Wastewater Treatment Theory and Application*, Marcell Dekke Inc, New York.
3. Loosdrescht, M.C.M Van, M.A Pot and J.J Heijnen, 1997, *Importance of Bacterial Storage Polymers in Bioprocess*, Water Science and Technology Vol 35 No. 1 pp 41-47, IWA Publishing.
4. Rich, Linvil G, 1963, *Unit Process of Sanitary Engineering*, John Willey & Sons Inc, New York.

5. Santoso, Singgih, 2001, *Mengolah Data Statistik Secara Profesional*, PT Elex media Komputindo, Jakarta.
6. Tchobanoglous, George and Franklin L. Burton, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse third edition*, Mc. Graw Hill Inc, Singapore.