

# STUDI KINETIKA PENYISIHAN ORGANIK PADA SEQUENCING BATCH REACTOR (SBR) AEROB DENGAN PARAMETER RASIO WAKTU PENGISIAN TERHADAP WAKTU REAKSI

## KINETICS STUDY ON ORGANIC REMOVAL USING AEROBIC SEQUENCING BATCH REACTOR (SBR) WITH PARAMETER FILL TIME-REACTION TIME RATIO

Mindriany Syafila<sup>1)</sup>, Tjandra Setiadi<sup>2)</sup>, Pingkan Aditiawati<sup>3)</sup> dan Winardi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan – ITB

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Kimia – ITB

<sup>3)</sup>Jurusan Biologi - ITB

### Abstrak

Studi kinetika ini dilakukan dengan menggunakan dua macam variasi yaitu variasi beban (600, 1800, 3400 dan 4800 mg/l COD) dan variasi rasio waktu pengisian : reaksi (2:2, 2:4, 2:8) dengan menggunakan parameter utama, yaitu COD, VSS dan penyisihan TAV, dan parameter pendukung yaitu gas CO<sub>2</sub>, DO, temperatur, dan pH. Untuk melihat sejauhmana peran biomassa, kontrol dilakukan tanpa melibatkan aktivitas biomassa. Selama periode pengisian diperoleh koefisien yield (Y) sebesar 0,42-0,88 g VSS/g COD. Sedangkan selama periode reaksi diperoleh koefisien yield (Y) sebesar 0,39-0,93 g VSS/g COD dan laju kematian (K<sub>d</sub>) sebesar 0,0038-0,0169 jam<sup>-1</sup>.

Kata kunci : bahan organik, rasio waktu, SBR, waktu reaksi

### Abstract

This kinetic study was done using two kind of variations, namely loading variations (600, 1800, 3400 and 4800 mg/l COD) and fill-react ratio variations (2:2, 2:4, and 2:8) by investigating main parameters, namely COD, VSS and total volatile acid (TVA), beside the other data such as CO<sub>2</sub>, gas concentration, DO, temperature and pH. And to investigate the role of microorganism, control was conducted with the absence of biomass. During filling period, the yield coefficient was 0,42-0,88 gVSS/gCOD. During reacting period, the yield coefficient was 0,39-0,93 gVSS/gCOD and specific biomass decay rate constant (K<sub>d</sub>) 0,021 hour<sup>-1</sup>.

Keywords : organic content, time ratio, SBR, time reaction

## 1. PENDAHULUAN

SBR telah digunakan diawal dasawarsa 1960-an untuk pengolahan air buangan secara biologi. SBR merupakan reaktor *cyclic* yang dirancang berdasarkan beberapa tahapan proses (pengisian/*fill*, reaksi/*react*, pengendapan/*settle*, pengeluaran/*decant/draw*, dan *idle*), yang berlangsung dalam satu reaktor. Mode operasi SBR adalah diskontinu, oleh karena itu equalisasi aliran, pengolahan dan pengendapan dapat dicapai dalam satu reaktor sehingga mengeliminasi kebutuhan clarifier, di samping keuntungan lain dalam segi fleksibilitas dalam pengoperasian.

Dari ke-5 siklus SBR tersebut, penyisihan beban paling memungkinkan terjadi pada siklus pengisian dan reaksi. Penyisihan substrat sangat dipengaruhi

oleh pertumbuhan biomassa pada kedua periode tersebut. Sehingga studi kinetika yang dilakukan meliputi kinetika penyisihan substrat dan pertumbuhan biomassa (Reynolds dan Richards, 1996).

Kinetika pada periode pengisian mengacu pada sistem *feed batch*, dimana dalam reaktor terjadi pemasukan aliran tanpa adanya pengeluaran. Koefisien hasil atau yield yang mengekspresikan konsep hubungan kuantitatif antara konsumsi substrat dengan pertumbuhan biomassa selama periode pengisian ditentukan dengan persamaan 1.

$$X' = X_o' + Q.Y_{x/s} S_o t \quad (1)$$

Sedangkan laju penyisihan substrat pada periode pengisian ditentukan dengan persamaan 2.

$$dS'/dt = QSo - uX/Y_{x/s} \quad (2)$$

bila  $u/Y = k$  merupakan laju pemakaian substrat, maka persamaan (2) menjadi persamaan 3 dan 4.

$$dS'/dt = Q.So - kX' \quad (3)$$

$$dS'/dt = Q.So - k(X'o + Q.So.Y_{x/s}.t) \quad (4)$$

Integrasi persamaan di atas akan menghasilkan persamaan 5.

$$S' = S'o + (Q.So - k.X'o).t - k.Q.So.Y_{x/s}.t^2 \quad (5)$$

Kinetika pada periode reaksi dikembangkan berdasarkan proses tertutup. Selama proses ini berlangsung, tidak terdapat aliran masuk maupun keluar dari reaktor. Dalam siklus SBR, periode reaksi berlangsung setelah periode pengisian berakhir, sehingga konsentrasi substrat dan biomassa pada akhir pengisian merupakan titik awal ( $t_0$ ) bagi periode reaksi.

Laju pemakaian substrat pada periode reaksi dihitung dengan persamaan 6.

$$q = (dS/dt)(1/X) \quad (6)$$

Laju pertumbuhan biomassa dihitung dengan persamaan 7.

$$u = (dX/dt)(1/X) \quad (7)$$

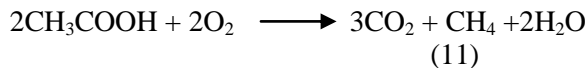
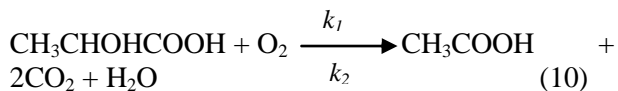
Laju kematian ( $K_d$ ) dan yield ( $Y$ ) dapat ditentukan dari persamaan berikut 8.

$$(dX/dt)(1/X) = Y(dS/dt)(1/X) - b \quad (8)$$

Persamaan 8 di atas dapat diubah menjadi persamaan 9.

$$u = Yq - K_d \quad (9)$$

Dalam periode ini, reaksi yang terjadi adalah konsekitif dimana produk yang dihasilkan akan bereaksi lagi menghasilkan produk lain. Reaksi yang terjadi ada pada persamaan 10 dan 11.



Laju penyisihan laktat dan asetat masing-masing dinyatakan dengan persamaan 12:

$$r_1 = -d[\text{Laktat}]/dt \text{ dan } r_2 = -d[\text{Asetat}]/dt \quad (12)$$

Sedangkan konstanta kinetika penyisihan,  $k$ , dinyatakan dengan persamaan 13

$$\text{Laju laktat yang bereaksi } -r_1 = k_1 \times [\text{konsentrasi laktat yang bereaksi}]$$

$$\text{Laju asetat yang bereaksi } : -r_2 = k_2 \times [\text{konsentrasi asetat yang bereaksi}] \quad (13)$$

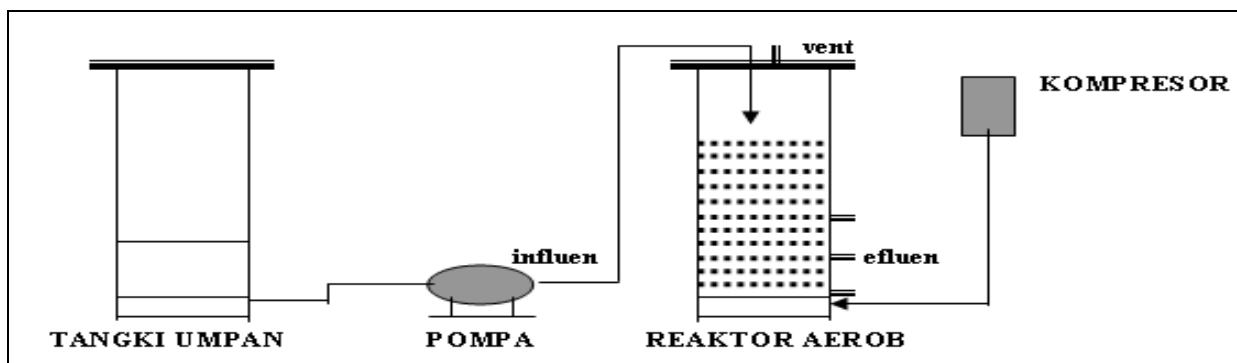
Dimana,

$$[\text{konsentrasi laktat yang bereaksi}] = [\text{konsentrasi laktat awal} - \text{konsentrasi laktat akhir reaksi}] \quad (14)$$

$$[\text{konsentrasi asetat yang bereaksi}] = [\text{konsentrasi asetat awal} + \text{konsentrasi asetat dari laktat} - \text{konsentrasi asetat akhir reaksi}] \quad (15)$$

## 2. METODOLOGI

Bioreaktor aerob yang digunakan adalah *Circulating Bed Reactor* (CBR). Pengadukan dilakukan dengan mengalirkan oksigen melalui *sparger* di dasar reaktor. Seluruh reaktor terbuat dari *fiberglass*, berbentuk tabung dengan  $\phi$  12 cm dan tinggi 40 cm seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaktor Penelitian

Seeding dan aklimatisasi dilakukan secara *batch*. Benih biomassa diambil dari *septic tank* sebanyak 100 ml/ 3 l volume reaktor.

Benih ditumbuhkan dalam kondisi aerob dengan DO tidak kurang dari 3 mg/l pada suhu 20°C. pH dijaga sekitar 6,5–8,5 dengan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Asetat dan laktat digunakan sebagai sumber karbon, sebagai sumber Nitrogen dan Fosfor digunakan NH<sub>4</sub>Cl dan Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari persamaan (1) dapat ditentukan koefisien yield selama periode pengisian dengan mencari hubungan antara jumlah substrat,  $Q \cdot S_o \cdot t$  (mg) dengan jumlah biomassa,  $X^1$  (mg), sehingga diperoleh persamaan garis dengan slope yang tidak lain merupakan koefisien yield,  $Y_{x/s}$ . Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Koefisien Yield dan  $r^2$

Beban (mg/l)	$Y_{x/s}$ (g VSS/g COD)	$r^2$
600	2,0437	0,8937
1800	0,8801	0,9786
3400	0,5556	0,9481
4800	0,4288	0,9919

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa yield (Y) pada periode pengisian, kecuali untuk beban 600 mg/l, berkisar antara 0,42-0,88 gVSS/g COD. Hasil ini sesuai dengan koefisien yield yang direkomendasikan oleh Metcalf & Eddy, (1991) untuk activated sludge yang berkisar antara 0,4-0,8 gVSS/gCOD. Bernet dkk (2000), juga melaporkan yield yang diperoleh dalam penelitiannya menggunakan phenol sebagai substrat, sebesar 0,27-0,52 gVSS/gCOD. Sedangkan Ibrahim & Abasheed, 1995 dalam modelling yang mereka buat untuk suatu operasi SBR menggunakan koefisien yield sebesar 0,5 gVSS/gCOD. Yield di dalam sistem aerobik heterotrop berada dalam range 0,4-0,6 gVSS/gCOD. Sementara Benefield & Randal, 1980, merekomendasikan harga yield air buangan domestik sebesar 0,35-0,50. Harga-harga tersebut merupakan harga yang diperoleh dalam kondisi aerob untuk berbagai macam substrat.

Hasil yang diperoleh menunjukkan, semakin kecil beban, maka yield akan semakin besar, artinya untuk beban yang lebih kecil laju substrat yang digunakan relatif lebih sedikit dibandingkan laju pertumbuhan selnya. Seiring dengan naiknya be-

ban jumlah substrat yang dikonsumsi juga naik. Laju pertumbuhan biomassa berjalan lebih lambat dibandingkan laju penyisihan substratnya. Fenomena ini terjadi karena biomassa yang teraklimatisasi pada beban lebih besar punya kecenderungan untuk tumbuh lebih lambat namun kemampuan mendegradasi substrat lebih baik dibanding biomassa yang teraklimatisasi pada beban yang lebih kecil.

Laju pemakaian substrat (k) ditentukan berdasarkan Persamaan (5), dengan pengeplotan jumlah substrat  $S'$  terhadap waktu pengisian. Hasil selengkapnya dimuat dalam Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Penentuan Nilai k dan  $r^2$  pada Penyisihan Substrat

Beban (mg/l)	k (1/jam)	$r^2$
600	0,162315	0,999
1800	0,456885	0,9998
3400	0,41921	0,9968
4800	0,420595	0,9994

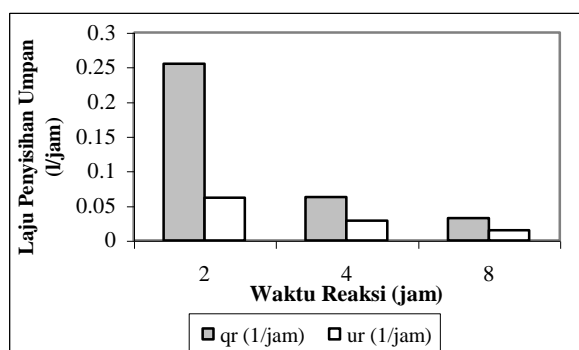
Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa harga k dari interpretasi slope grafik dalam persamaan kuadrat, seluruhnya bernilai positif, artinya selama periode pengisian laju penyisihan substrat lebih besar dibandingkan laju penambahan substrat. Hal ini terjadi karena proses yang digunakan adalah proses aerob dan beban yang dimasukkan relatif kecil. Harga k yang bernilai positif juga menunjukkan bahwa pemakaian substrat pada periode kedua waktu pengisian lebih besar dibandingkan periode pertama. Sehingga di akhir periode kedua jumlah substrat menjadi lebih rendah dari yang seharusnya.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa laju penyisihan substrat paling tinggi terjadi pada beban 1800 mg/l, diduga karena beban 1800 mg/l merupakan beban optimum dari suatu proses aerob<sup>31</sup>. Setelah itu semakin besar beban terdapat kecenderungan bahwa harga k semakin naik artinya laju penyisihan substrat menjadi semakin *significant* selama periode pengisian. Diduga hal ini terjadi hingga mencapai suatu beban tertentu. Dimana setelah beban tersebut tercapai, penambahan beban justru akan menyebabkan laju penyisihan substrat menjadi berkurang. Lebih jauh akan dicapai suatu titik dimana yang dominan pada saat itu adalah laju penambahan substrat, sehingga laju penyisihan substrat jauh lebih kecil dibandingkan laju penambahan substratnya, sehingga bisa diabaikan atau dianggap ti-

dak terjadi reaksi penyisihan. Pada titik tersebut harga  $k$  akan bernilai  $\leq 0$ . Sebaliknya hasil yang diperoleh dari grafik kontrol untuk masing-masing beban menunjukkan harga  $k$  yang bernilai negatif. Artinya laju penyisihan jauh lebih kecil dibandingkan laju penambahan substrat selama periode pengisian berlangsung. Dalam kondisi ini penyisihan yang terjadi hanya disebabkan oleh pengenceran.

Pengaruh pengenceran pada kontrol dapat dilihat dengan harga  $k$  yang negatif untuk seluruh kontrol beban. Harga  $k$  yang negatif ini juga mengandung arti bahwa diawal proses pengisian, katakana dalam periode pertama waktu pengisian, pengenceran berperan dalam penyisihan substrat namun seiring dengan pertambahan beban penyisihan substrat oleh pengenceran semakin menjadi tidak berarti. Dan di akhir periode pengisian laju penyisihan substrat terhadap penambahan jumlah substrat sangat kecil. Meskipun demikian secara keseluruhan proses penyisihan karena pengenceran masih cukup berperan.

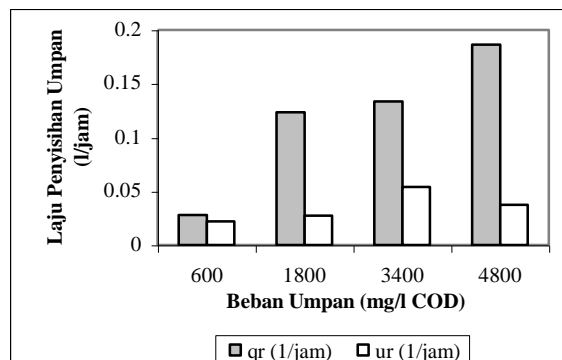
Besarnya rata-rata laju pemakaian substrat untuk berbagai variasi waktu reaksi dan beban umpan dihitung dengan Persamaan (6). Hasil selengkapnya diilustrasikan dalam Gambar 2 dan Gambar 3 berikut ini.



**Gambar 2.** Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Rata-rata Laju Penyisihan Substrat (qr) dan Pertumbuhan Biomassa (ur)

Dari Gambar 2 terlihat, semakin lama waktu reaksi, laju pemakaian substrat semakin kecil, menurun secara eksponensial. Hal ini berkaitan dengan konsentrasi substrat yang semakin lama semakin berkurang. Konsentrasi substrat yang berkurang akan berpengaruh terhadap pertumbuhan biomassa. Biomassa yang diawal periode reaksi sudah hampir berada pada fase stasioner mulai turun. Penurunan secara tajam terjadi dari 2 sampai dengan 4 jam

waktu reaksi. Sedangkan dari 4 sampai dengan 8 jam, angka pemakaian substrat relatif lebih kecil mengingat jumlah substrat pada kurun waktu tersebut sudah sangat terbatas.



**Gambar 3.** Pengaruh Beban Umpan terhadap Rata-rata Laju Penyisihan Substrat (qr) dan Pertumbuhan Biomassa (ur)

Dari Gambar 3 terlihat laju pemakaian substrat cenderung naik seiring dengan kenaikan beban. Karena dengan jumlah beban yang lebih besar, akan memperbesar kemungkinan biomassa untuk dapat tumbuh dengan lebih besar lagi. Angka pertumbuhan yang lebih besar pada gilirannya berpengaruh terhadap laju konsumsi substrat. Namun tidak tertutup kemungkinan kenaikan beban dapat menghambat laju pemakaian substrat. Keadaan ini berkaitan dengan konsentrasi beban optimum yang dibutuhkan oleh biomassa.

Hasil yang diperoleh menunjukkan, laju pertumbuhan biomassa turun seiring dengan penambahan waktu reaksi. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara penurunan laju pertumbuhan biomassa dengan penurunan laju konsumsi substrat. Karena ketika periode reaksi dimulai sebenarnya fase pertumbuhan biomassa sudah berada pada fase declining akhir atau memasuki fase stasioner. Gambar 2, menyatakan bahwa di awal waktu reaksi laju pertumbuhan biomassa sebesar  $0,06 \approx 0$ , artinya laju pertumbuhan pada saat itu sudah sangat lambat dan akan bertambah lambat mendekati konstan seiring dengan penambahan waktu reaksi. Pada saat waktu reaksi 8 jam laju pertumbuhan biomassa hanya sebesar 0,01. Terjadi penurunan tajam angka pertumbuhan dari 2 sampai dengan 4 jam waktu reaksi dibandingkan periode 4 sampai dengan 8 jam. Diduga hal ini yang menyebabkan pada periode yang sama laju pemakaian substrat menurun secara drastis.

Kenaikan beban umpan berturut-turut dari 600, 1800 dan 3400 mg/l meningkatkan laju pertumbuhan biomassa. Bila beban umpan terus dinaikkan hingga konsentrasi 4800 mg/l laju pertumbuhan biomassa akan turun. Diduga karena beban 4800 mg/l telah melewati beban optimum sehingga kenaikan beban justru mengganggu laju pertumbuhan, sesuai dengan rekomendasi pengolahan secara aerob untuk beban yang tidak lebih dari 4000 mg/l COD.

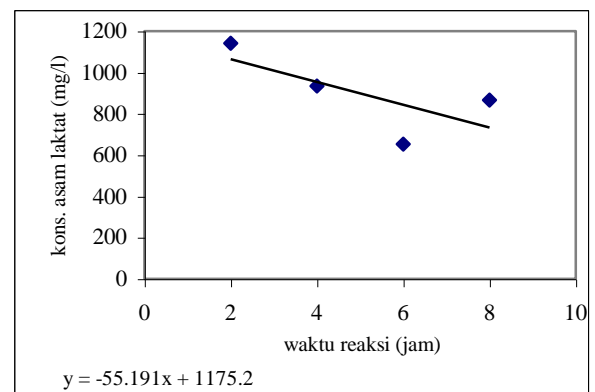
Laju kematian biomassa dan koefisien yield ditentukan berdasarkan hubungan jumlah biomassa dan jumlah substrat pada Persamaan (9), sehingga diperoleh slope yang merupakan  $Y$  dan intersepnya merupakan nilai  $K_d$ . Berdasarkan *scatter* data, terdapat dua kecenderungan yaitu untuk beban 600-1800 mg/l dan 3400-4800 mg/l seperti dalam Gambar 3. Dari gambar tersebut diperoleh persamaan garis  $y = 0,9294x - 0,0169$  untuk beban 600-1800 mg/l dan  $y = 0,3907x - 0,0038$  untuk beban 3400-4800 mg/l. Artinya untuk beban 600-1800 mg/l laju kematian biomassa ( $K_d$ ) = 0,0169 jam<sup>-1</sup> dan koefisien yield ( $Y$ ) = 0,9294 gVSS/gCOD. Sedangkan untuk beban 3400-4800 mg/l diperoleh laju kematian biomassa ( $K_d$ ) = 0,0038 jam<sup>-1</sup> dan koefisien yield ( $Y$ ) = 0,3907 gVSS/gCOD. Metcalf & Eddy (1991), merekomendasikan harga laju kematian biomassa untuk *mixculture* dengan substrat glukosa pada temperatur 30°C sebesar 0,023 jam<sup>-1</sup>. Masih dari sumber yang sama, harga  $K_d$  yang diperoleh dari penelitian pada industri pemrosesan daging unggas sebesar 0,030 jam<sup>-1</sup> dan untuk air buangan domestik harganya jauh lebih kecil yang berkisar antara 0,0020-0,0029 jam<sup>-1</sup>. Laju kematian ( $K_d$ ) beban 600-1800 mg/l lebih besar dibandingkan beban 3400-4800 mg/l. Hal ini terjadi karena beban 600-1800 mg/l jumlah substratnya lebih kecil dibandingkan beban 3400-4800 mg/l.

Sedangkan harga  $Y$  yang diperoleh untuk beban 600-1800 mg/l sebesar 0,9294 gVSS/gCOD mendekati harga  $Y$  yang direkomendasikan oleh Metcalf & Eddy untuk proses *activated sludge* untuk limbah domestik sebesar 0,4-0,8 gVSS/gCOD dengan harga optimum sebesar 0,6 gVSS/gCOD. Harga  $Y$  yang diperoleh untuk beban 3400-4800 mg/l sebesar 0,3907 gVSS/gCOD.

Ibrahim & Abasaed (1995), melaporkan yield glukosa dalam suatu operasi SBR secara aerob sebesar 0,5 gVSS/gCOD. Bernet et al, 2000, melaporkan

yield dalam pengolahan phenol berkonsentrasi tinggi dalam SBR aerob berkisar antara 0,27-0,52 gVSS/gCOD. Perbedaan harga  $Y$  satu sama lain disebabkan oleh perbedaan jenis mikroorganisme dan substratnya.

Berdasarkan hubungan yang ada pada Persamaan (12a), bila konsentrasi asam nonvolatile (mg/l) diplotkan terhadap waktu reaksi (jam) akan diperoleh slope grafik yang menyatakan laju penyisihan asam nonvolatile ( $r_1$ ) selama periode reaksi. Dari Persamaan (13a) dapat ditentukan konstanta laju penyisihan asam non volatile menjadi asam volatile ( $k_1$ ). Contoh perhitungan untuk beban 3400 mg/l diilustrasikan pada Gambar 4. Dengan cara yang sama dapat ditentukan harga  $r_1$  dan  $k_1$  untuk beban 600, 1800 dan 4800 mg/l. Hasil selengkapnya terdapat pada Tabel 3.



**Gambar 4.** Waktu Reaksi Terhadap Konsentrasi Asam Non Volatile Dalam Penentuan Laju Penyisihan Asam Non Volatile

**Tabel 3.** Laju Penyisihan ( $r_1$ ) dan Konstanta Laju Penyisihan ( $k_1$ ) Asam Non Volatile Pada Periode Reaksi

Kons. Beban (mg/l COD)	$r_1$ (mg/l.jam)	$C_1$ (mg/l)	$k_1$ (l/jam)
600	49,1	316,94	0,154919
1800	50,17	324,06	0,154817
3400	55,19	274,29	0,20121
4800	56,45	326,77	0,172751

Dari data yang diperoleh terlihat bahwa semakin besar beban maka laju penyisihan asam nonvolatile semakin tinggi. Hal ini mendukung fenomena sebelumnya dimana laju penyisihan COD semakin besar seiring dengan kenaikan beban. Disebabkan asam nonvolatile merupakan fraksi terbesar dalam beban umpan.

Berdasarkan Persamaan (12), bila konsentrasi asam volatile (mg TAV/l) diplotkan terhadap waktu reaksi (jam) akan diperoleh persamaan garis dengan slope grafik yang menyatakan laju penysisihan asam volatile ( $r_{total}$ ) selama periode reaksi. Ada dua macam laju penysisihan yang terjadi, yaitu laju penysisihan yang disebabkan oleh aktivitas biomassa yang mengubah asam volatile menjadi gas ( $r_2$ ) dan laju penysisihan karena penguapan ( $r_{kontrol}$ ). Sehingga dari Persamaan (13) dapat ditentukan konstanta laju penysisihan asam volatile menjadi gas ( $k_2$ ). Hasil perhitungan untuk seluruh beban dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Laju Penysisihan ( $r_2$ ) dan Konstanta Laju Penysisihan ( $k_2$ ) Asam Volatile pada Periode Reaksi

Konsentrasi Beban (mg/l COD)	$r_{total}$ (mg TAV/l.jam)	$r_{kontrol}$	$r_2$	$C_2$ (mgTAV/l)	$k_2$ (l/jam)
600	1,9	1,2	0,7	223,3	0,0031
1800	1,85	0,3	1,55	232,04	0,0067
3400	3,51	1,35	2,16	209,86	0,0103
4800	3,75	1,05	2,7	241,85	0,0112

Seperti halnya asam nonvolatile, semakin besar beban umpan maka laju penysisihan asam volatile semakin tinggi, karena pada beban yang besar konsentrasi asam volatile juga lebih tinggi. Sehingga akan memperbesar kemungkinan biomassa untuk tumbuh yang pada gilirannya akan berpengaruh terhadap laju penysisihan substrat dalam hal ini asam volatile. Konstanta laju penysisihan asam volatile menjadi gas ( $k_2$ ) jauh lebih kecil dibandingkan konstanta laju penysisihan asam nonvolatile menjadi asam volatile ( $k_1$ ). Hal ini ada hubungannya dengan komposisi asam volatile dan nonvolatile dalam reaktor.

#### 4. KESIMPULAN

Selama periode pengisian diperoleh koefisien yield berkisar antara 0,40-0,88 g VSS/g COD. Semakin kecil beban maka yield yang diperoleh semakin besar, artinya untuk beban yang lebih kecil laju substrat yang digunakan relatif lebih sedikit dibandingkan laju pertumbuhan biomasanya. Selama periode ini harga laju penysisihan substrat ( $k$ ), bernilai positif menunjukkan bahwa selama periode pengisian laju penysisihan substrat lebih besar dibandingkan laju penambahan substrat. Dapat juga disimpulkan bahwa pemakaian substrat pada periode kedua waktu pengisian lebih besar dibanding-

kan periode pertama. Sehingga di akhir periode kedua jumlah substrat menjadi lebih rendah dari yang seharusnya. Selama periode reaksi, semakin lama waktu reaksi laju pemakaian substrat semakin kecil, dan laju pertumbuhan biomassa juga turun seiring dengan penambahan waktu reaksi. Hal ini menunjukkan laju penysisihan substrat sangat dipengaruhi oleh laju pertumbuhan biomassa. Seiring dengan kenaikan beban laju pemakaian substrat cenderung naik. Dapat disimpulkan beban optimum ada pada sekitar beban 3400-4800 mg/l. Pada periode reaksi diperoleh laju kematian ( $K_d$ ) sebesar 0,0038-0,0169  $\text{jam}^{-1}$  dan koefisien yield sebesar 0,39-0,93 gVSS/gCOD. Semakin besar beban umpan laju penysisihan asam nonvolatile dan asam volatile juga semakin besar. Konstanta laju penysisihan asam volatile menjadi gas ( $k_2$ ) lebih kecil dibandingkan konstanta laju penysisihan asam nonvolatile menjadi asam volatile ( $k_1$ ).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dewan Riset Nasional dan Kantor MNRT yang telah mendanai penelitian ini yang merupakan bagian dari penelitian RUT VII.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bernet, N., Delgenes, N., Akunna, J. C., Delgenes, J. P., Moletta, R. (2000). **Combined Anaerobic-Aerobic SBR for The Treatment of Piggery Wastewater.** *Water Research.* Vol. 34(2). pp. 611-619.
- Djajadiningrat, A. dan Wisjnuaprpto. (1990). **Bio-reaktor Pengolah Limbah Cair.** Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Teknologi Bandung.
- Ibrahim, G., and Abasaheed, A.E. (1995). **Modelling of Sequencing Batch Reactors.** *Water Research.* Vol 29(7). pp.1761-1766.
- Metcalf and Eddy. (1991). **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse.** McGraw-Hill. Singapore.
- Reynolds, T.D. dan Richards, P.A. (1996). **Unit Operation and Processes in Environmental Engineering.** PWS Publishing Company. New York.