

KINERJA *SEQUENCING BATCH REACTOR* (SBR) AEROB PADA DEGRADASI GLUKOSA DENGAN VARIASI RASIO WAKTU PENGISIAN TERHADAP WAKTU REAKSI

PERFORMANCE OF AEROBIC *SEQUENCING BATCH REACTOR* (SBR) IN DEGRADATION OF GLUCOSE WITH THE VARIATION OF FILL – REACT TIME RATIO

Mindriany Syafila¹⁾, Tjandra Setiadi²⁾, Pingkan Aditiawati³⁾ dan Hilong R. Elizabeth¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan – ITB

²⁾Jurusan Teknik Kimia – ITB

³⁾Jurusan Biologi – ITB

Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Sequencing Batch Reactor* (SBR) secara aerob, yang bertujuan untuk mencari konsentrasi organik optimum dan rasio antara waktu pengisian dan waktu reaksi. Air buangan sintesis yang digunakan mengandung glukosa pada konsentrasi COD sebesar ± 10.000 mg/l, ± 8.000 mg/l, ± 4.000 mg/l dan ± 2.000 mg/l, yang dioperasikan pada temperatur kamar yaitu antara $23^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$. Rasio variasi waktu detensi yang diinginkan yaitu perbandingan antara waktu pengisian dan reaksi (2:2) jam, (2:4) jam, dan (2:8) jam. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa penurunan konsentrasi COD yang optimum dengan efisiensi penurunan konsentrasi COD terlarut sebesar 70,62% dicapai pada konsentrasi influen ± 4.000 mg-COD/l dengan rasio waktu detensi antara pengisian dan reaksi (2:2) jam

Kata kunci : COD, glukosa, SBR, waktu detensi

Abstract

An aerobic sequencing batch reactor (SBR) was used to investigate the optimum organic concentration and the ratio of fill – react time. The synthetic wastewater used had approximately COD of 10,000 mg/l; 8000 mg/l; 4000 mg/l; and 2000 mg/l, in the room temperature between $23 - 26^{\circ}\text{C}$. The ratio of fill – react time was (2:2) hours, (2:4) hours, and (2:8) hours. The results showed that the optimum COD reduction of 70.62% was achieved in the influent concentration of approx. 4000 mg/l COD with the fill-react ratio of (2:2) hours.

Keywords : COD, glucose, SBR, detention time

1. PENDAHULUAN

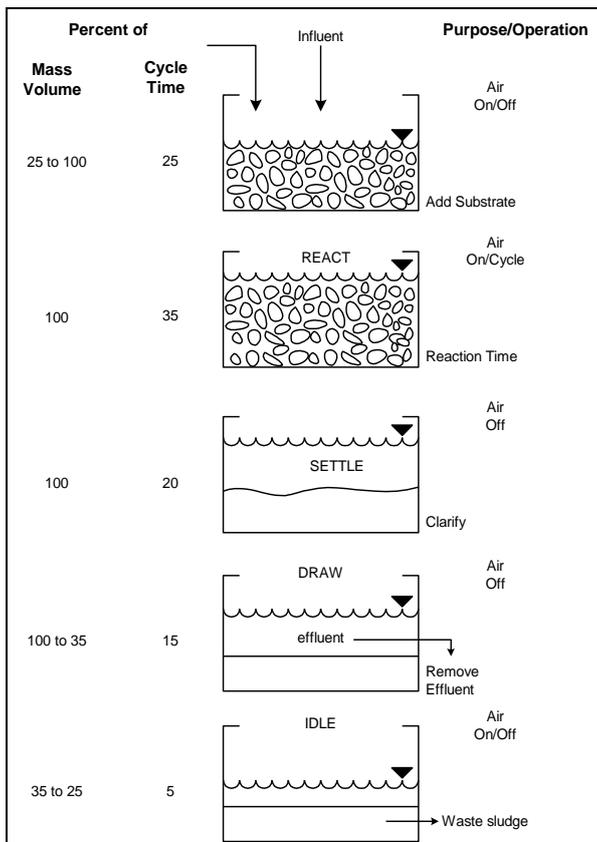
Sequencing Batch Reactor (SBR) merupakan suatu sistem pengisian dan *draw* di dalam pengolahan lumpur aktif. Unit proses di dalam SBR dan di dalam sistem lumpur aktif secara konvensional adalah identik. Namun terdapat satu perbedaan yang utama yaitu pada pengolahan lumpur aktif konvensional, proses akan berlangsung pada tangki-tangki yang terpisah, sedangkan di dalam operasi SBR, proses akan berlangsung secara bergantian di dalam satu tangki yang sama (Irvine dkk, 1995).

SBR sendiri merupakan suatu reaktor *cyclic* (atau batch) yang didesain pada basis aliran *intermittent*

yang masuk ke dalam masing-masing reaktor. Tiap-tiap reaktor di dalam sistem SBR akan diisi dengan air limbah selama selang waktu/periode waktu tertentu selanjutnya reaktor tersebut akan dioperasikan menurut mode pengolahan secara batch. Setelah pengolahan, *mixed liquor* akan diendapkan selama selang waktu tertentu dan selanjutnya supernatan yang terklarifikasi akan dikeluarkan dari reaktor. Umumnya sebuah SBR *cycle* akan melewati beberapa fase berikut, *pertama, fill* (pengisian). Memasukkan air limbah ke dalam reaktor, umumnya berada pada keadaan *anoxic* (tanpa oksigen) untuk SBR aerob. *Kedua, react* (aerasi). Fase ini memperkenankan reaksi-reaksi biologi yang terseleksi hingga terjadi pada batas yang diinginkan

kan. *Ketiga, settle* (sedimentasi/klarifikasi) yang memperkenankan kondisi *quescent* di dalam reaktor untuk mendapatkan pemisahan cairan dan padatan dari air dalam reaktor. *Keempat, draw* (decant). Mengeluarkan supernatant yang telah terolah dan terklarifikasi dari dalam reaktor. *Kelima, Idle*. Saat reaktor tidak beroperasi, beberapa variasi dapat didisain pada fase ini seperti termasuk di dalamnya *sludge thickening* dan *desluding* (Arora dkk, 1995).

Tipikal *sequence* pengoperasian untuk SBR dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Tipikal Sequence Pengoperasian Untuk *Sequencing Batch Reactor*
Sumber : Metcalf dan Eddy, 1991

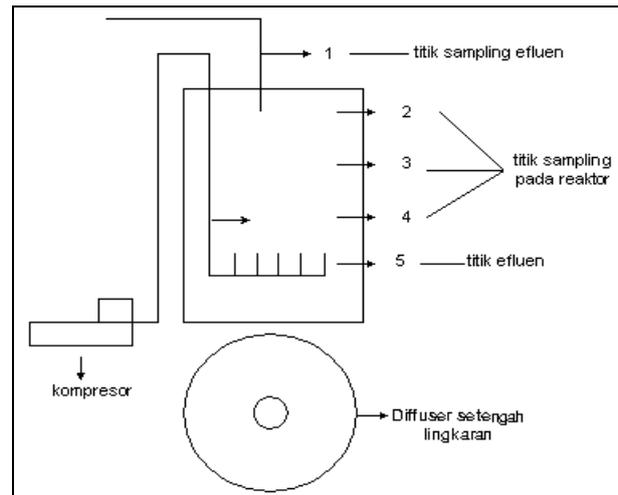
2. METODOLOGI

Pada penelitian ini, bibit mikroorganisme yang digunakan berasal dari leachate (cairan sampah organik) dan merupakan bakteri campur fakultatif (*mix culture*).

Reaktor yang digunakan merupakan *circulating bed reactor* yang terbuat dari tabung plexy glass dengan berdiameter 14 cm, dan tinggi 40 cm. Reaktor ini mempunyai kapasitas sebesar 3,5 liter.

Pengaliran udara dilakukan dengan cara mengalirkan udara dari kompresor melalui piringan pemancar udara (diffuser 1/2 lingkaran) yang dipasang pada tangki sehingga akan tercipta kondisi tercampur sempurna. Reaktor ini merupakan tangki silinder terbuka.

Skema reaktor penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Skema Pengolahan Air Buangan Dengan *Circulating Bed Reactor*

Air baku yang diolah adalah air buangan buatan (artifisial) yang terdiri dari glukosa (sumber karbon) dan nutrien yaitu NH_4Cl (sumber N) dan Na_2HPO_4 (sebagai sumber P) dan nutrien lainnya yaitu KCl dan $Na_2SO_4 \cdot H_2O$. Substrat yang merupakan air buangan buatan mempunyai komposisi C : N : P = 100 : 5 : 1.

Peralatan untuk analisa diantaranya spektrofotometer (U-2001 UV) dari Hitachi, timbangan analitis (mettler tolede AB204), oven 105°C (VWR scientific), oven 600°C (*thermolyne 48000 furnace*). pH meter (*cybersen 1000*), *centrifuge* (*hermle Z-230*), DO meter, kompor untuk pemanas pada pemeriksaan *Chemical Oxygen Demand* (COD) mikro, dan peralatan laboratorium lainnya seperti gelas kimia, labu ukur, botol COD mikro, erlenmeyer, buret, pipet berskala, cawan keramik dan lain sebagainya.

Temperatur cairan dalam reaktor adalah temperatur kamar yaitu sekitar 24°C – 26°C. pH dalam reaktor diatur pada rentang 6,5 – 8,5. Oleh karena pH influen bervariasi apabila pH influen terlalu asam dapat digunakan Na_2CO_3 untuk menaikkan pH.

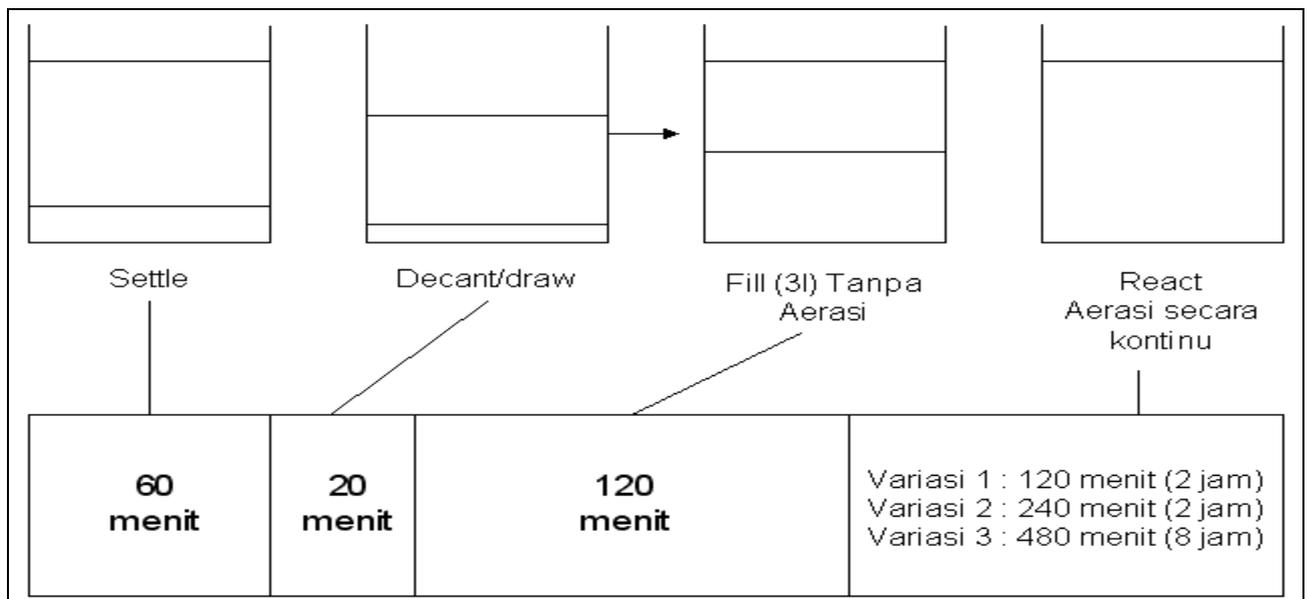
Parameter yang dianalisa antara lain pemeriksaan COD, analisa *Violatile Suspended Solid (VSS)*, analisa pH dan suhu, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*). nitrit, nitrat dan amonia

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan 4 variasi pembebanan yaitu $\pm 10.000 \text{ mg/l}$, $\pm 8.000 \text{ mg/l}$, $\pm 4.000 \text{ mg/l}$, $\pm 2.000 \text{ mg/l}$ dengan menggunakan 3 variasi rasio waktu detensi *fill* (pengisian) dan *react* (reaksi) yaitu (2:2) jam, (2:4) jam dan (2:8) jam.

Dalam reaktor, oksigen terlarut dijaga pada konsentrasi minimal 4 mg/l agar kondisi aerob tetap terjaga. Pengontrolan DO dilakukan dengan DO meter.

Pada setiap kondisi operasi yang ditetapkan, sampling dilakukan pada titik masuk/influen dan pada titik sampling pada reaktor pada jam ke-1 *fill*, jam ke-2 *fill* dan akhir periode *react* (batch). Setiap sampel yang terambil akan dilakukan pemeriksaan sebanyak dua kali (duplo). Pengoperasian tersebut dapat dikomposisikan pada beberapa periode seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3 berikut :

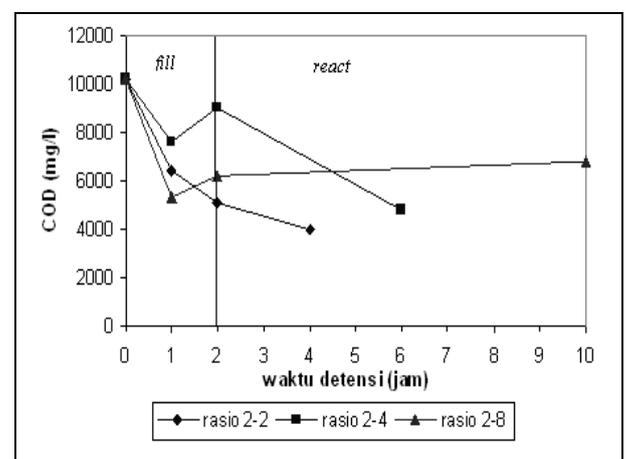


Gambar 3. Periode Pengoperasian Reaktor

Gambar 4 hingga Gambar 7 memperlihatkan penurunan konsentrasi COD untuk setiap variasi konsentrasi dan rasio waktu detensi. Secara umum terdapat pola yang serupa pada konsentrasi COD influen $\pm 8.000 \text{ mg/l}$ dan $\pm 4.000 \text{ mg/l}$, yaitu pada rasio pengisian dan reaksi adalah (2:4) jam dan (2:8) jam.

Saat awal periode pengisian akan terjadi penurunan konsentrasi COD dan konsentrasinya akan naik kembali hingga akhir pengisian. Selanjutnya konsentrasi COD akan menurun hingga akhir periode reaksi. Perkecualian pada konsentrasi COD influen 4.000 mg/l, akan terlihat penurunan konsentrasi COD dari awal pengisian hingga akhir reaksi. Penurunan konsentrasi COD saat pengisian yang cukup tajam turut dipengaruhi oleh faktor pengenceran dari influen yang masuk ke dalam reaktor de-

ngan larutan/lumpur yang ada di dalam reaktor tersebut.



Gambar 4. Pengaruh Waktu Pengolahan Terhadap Perubahan COD Pada Beban 10.000 mg/l

Gambar 4 memperlihatkan penurunan konsentrasi COD untuk beban ± 10.000 mg/l beserta 3 variasi waktu detensi yang dilakukan. Terlihat adanya kesamaan pola penurunan konsentrasi COD selama periode pengisian untuk rasio pengisian dan *batch* (2:2) jam dan (2:8) jam. Adanya penurunan yang cukup tajam (terutama untuk rasio pengisian dan *batch* (2:2) jam), tidak terlepas dari adanya pengaruh faktor pengenceran dari influen dengan lumpur yang berada di dalam reaktor.

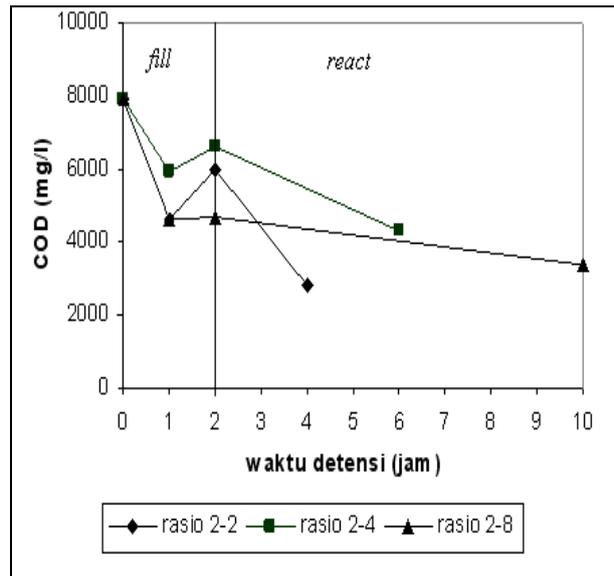
Hal ini yang diperkirakan juga mempengaruhi konsentrasi COD hingga akhir periode pengisian. Selain itu adanya penggunaan substrat (dengan adanya penurunan konsentrasi COD) pada fase pengisian ini akan ikut dikontrol oleh adsorpsi secara fisik-kimia oleh massa lumpur, dimana substrat yang ada dapat teradsorpsi ke dalam massa lumpur.

Laju penurunan substrat yang semakin menurun seiring dengan laju pembentukan VSS yang mengalami harga negatif pada akhir reaksi 8 jam. Hal ini sesuai dengan perkiraan semula bahwa dengan adanya lisis dari mikroorganisme akan mempengaruhi penurunan konsentrasi COD, dimana bakteri yang mati mengeluarkan muatan isi selnya dan terlarut dalam cairan yang kemudian dihitung sebagai COD.

Selain itu lisis dapat terjadi karena lingkungan tidak mendukung mikroorganisme, dimana pada pH yang terukur berkisar antara 6 hingga 7 dan DO yang terukur antara 2 hingga 4 mg/l O_2 untuk saat periode reaksi (Jern, 1997).

Adanya DO yang tidak terlampaui tinggi dan waktu detensi yang lebih lama untuk saat *batch* akan turut mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme di dalam reaktor. Dapat disebutkan bahwa pada konsentrasi COD influen ± 10.000 mg/l, rasio waktu detensi pengisian dan *batch* (2:2) jam merupakan rasio waktu detensi yang terbaik dengan total penurunan konsentrasi COD sebesar 60% yaitu 18,32 saat pengisian dan 42,80% saat reaksi.

Gambar 5 berikut ini memperlihatkan penurunan konsentrasi COD untuk beban ± 8.000 mg/l beserta 3 variasi waktu detensi yang dilakukan. Fenomena yang berada terjadi pada beban 8.000 mg/l jika dibandingkan dengan beban sebelumnya bahwa pada rasio pengisian dan *batch* (2:4) jam, didapatkan penyisihan COD yang relatif lebih rendah dari rasio pengisian dan *batch* (2:8) jam.



Gambar 5. Pengaruh Waktu Pengolahan Terhadap Perubahan COD Pada Beban 8.000 mg/l

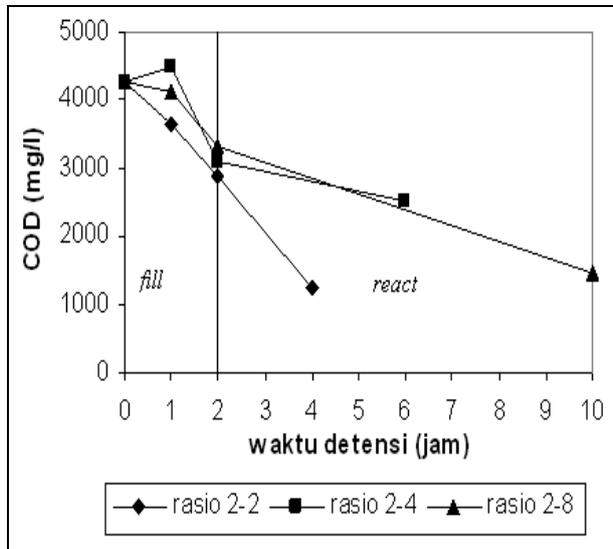
Pada Gambar 5, terlihat adanya kesamaan pola penurunan konsentrasi COD selama periode pengisian untuk rasio pengisian dan *batch* (2:2) jam, (2:4) jam dan (2:8) jam. Selain itu adanya perbedaan prosentase penurunan konsentrasi COD tidak terlepas dari perkiraan bahwa masih terjadinya lisis dari mikroorganisme. Laju pembentukan VSS terlihat mengalami harga negatif, seiring dengan laju penurunan substrat yang menurun.

Dapat disebutkan bahwa pada konsentrasi COD influen ± 8.000 mg/l, variasi rasio waktu detensi pengisian dan *batch* (2:2) jam merupakan rasio waktu detensi yang terbaik dengan total penurunan konsentrasi COD sekitar 77,36 % yaitu 24,64 % saat pengisian dan 52,72 % saat reaksi.

Diperkirakan bahwa masih terjadi lisis dari bakteri, yang dapat terlihat dari laju pembentukan VSS, tetapi karena kondisi lingkungan pada beban ini adalah lebih baik jika dibandingkan dengan kedua beban sebelumnya (pH 6,6 – 7,8 dan DO 3,2 – 5 mg/l O_2 saat reaksi).

Sehingga keberadaan bakteri yang mengalami lisis diperkirakan akan lebih sedikit jika dibandingkan dengan bakteri yang dapat bertahan hidup, dan bakteri yang mampu bertahan hidup ini akan menggunakan senyawa organik hasil dari lisis, sehingga tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada konsentrasi mikroorganisme (Munch dkk, 1996).

Gambar 6 berikut ini memperlihatkan penurunan konsentrasi COD untuk beban ± 4.000 mg/l beserta 3 variasi waktu detensi yang dilakukan.



Gambar 6. Pengaruh Waktu Pengolahan Terhadap Perubahan COD Pada Beban 4.000 mg/l

Hal yang sama terjadi pada beban 4.000 mg/l jika dibandingkan dengan beban sebelumnya yaitu 8.000 mg/l dimana pada rasio pengisian dan reaksi (2:4) jam, didapatkan penurunan konsentrasi COD yang relatif rendah dari rasio pengisian dan reaksi (2:8) jam.

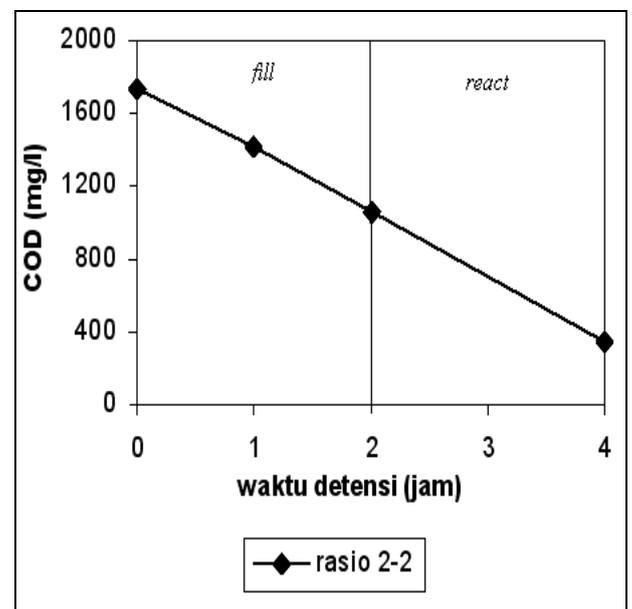
Grady dan Lim (1991) mengatakan, apabila selama pertumbuhan bakteri, kondisi lingkungan dipelihara dengan baik maka sisa COD yang tinggi umumnya disebabkan karena kondisi alami dari biomassa yaitu bakteri melakukan aktivitas metabolisme dan mengeluarkan produk metabolismenya ke dalam sistem yang kemudian dihitung sebagai COD.

Total penurunan konsentrasi COD influen ± 4.000 mg/l akan berkisar antara 44,6% hingga 88,77% dan konsentrasi COD efluen akan berkisar antara 1.252 mg/l hingga 2.503 mg/l. Dapat disebutkan bahwa pada konsentrasi COD influen ± 4.000 mg/l, rasio waktu detensi pengisian dan reaksi adalah (2:2) jam merupakan rasio waktu detensi yang terbaik dengan total penurunan konsentrasi COD sebesar 70,62% yaitu sebesar 31,99% saat pengisian dan 56,78% saat reaksi.

Jadi pada konsentrasi COD influen ± 10.000 mg/l, rasio waktu detensi pengisian dan *batch* (2 : 2) jam

dapat disebut sebagai waktu detensi terbaik, demikian juga halnya pada konsentrasi COD influen ± 8.000 mg/l. Sedangkan konsentrasi COD influen ± 4.000 mg/l merupakan beban organik optimum yang dapat didegradasi dengan rasio waktu detensi pengisian dan *batch* (2:2) jam sebagai rasio waktu detensi terbaik. Selanjutnya untuk melihat pola penurunan substrat pada beban yang rendah dilakukan pengoperasian (*running*) pada beban ± 2.000 mg/l dengan rasio waktu detensi (2:2) jam.

Gambar 7 memperlihatkan pola penurunan konsentrasi COD dengan rasio waktu pengisian dan reaksi (2:2) jam.



Gambar 7. Pola Penurunan Konsentrasi COD Dengan Rasio Waktu Pengisian Dan Reaksi (2:2) Jam.

Konsentrasi COD akan menurun mulai dari awal waktu pengisian hingga akhir dari reaksi 2 jam (4 jam setelah pengisian). Didapatkan total penyisihan sekitar 80,27% yaitu 39,98% saat pengisian dan 67,67 % saat reaksi. Konsentrasi efluen COD yaitu sekitar 342 mg-COD/l.

Hasil yang didapatkan adalah sesuai dengan yang diharapkan, bahwa dengan pembebanan yang semakin rendah efisiensi penurunan konsentrasi COD akan semakin baik. pH pada saat ini berkisar antara 6,8 hingga 8 dan dengan DO sekitar 4,2 hingga 5,8 mg/l O₂ untuk saat reaksi. Juga terlihat bahwa laju penurunan substrat akan mengalami kenaikan dari awal pengisian hingga akhir reaksi.

4. KESIMPULAN

Pengoperasian *Sequencing Batch Reactor* aerob lebih tepat untuk diaplikasikan pada beban organik yang rendah (≤ 4.000 mg/l), dan tidak pada beban yang tinggi. Pada penelitian ini diperlihatkan adanya pengaruh pengenceran terhadap penurunan beban organik yang cukup besar pada waktu pengisian yang akan mempengaruhi keseluruhan efisiensi penurunan konsentrasi organik pada SBR.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dewan Riset Nasional dan Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini yang merupakan bagian dari penelitian RUT VII.

DAFTAR PUSTAKA

Irvine, R.L., Khetchum, L.H., Arora, M.L. dan Barth, E.F. (1995). **An Organic Loading Study of Full Scale Sequencing Batch Reactor**. *Journal Water Pollution Control Federation* **Vol. 17** (8). Hal 847 – 853.

Grady, C.P. dan Lim, H.C. (1991). **Biological Wastewater Treatment**. Marcel Dekker, New York.

Jern, N.W. (1997). **SBR Application for Industrial Wastewater**. *Makalah pada Seminar International Peranan Bioteknologi Lingkungan dalam Pengolahan Limbah Cair Industri 1*. Bandung.

Arora, M.L., Barth, E.F. dan Umphres, M.B., (1995). **Technology Evaluation of Sequencing Batch Reactors**. *Journal Water Pollution Control Federation*. **Vol. 57** (8). Hal 867-875.

Metcalf dan Eddy. (1993). **Wastewater Engineering : Disposal and Reuse**. 3rd Edition. Mc-Graw Hill. New Delhi.

Munch, E.V., Lant, P. dan Keller, J., (1996). **Simultaneous Nitrification and Denitrification in Bench-Scale Sequencing Batch Reactors**. *Journal Of Water Research*. **Vol.30** (2). Hal 277-294.