

PENGARUH KONSENTRASI INFLUEN DAN KECEPATAN UPFLOW TERHADAP PENYISIHAN BOD DAN COD PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK ARTIFICIAL (GREY WATER) MENGGUNAKAN REAKTOR UASB

V.Raras Anindita, Sudarno, Syafrudin
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH Tembalang, Semarang

ABSTRACT

In this experiment, we knew the optimum condition of reactor UASB to process artificial waste water (grey water from domestic waste water) with different influent concentration and upflow velocity. Grey water is used because in fact, people just let it be as like it is, so it can contaminate the water bodies. UASB reactor that used in this experiment is laboratory scale reactor. Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) are dependent variable in this experiment. Variation of influent concentration that used are (COD) : low ($\pm 155 \text{ mg/l}$), low-medium ($\pm 560 \text{ mg/l}$), medium ($\pm 840 \text{ mg/l}$), medium-high ($\pm 1120 \text{ mg/l}$), high concentration ($\pm 1400 \text{ mg/l}$) and BOD : low ($\pm 107 \text{ mg/l}$), low-medium ($\pm 350 \text{ mg/l}$), medium ($\pm 525 \text{ mg/l}$), medium-high ($\pm 700 \text{ mg/l}$), high concentration ($\pm 875 \text{ mg/l}$). Variation of upflow velocity that used are 0,15 m/hour, 0,1 m/hour, 0,075 m/hour, 0,06 m/hour and 0,05 m/hour. The optimum conditions of the UASB reactor for BOD and COD removal in the variation of upflow velocity were achieved at low upflow velocity of 0.05 m/hour ($1,38 \times 10^{-5} \text{ m/s}$). In spite of it, with variation of influent concentration, the optimum conditions of the UASB reactor for BOD and COD removal were achieved at medium concentrations at $\pm 525 \text{ mg/l}$ for BOD and $\pm 840 \text{ mg/l}$ for COD. The efficiency removal of this experiment were maximum, BOD on 75% and COD on 77%. The reactor with low upflow velocity can give extra time to microorganisms to elaborate waste water substrat so the efficiency removal get increased.

Keywords : grey water domestic wastewater, UASB, influent concentration, upflow velocity

PENDAHULUAN

Air limbah domestik terbagi dalam dua kategori, yaitu *grey water* dan *black water*. *Black water* berasal dari toilet (feses, urin, dan air pembilasan) sedangkan *grey water* berasal dari kegiatan mandi, cuci, dan dapur (Henze and Ledin, 2001). Air limbah domestik memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap pencemaran badan air. Air limbah domestik merupakan sumber utama pencemar badan air, yang angkanya mencapai 60%.

Black water selama ini oleh penduduk umumnya ditampung dalam tangki septik. Sedangkan, pada *grey water* selama ini hampir semuanya oleh penduduk langsung

dibuang begitu saja ke saluran-saluran drainase yang kemudian akan berujung di badan air tanpa ada pengolahan sebelumnya. Keberadaan *grey water* tanpa adanya pengolahan yang masuk ke badan air dapat menyebabkan penurunan kualitas badan air, mengingat kontaminan pencemar yang terkandung dalam *grey water*. Menurut Hansen dan Kjellerup (1994) dalam Eriksson et al (2002), jumlah total *grey water* sendiri diperkirakan mencapai 75% dari volume limbah campuan domestik. Hal tersebut menunjukkan bahwa *grey water* jumlahnya mendominasi dalam air limbah domestik. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan

pengolahan terhadap air limbah domestik *grey water* sebelum dibuang ke badan air agar tidak mencemari lingkungan dan menyebabkan turunnya derajat kesehatan. Pengambilan sampel air limbah domestik *grey water* yang digunakan dalam penelitian dilakukan di Kelurahan Gabahan dan Perumahan BSB, Kota Semarang.

Salah satu alternatif pengolahan secara anaerob yang dapat diterapkan yaitu reaktor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). UASB digunakan karena dapat dioperasikan di daerah tropis. Marchaim (1992), menyatakan bahwa UASB banyak diterapkan di daerah tropis yang biasanya bersuhu lebih dari 20°C. Selain itu menurut Shanmugam dan Akunna (2008), reaktor UASB mempunyai kemampuan mengolah air limbah dengan beban organik tinggi dan toleran terhadap beban kejut (*shock loading*). Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi influen serta kecepatan *upflow* untuk mendapatkan kondisi optimum reaktor UASB dalam menyisihkan parameter BOD dan COD pada air limbah domestik *grey water*.

Beberapa hasil penelitian terdahulu mengenai pengolahan limbah domestik menggunakan UASB, salah satunya menurut Primayekti, dkk (2011), efisiensi penyisihan UASB terhadap air limbah domestik *grey water* pada BOD adalah sebesar 81-85% dan COD sebesar 71-75%. Menurut Anif, dkk (2012) efisiensi penyisihan UASB terhadap air limbah domestik campuran pada BOD sebesar 51-76% dan COD sebesar 39-69%. Sedangkan, efisiensi penyisihan UASB terhadap air limbah domestik *black water* pada BOD 43-56% dan COD 40-53%. Pada penelitian UASB yang lain dengan beban organik 5,75 kg COD/m³. hari, efisiensi reduksi COD sebesar 80 – 85% dapat dicapai (Chinnaraj dan Rao, 2005). Pada sistem dengan beban organik maksimal 6 kg COD/m³.hari, efisiensi reduksi COD maksimum sebesar 88,38% dapat diperoleh (Natpinit, et al., 2004). Pada penelitian Kristaufan (2010), pada waktu tinggal 24 jam dipersingkat hingga 10 jam reaktor UASB

dapat mereduksi COD hingga 87 %, dan BOD hingga 95%,

METODOLOGI

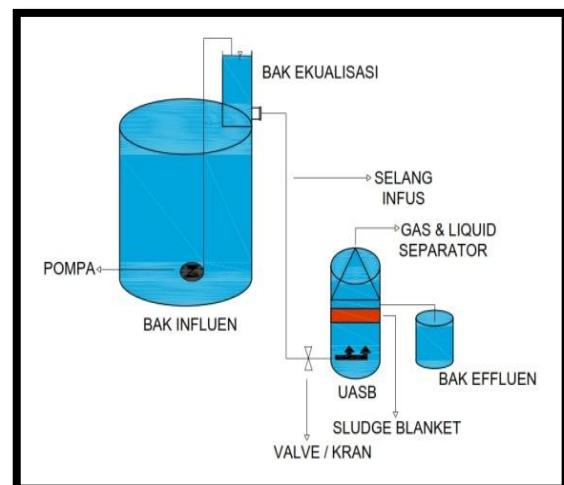
Dalam penelitian ini dilakukan 5 variasi konsentrasi dan 5 variasi kecepatan *upflow*. Variasi konsentrasi ditentukan berdasarkan hasil uji karakteristik air limbah domestik *grey water* pada Kelurahan Gabahan, Kecamatan Semarang Tengah dan Perumahan BSB, Kecamatan Mijen, Kota Semarang. Berdasarkan hasil uji karakteristik tersebut, konsentrasi air limbah domestik *grey water* pada Kelurahan Gabahan menunjukkan nilai yang lebih tinggi daripada konsentrasi air limbah domestik *grey water* Perumahan BSB, oleh karena itu karakteristik air limbah domestik *grey water* Kelurahan Gabahan dijadikan sebagai patokan variasi konsentrasi tinggi dan karakteristik air limbah domestik *grey water* Perumahan BSB dijadikan patokan variasi konsentrasi rendah. Variasi konsentrasi sedang ditentukan dari nilai tengah konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi. Konsentrasi rendah-sedang, diambil dari nilai tengah konsentrasi rendah dan konsentrasi sedang. Konsentrasi sedang-tinggi ditentukan dari nilai tengah konsentrasi sedang dan konsentrasi tinggi. Jadi pada kesimpulannya ada 5 variasi konsentrasi yang digunakan dalam penelitian, yaitu konsentrasi rendah, rendah-sedang, sedang, sedang-tinggi, dan tinggi.

Reaktor UASB yang digunakan memiliki volume 4,86 liter, dengan diameter 10,16 cm/ atau sekitar 4 inch dan tinggi reaktor = 60 cm. Total jumlah reaktor yang dioperasikan sebanyak 25 buah. Dalam penelitian ini terdapat 5 rangkaian dengan 5 variasi konsentrasi berbeda. Pada tiap 1 rangkaian, terdiri dari 1 variasi konsentrasi dimana pada konsentrasi tersebut bekerja 5 reaktor dengan *upflow* berbeda. Variasi kecepatan *upflow* yang digunakan sebesar 0,15 m/jam, 0,1 m/jam, 0,075 m/jam, 0,06 m/jam, dan 0,05 m/jam. Kecepatan *upflow* diatur dengan menggunakan keran infus melalui debit yang masuk ke reaktor.

Limbah yang digunakan selama penelitian ini adalah limbah artificial. Limbah artificial dibuat dari bahan glukosa dan akuades. Limbah artificial tersebut dibuat berdasarkan variasi konsentrasi yang ditentukan dari hasil uji karakteristik limbah asli yang berasal dari limbah domestik *grey water* Kelurahan Gabahan dan Perumahan BSB. Glukosa digunakan sebagai penghasil nilai BOD dan COD, dimana patokan nilai BOD dan COD disesuaikan dengan variasi konsentrasi dari hasil uji karakteristik limbah. Untuk membuat limbah artificial dengan nilai BOD COD tersebut, dilakukan dengan cara *trial and error*, yang kemudian diplotkan pada kurva penentuan massa untuk memperoleh nilai yang tepat (gram). Selain itu, ditambahkan pula nutrien lain berupa N dan P yang berasal dari pupuk urea dan SP36 dengan rasio perbandingan C : N : P sebesar 300 : 5 : 1. Dari rasio tersebut kemudian diperoleh diperoleh nilai N dan P yang digunakan dalam penlitian. Hasil uji karakteristik air limbah domestik Kelurahan Gabahan dan Perumahan BSB dapat dilihat pada tabel 1. Sedangkan rangkaian reaktor UASB dalam tiap 1 variasi konsentrasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Air Limbah Domestik Kelurahan Gabahan dan Perumahan BSB

No	Parameter	Satuan	Kelurahan Gabahan	Perumahan BSB
1	BOD	mg/l	673	107
2	TSS	mg/l	930	104
3	COD	mg/l	1400	155
4	Minyak dan lemak	mg/l	-	6,3
5	pH	-	7,3	6,77



Gambar 1
Skema Rangkaian Reaktor UASB

Gambar 1 menggambarkan skema tiap 1 rangkaian reaktor UASB dalam tiap variasi konsentrasi. Pada penelitian ini, dijalankan 5 rangkaian seperti pada gambar dimana berada dalam 5 variasi konsentrasi. Tiap 1 rangkaian terdiri dari bak influen, bak ekualisasi, 5 reaktor UASB, bak effuen, dan selang sebagai pengantar air limbah (baik selang influen maupun selang effluen).

Sistem kerjanya adalah, air limbah yang berada dalam bak influen dipompakan ke bak ekualisasi terlebih dahulu. Fungsi dari bak ekualisasi ini adalah untuk meratakan aliran yang masuk ke reaktor. Hal ini terjadi karena adanya fluktuasi debit yang terjadi. Oleh karena itu, dengan adanya bak ekualisasi ini fluktuasi debit yang terjadi tidak terlalu besar. Dari bak ekualisasi, kemudian dialirkan ke masing-masing reaktor dengan menggunakan selang influen. Pengaturan debit dilakukan dengan menggunakan keran infus. Setelah air limbah masuk ke reaktor dan melalui proses pengolahan dalam UASB, air limbah kemudian keluar melalui selang effluen dan ditampung dalam bak effuen.

Dalam pelaksanaan penelitian ini, terdapat dua tahap yang dilakukan, yaitu tahap aklimatisasi dan tahap *running*. Tahap aklimatisasi dibagi lagi menjadi dua, yaitu tahap aklimatisasi 50% dan tahap aklimatisasi 100%. Tahap aklimatisasi ini dimulai dengan pemberian konsentrasi 50% dalam reaktor untuk mencegah terjadinya *shock loading*,

kemudian setelah dicapai nilai efisiensi penurunan COD yang stabil, konsentrasi dalam reaktor dinaikkan menjadi 100%. Pada tahap aklimatisasi 50%, konsentrasi limbah dibuat 50% dari konsentrasi limbah aslinya. Sedangkan pada aklimatisasi 100%, konsentrasi limbah yang digunakan sesuai dengan konsentrasi limbah aslinya. Selama tahap aklimatisasi parameter yang diuji hanya parameter COD, sedangkan pada tahap *running* parameter yang diuji adalah BOD dan COD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi konsentrasi limbah artificial yang digunakan selama penelitian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Variasi Konsentrasi Limbah Artificial

No.	Variasi Konsentrasi	Konsentrasi (mg/l)	
		COD	BOD
1	Rendah	155	107
2	Rendah-Sedang	560	350
3	Sedang	840	525
4	Sedang-Tinggi	1120	700
5	Tinggi	1400	875

Nilai variasi konsentrasi yang tercantum pada tabel 2 merupakan nilai konsentrasi untuk aklimatisasi 100%-*running*, dimana nilainya sesuai dengan rentang variasi konsentrasi yang sudah ditentukan dari hasil uji karakteristik limbah asli. Untuk tahap aklimatisasi 50%, nilai konsentrasi limbah yang digunakan sebesar 50% dari konsentrasi limbah asli atau nilai konsentrasi yang tercantum yang tercantum pada tabel 2.

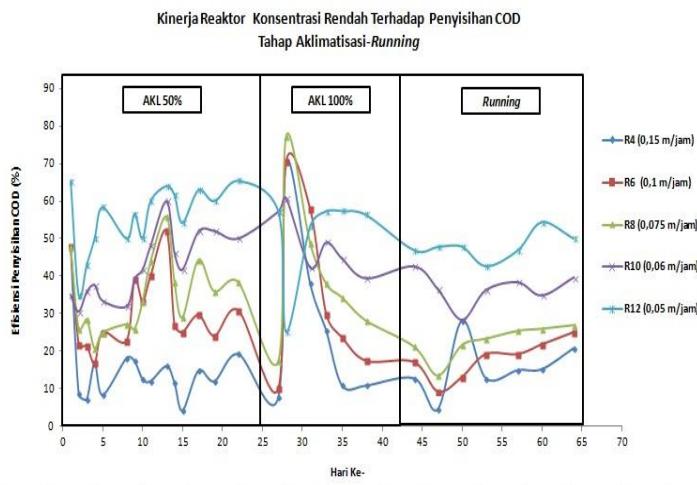
Variasi kecepatan *upflow* yang digunakan selama penelitian dapat dilihat pada tabel 3. Pada tabel 3 tercantum kondisi pengoperasian reaktor UASB selama pelaksanaan penelitian, dengan penggunaan

masing-masing variasi konsentrasi dan kecepatan *upflow*.

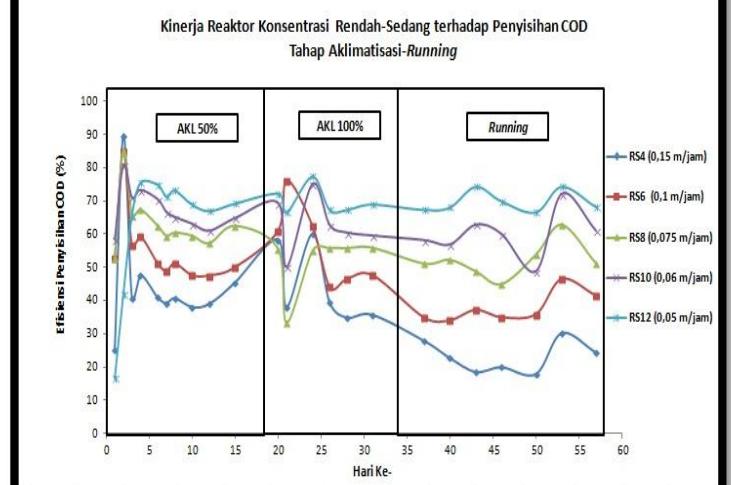
Tabel 3. Kondisi Pengoperasian Reaktor yang Digunakan dalam Penelitian

No	Reaktor	Variasi Kons.	HRT	Variasi Vup	
				jam	m/jam
1	R4	Rendah	4	0,15	$4,2 \times 10^{-5}$
2	R6	Rendah	6	01	$2,8 \times 10^{-5}$
3	R8	Rendah	8	0,075	$2,1 \times 10^{-5}$
4	R10	Rendah	10	0,06	$1,67 \times 10^{-5}$
5	R12	Rendah	12	0,05	$1,38 \times 10^{-5}$
6	RS4	Rendah	4	0,15	$4,2 \times 10^{-5}$
7	RS6	Rendah	6	01	$2,8 \times 10^{-5}$
8	RS8	Rendah	8	0,075	$2,1 \times 10^{-5}$
9	RS10	Rendah	10	0,06	$1,67 \times 10^{-5}$
10	RS12	Rendah	12	0,05	$1,38 \times 10^{-5}$
11	S4	Rendah	4	0,15	$4,2 \times 10^{-5}$
12	S6	Rendah	6	01	$2,8 \times 10^{-5}$
13	S8	Rendah	8	0,075	$2,1 \times 10^{-5}$
14	S10	Rendah	10	0,06	$1,67 \times 10^{-5}$
15	S12	Rendah	12	0,05	$1,38 \times 10^{-5}$
16	ST4	Rendah	4	0,15	$4,2 \times 10^{-5}$
17	ST6	Rendah	6	01	$2,8 \times 10^{-5}$
18	ST8	Rendah	8	0,075	$2,1 \times 10^{-5}$
19	ST10	Rendah	10	0,06	$1,67 \times 10^{-5}$
20	ST12	Rendah	12	0,05	$1,38 \times 10^{-5}$
21	T4	Rendah	4	0,15	$4,2 \times 10^{-5}$
22	T6	Rendah	6	01	$2,8 \times 10^{-5}$
23	T8	Rendah	8	0,075	$2,1 \times 10^{-5}$
24	T10	Rendah	10	0,06	$1,67 \times 10^{-5}$
25	T12	Rendah	12	0,05	$1,38 \times 10^{-5}$

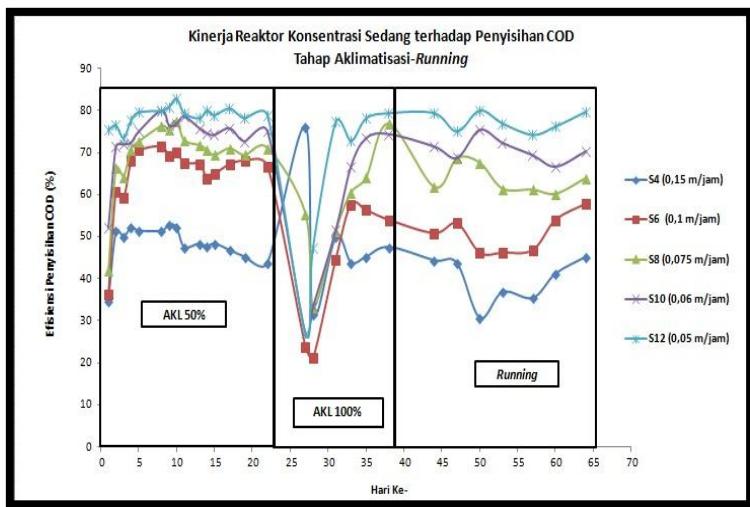
Pengaruh Kecepatan Upflow terhadap Penyisihan BOD dan COD



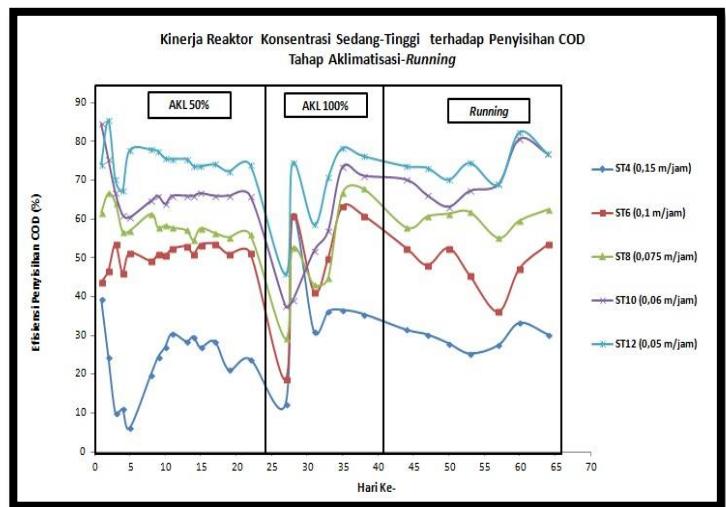
Gambar 2. Grafik Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Rendah



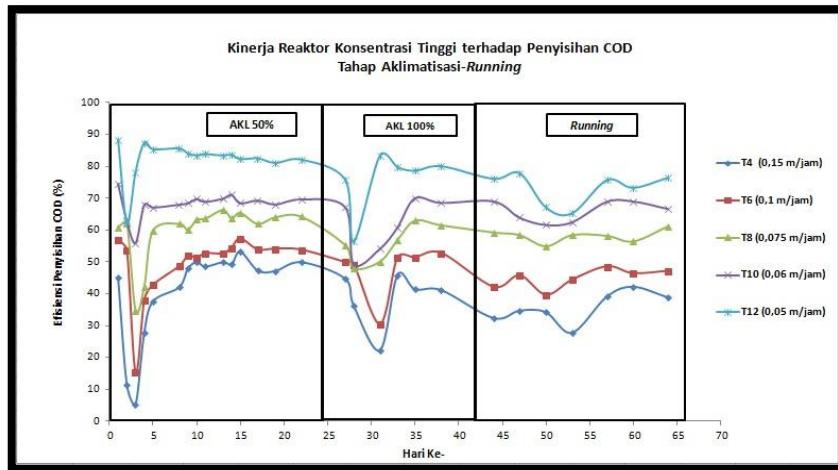
Gambar 3. Grafik Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Rendah-Sedang



Gambar 4. Grafik Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Sedang



Gambar 5. Grafik Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Sedang-Tinggi



Gambar 6. Grafik Efisiensi Penyisihan COD Konsentrasi Tinggi.

Selama tahap aklimatisasi-*running* dari konsentrasi rendah, rendah-sedang, sedang, sedang-tinggi, dan tinggi, pada periode awal aklimatisasi, baik 50% maupun 100% fluktuasi penurunan COD yang terjadi masih cukup besar sampai akhirnya mencapai ketabilan kinerja yang ditunjukkan dengan efisiensi penyisihan yang mulai stabil dan berada pada kisaran yang tidak berbeda jauh. Al-Shayah and Mahmoud (2008), menyatakan bahwa ketabilan reaktor dalam menyisihkan konsentrasi parameter COD ini akan tercapai seiring dengan bertambahnya waktu. Hal ini dikarenakan pada periode awal aklimatisasi, bakteri memerlukan waktu untuk beradaptasi dengan substrat dan kondisi lingkungannya. Menurut Tchobanoglous *et al* (2003), bakteri berada dalam tahap fase lag, fase dimana bakteri melakukan penyesuaian diri dengan lingkungan yang baru seperti pH, temperture, salinitas, dll. Schnurer and Jarvis (2009), juga menyatakan bahwa pada awal aklimatisasi lumpur belum dapat beradaptasi dengan limbah karena mikroorganisme pada inokulum (benih lumpur) memerlukan waktu untuk beradaptasi dengan substrat. Terjadinya kematian bakteri yang tidak bisa beradaptasi dengan lingkungan baru juga memungkinkan terjadi pada periode awal aklimatisasi tersebut.

Pada tahap aklimatisasi 100%, dimana terjadi peningkatan konsentrasi influen dari 50% menjadi 100% menyebabkan bakteri harus kembali beradaptasi dengan konsentrasi influen yang diberikan. Adanya aliran substrat senyawa organik berkadar tinggi dapat mengakibatkan timbulnya akumulasi asam lemak volatil hasil proses yang dapat berdampak terhadap penurunan kinerja mikroorganisme *methanogen* (Moletta, 2010) yang ditandai dengan peningkatan kadar COD (Mai, 2006). Oleh karena itu, mikroorganisme memerlukan waktu kembali untuk dapat beradaptasi dan bekerja menguraikan substrat dengan stabil. Kondisi ini bisa dihubungkan pada terjadinya faktor *shock loading*, dimana *shock loading*

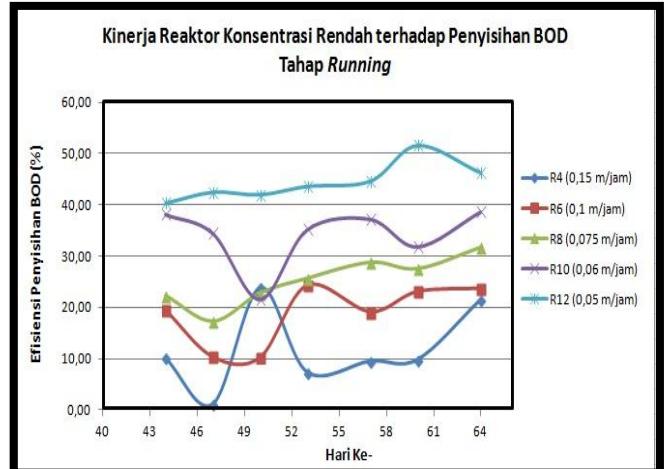
menyebabkan aktivitas bakteri atau mikroorganisme menurun. Namun bila mikroorganisme cukup teradaptasi dalam periode waktu tertentu maka efisiensi reduksi akan cenderung meningkat lagi (Kristaufan, 2010). Olafadehan and Alabi (2009), juga menyebutkan bahwa peningkatan konsentrasi substrat dapat menyebabkan penurunan laju pertumbuhan mikroorganisme.

Kestabilan kinerja reaktor dalam mendegradasi bahan organik selama tahap aklimatisasi terhadap parameter COD dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi konsentrasi influen maka akan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ketabilan. Hal ini disebabkan karena bakteri membutuhkan waktu untuk beradaptasi dengan konsentrasi limbah yang diberikan dan kondisi lingkungan di sekitarnya. Dapat dilihat pada tahap aklimatisasi 50%, hasil pada konsentrasi rendah hingga konsentrasi sedang, ketabilan reaktor dicapai pada hari ke-3 atau ke-4. Sedangkan pada konsentrasi sedang-tinggi dan konsentrasi tinggi, ketabilan reaktor dicapai pada hari ke-5 atau ke-6. Pada tahap aklimatisasi 100%, ketabilan reaktor konsentrasi rendah hingga konsentrasi sedang dicapai pada hari ke 31 atau ke-33 (hari ke-5 dan ke-7 tahap aklimatisasi 100 %), sedangkan pada konsentrasi sedang-tinggi dan konsentrasi tinggi ketabilan reaktor dicapai pada hari ke-33 atau ke-35 (hari ke-7 atau ke-9 tahap aklimatisasi 100%).

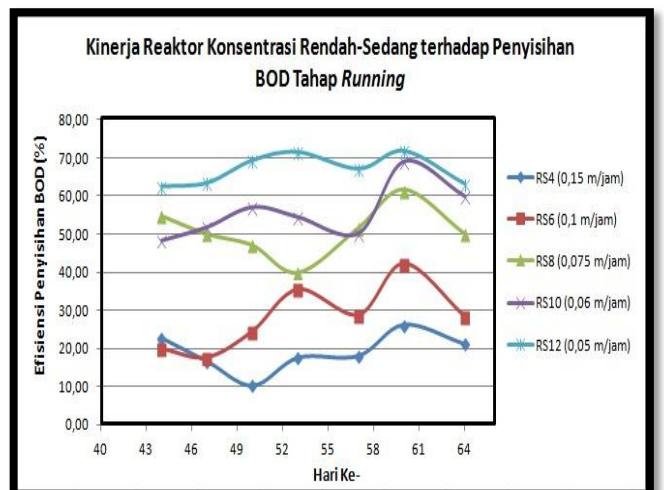
Keseluruhan hasil penelitian yang diperoleh, pada reaktor konsentrasi rendah hingga konsentrasi tinggi selama tahap aklimatisasi-*running*, efisiensi penyisihan paling besar diperoleh pada reaktor dengan kecepatan *upflow* 0,05 m/jam dimana kecepatan *upflow* tersebut bekerja pada waktu tinggal (HRT) 12 jam. Kecepatan *upflow* 0,05 m/jam tersebut merupakan nilai kecepatan *upflow* yang paling rendah yang digunakan dalam penelitian, sehingga menyebabkan waktu tinggal dalam reaktor paling lama (12 jam) dibanding dengan

kecepatan *upflow* yang lain. Kondisi ini menyebabkan mikroorganisme dalam reaktor dapat melakukan kontak yang lebih lama dengan substrat dalam air limbah, yang ditunjukkan dengan tingkat penyisaan penyisaan yang lebih tinggi. Semakin kecil kecepatan *upflow* atau semakin lama waktu detensi air limbah di dalam reaktor memberikan peningkatan efisiensi pengolahan yang cukup besar pada BOD dan COD. Hal ini dapat dihubungkan dengan fakta bahwa waktu detensi lebih dari 6 jam akan menurunkan beban organik lebih besar substrate fermentative (Herlambang, *et.al.*, 2002) dimana Mahmoud *et al*, (2003), juga menyatakan waktu detensi lebih dari 6 jam dapat meningkatkan penurunan COD.

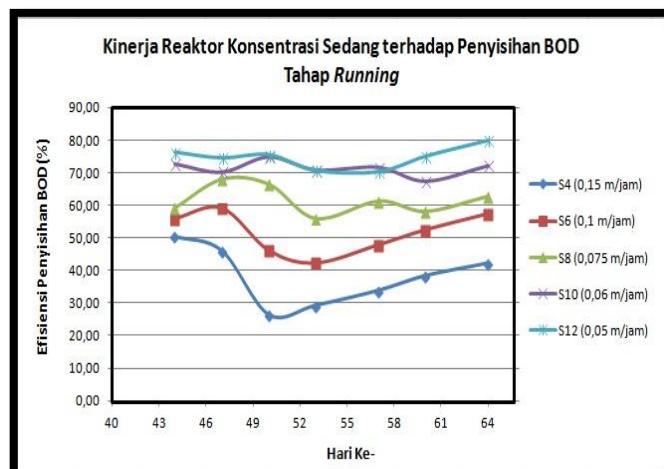
Pernyataaan dari Ali *et al* (2007), menurunkan kecepatan *upflow* memiliki dua efek berlawanan dalam kinerja UASB, yaitu dapat meningkatkan waktu kontak antara biomassa dan substrat, memungkinkan untuk penyisaan bahan organik yang lebih baik. Sementara di sisi lain, menurunkan kecepatan *upflow* dapat mengurangi pencampuran dalam reaktor dan mengganggu kontak antara substrat dan biomassa. Pada dasarnya kecepatan *upflow* dalam reaktor yang menyebabkan waktu kontak antara substrat dan biomassa lebih baik dipengaruhi oleh laju alir umpan yang rendah yang masuk ke reaktor. Hal ini didukung dengan pernyataan dari Ahmad (1999), yang menyatakan tingginya tingkat penyisaan disebabkan oleh laju alir umpan yang rendah sehingga mikroorganisme memiliki waktu yang lebih lama untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair yang diolah. Selain itu Kristaufan (2010), juga menyatakan bahwa semakin rendah laju alir maka proses biodegradasi bahan-konsentrasi yang terdapat di dalam limbah berlangsung baik, karena kontak antara mikroorganisme dengan limbah berlangsung cukup lama.



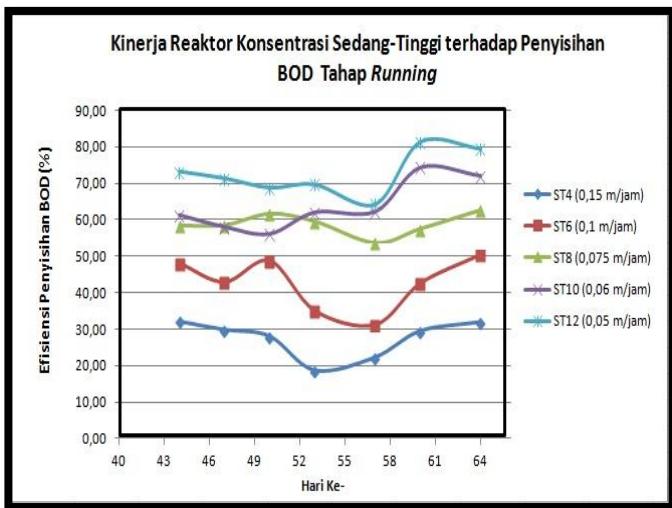
Gambar 7. Efisiensi Penyisaan BOD Konsentrasi Rendah Tahap *Running*



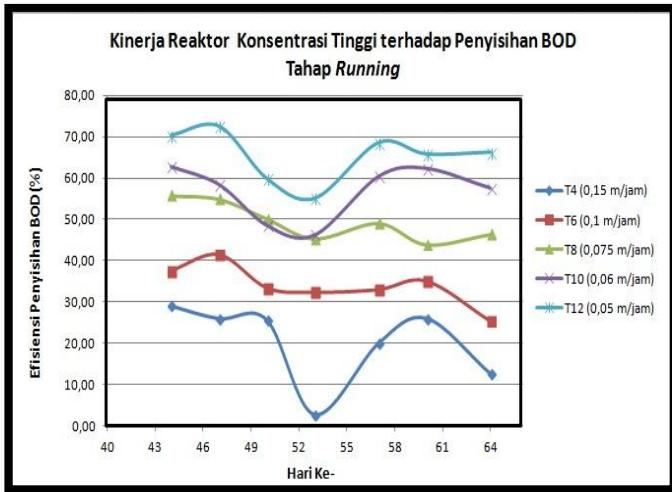
Gambar 8. Efisiensi Penyisaan BOD Konsentrasi Rendah-Sedang Tahap *Running*



Gambar 9. Efisiensi Penyisaan BOD Konsentrasi Sedang Tahap *Running*



Gambar 10. Efisiensi Penyisihan BOD Konsentrasi Sedang-Tinggi Tahap *Running*



Gambar 11. Efisiensi Penyisihan BOD Konsentrasi Tinggi Tahap *Running*

Parameter BOD dilakukan pengambilan sampel pada tahap *running*. Efisiensi penyisihan BOD paling besar yang diperoleh selama tahap *running* dari konsentrasi rendah-konsentrasi tinggi juga dicapai oleh reaktor kecepatan *upflow* paling rendah dan HRT paling lama yaitu 12 jam. Keadaan ini sama dengan hasil yang ditunjukkan pada parameter COD, dimana dinyatakan semakin kecil kecepatan *upflow*, atau semakin lama detensi air limbah di dalam reaktor memberikan peningkatan efisiensi pengolahan BOD dan COD.

Nugrahini dkk (2008), menjelaskan bahwa HRT yang cukup lama memberikan kesempatan kontak lebih lama antara lumpur anaerobik dengan limbah cair, sehingga degradasi limbah menjadi lebih baik.

Pengukuran nilai pH pada reaktor konsentrasi rendah – konsentrasi tinggi selama tahap aklimatisasi-*running* berada pada kisaran 6-8 atau 7-8. Menurut Liu and Tay (2004), jika pH reaktor keluar dari rentang 6-8 maka aktivitas bakteri penghasil metana akan menurun dan menyebabkan hasil kinerja negatif pada reaktor UASB. pH pada reaktor konsentrasi rendah-tinggi ini bisa disimpulkan masih berada dalam rentang pH yang diijinkan untuk proses anaerob. Nilai optimum pH untuk proses metanogenik sendiri adalah 6,5-7,7 (Gray, 1991). Pada beberapa waktu, reaktor mencapai nilai pH optimum dimana kinerja berpengaruh terhadap nilai efisiensi penyisihan dan naik turunnya nilai pH yang terjadi selama tahap aklimatisasi-*running* tersebut juga berpengaruh terhadap fluktuasi penurunan parameter BOD dan COD yang terjadi.

Hasil pada penelitian ini terhadap penyisihan BOD dan COD sesuai dengan penelitian dari Anif, dkk (2012), dengan tema pengolahan limbah domestik dengan reaktor UASB yang menyatakan bahwa reaktor dengan kecepatan *upflow* rendah ($0,025 \text{ m/jam}$ atau sebesar $6,94 \times 10^{-6} \text{ m/s}$) menunjukkan kinerja yang lebih baik terhadap penyisihan BOD dan COD daripada reaktor dengan variasi kecepatan *upflow* lainnya. Pada penelitian Anif, dkk (2012) kecepatan *upflow* $0,025 \text{ m/jam}$ merupakan kecepatan *upflow* terendah dengan waktu tinggal paling lama yang digunakan dalam penelitian. Rentang penelitian *upflow* yang digunakan pada penelitian Anif, dkk (2012) adalah $0,05 \text{ m/jam}$, $0,033 \text{ m/jam}$, dan $0,025 \text{ m/jam}$ dengan waktu tinggal 4, 6, dan 8 jam. Hal yang berbeda dari penelitian ini dengan penelitian Anif, dkk (2012), adalah pada

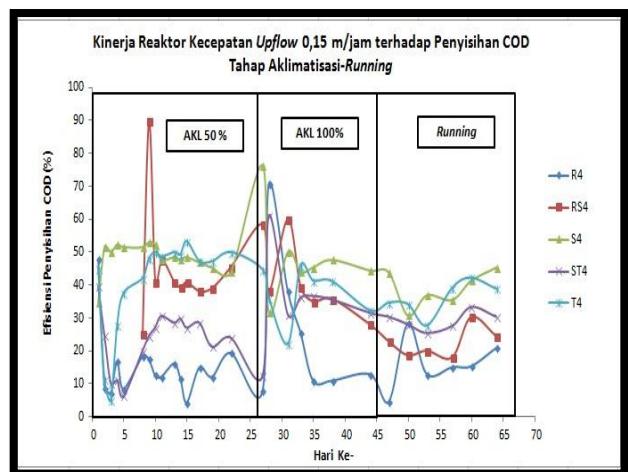
volume reaktor yaitu, 1L dan jenis limbah yang digunakan yaitu air limbah domestik campuran (*black water* dan *grey water*). Rata-rata efisiensi penyisihan pada penelitian ini lebih besar untuk COD dan cukup stabil untuk BOD dibandingkan penelitian terdahulu Anif, dkk (2012). Hal ini disebabkan karena air limbah domestik campuran lebih pekat, sehingga penyisihannya COD yang dicapai lebih rendah.

Pengaruh Konsentrasi Influen Terhadap Penyisihan BOD dan COD

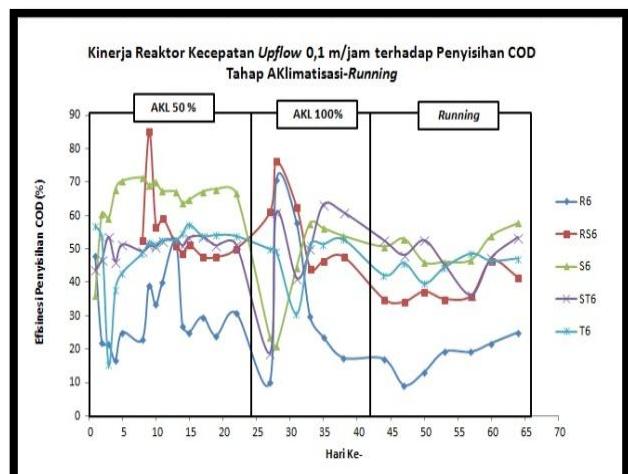
Pengaruh konsentrasi influen terhadap penyisihan COD kecepatan *upflow* 0,15 m/jam, 0,1 m/jam, 0,075 m/jam, 0,06 m/jm, dan 0,05 m/jam selama tahap aklimatisasi-*running*, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai COD tersisih paling besar dicapai oleh konsentrasi tinggi, sedangkan untuk efisiensi penyisihan tertinggi dicapai konsentrasi sedang. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan yang besar belum tentu mengalami nilai penyisihan yang besar.

Efisiensi penyisihan BOD paling besar selama tahap aklimatisasi 50%-*running*, pada semua reaktor dicapai oleh konsentrasi sedang pada tingkat pembebanan hidrolik yang sama. Konsentrasi sedang dengan nilai influen sebesar 840 mg/luntuk COD. Sibel Aslan dan Nusret Sekerdag (2008), menyatakan bahwa variasi konsentrasi influen mempengaruhi tingkat penyisihan COD. Pencapaian efisiensi penyisihan paling besar pada konsentrasi sedang di semua reaktor sesuai dengan pernyataan dari Husin (2008), dimana peningkatan konsentrasi COD akan menurunkan efisiensi penyisihan COD. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi COD dalam umpan (influen), semakin besar jumlah substrat yang terkandung dalam limbah cair, dengan demikian beban organik yang harus diuraikan oleh mikroba juga semakin besar. Karena semakin terbatasnya jumlah mikroorganisme pengurai aktif dengan demikian kemampuan mendegradasi substrat pun semakin terbatas. Di samping itu, semakin tinggi konsentrasi influen lebih mudah terjadi penurunan pH. Nilai pH yang

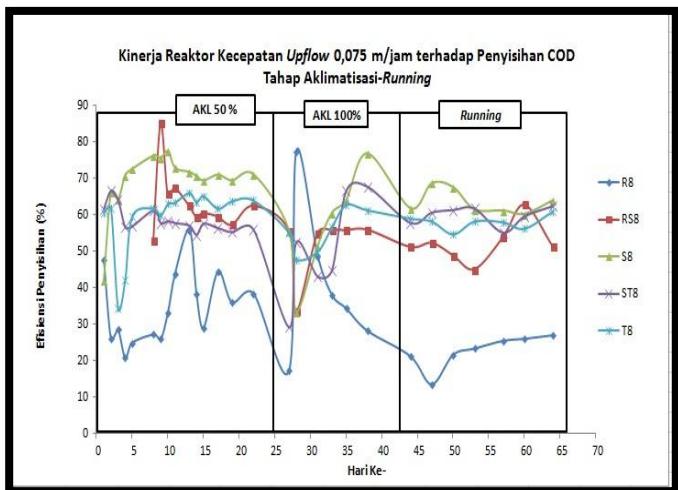
menurun menunjukkan bahwa proses asidogenesis dan asetogenesis telah berlangsung, dimana dengan adanya proses ini zat-zat organik diubah menjadi asam-asam lemak volatil sehingga kondisi pH dalam reaktor menjadi asam. Apabila asam-asam lemak volatil ini terus terakumulasi dalam reaktor dapat menghambat proses metanogenesis, yang kemudian berakibat pada penurunan efisiensi penyisihan zat organik. Semakin tinggi konsentrasi, semakin cepat pula bakteri menguraikan substrat tersebut, sehingga pH menjadi lebih cepat turun.



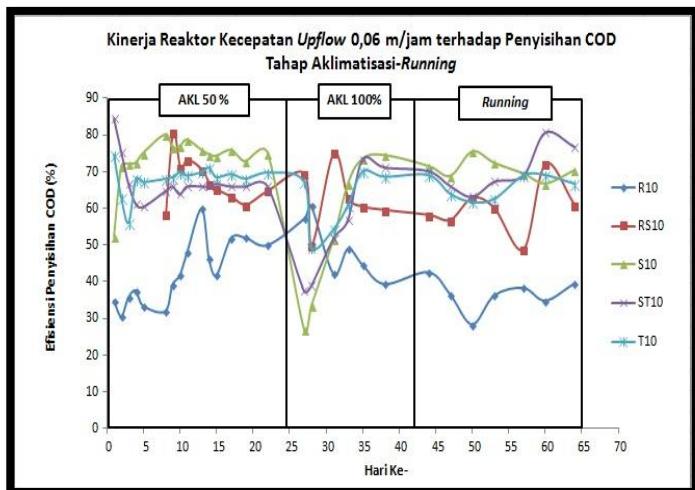
Gambar 12. Efisiensi Penyisihan COD Kecepatan *Upflow* 0,15 m/jam



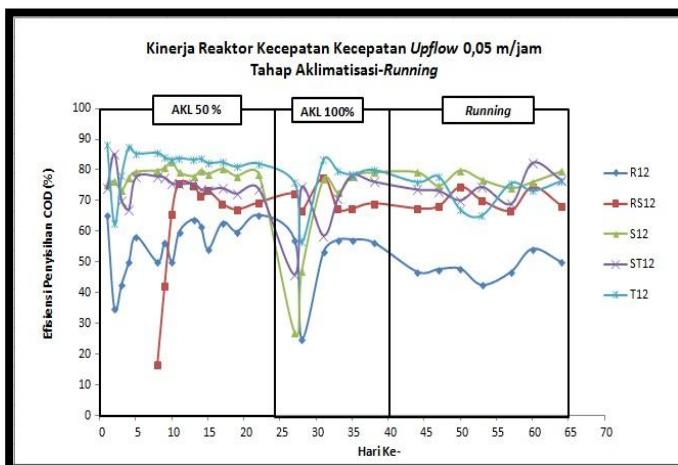
Gambar 13. Efisiensi Penyisihan COD Kecepatan *Upflow* 0,1 m/jam



Gambar 14. Efisiensi Penyisihan COD Kecepatan Upflow 0,075 m/jam



Gambar 15. Efisiensi Penyisihan COD Kecepatan Upflow 0,06 m/jam

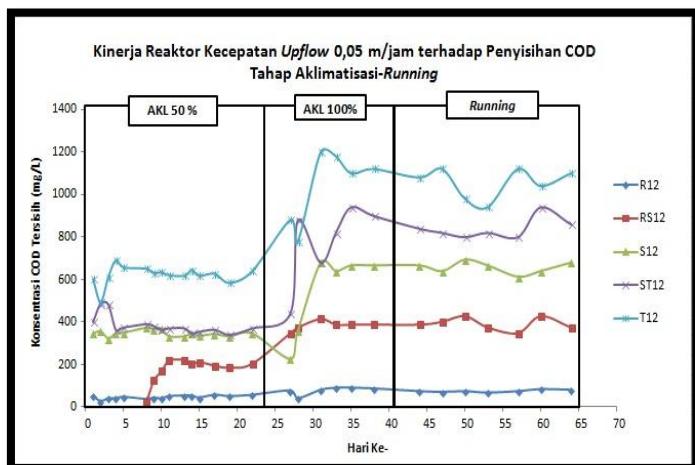


(a)

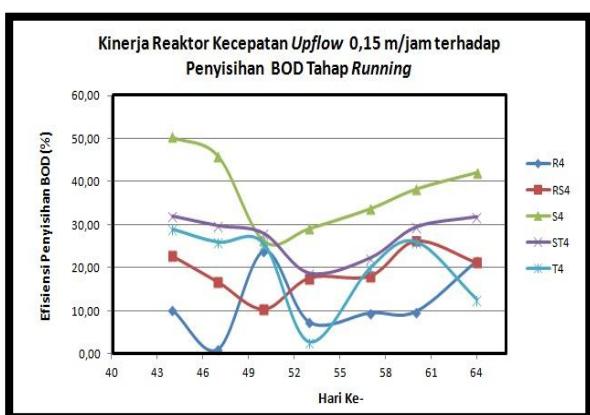
Gambar 16. Kinerja Reaktor Kecepatan Upflow 0,05 m/jam terhadap COD

(a) Efisiensi Penyisihan COD

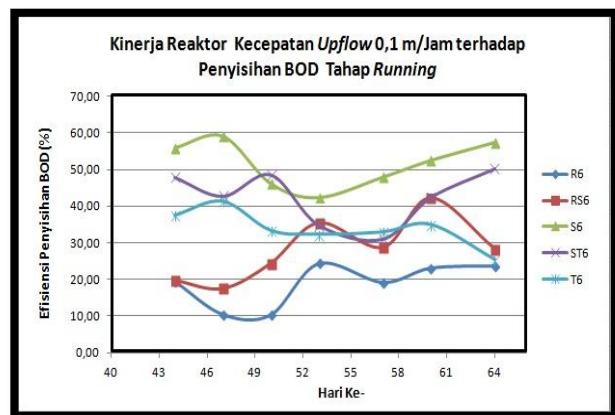
(b) COD Tersisih



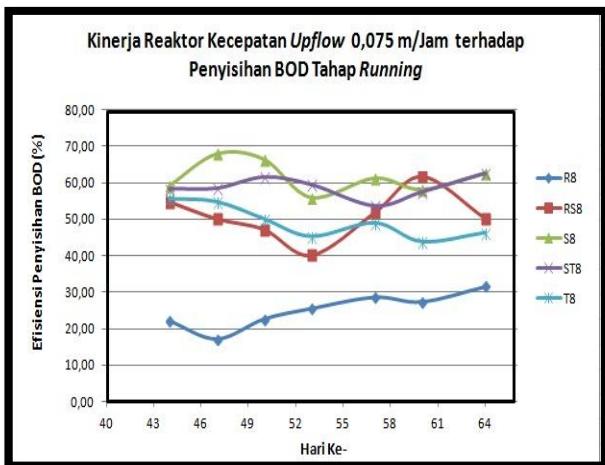
(b)



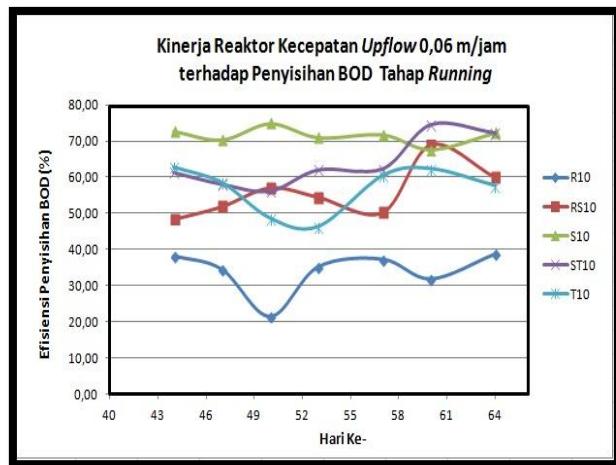
Gambar 17. Efisiensi Penyisihan BOD Kecepatan Upflow 0,15 m/jam



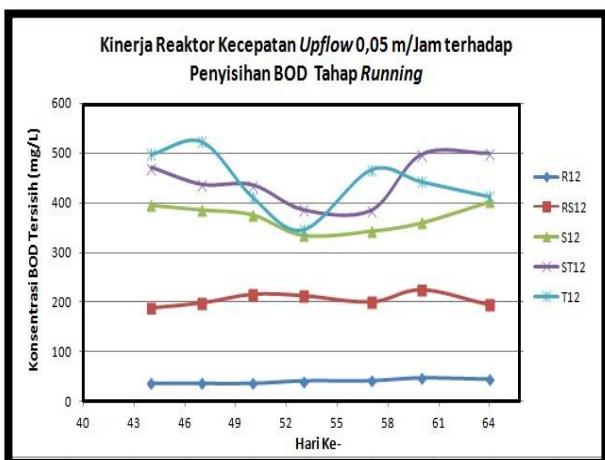
Gambar 18. Efisiensi Penyisihan BOD Kecepatan Upflow 0,1 m/ja



Gambar 19. Efisiensi Penyisihan BOD Kecepatan *Upflow* 0,075 m/jam



Gambar 20. Efisiensi Penyisihan BOD Kecepatan *Upflow* 0,06 m/jam

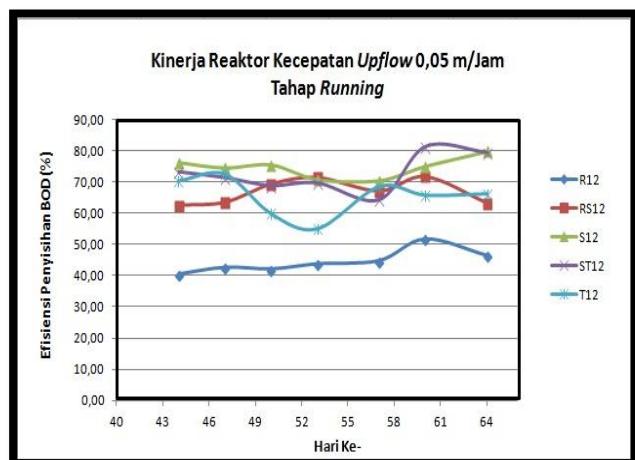


(a)

Gambar 20. Kinerja Reaktor Kecepatan *Upflow* 0,05 m/jam terhadap BOD

- (a) Efisiensi Penyisihan
- (b) BOD Tersisih

Pengaruh konsentrasi influen terhadap penyisihan BOD, mulai dari kecepatan *upflow* 0,15 m/jam hingga 0,05 m/jam, nilai BOD tersisih paling besar dicapai oleh konsentrasi sedang-tinggi, sedangkan untuk efisiensi penyisihan tertinggi dicapai oleh konsentrasi sedang sebesar 525 mg/l. Hal tersebut menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan yang besar belum tentu mengalami nilai tersisih yang besar. Kondisi ini disebabkan oleh konsentrasi influen yang berbeda. Efisiensi penyisihan BOD paling besar dicapai oleh reaktor UASB selama tahap *running*, dicapai oleh konsentrasi sedang. Hasil Hal ini terjadi karena banyak zat organik yang sulit dioksidasi dan beberapa zat organik dapat menjadi inhibitor terhadap proses pengolahan BOD, sebab menurut Tchobanoglous *et al.*, (2003) zat organik tertentu dapat menjadi racun bagi mikroorganisme yang digunakan dalam tes BOD. Menurut Gerardi (2003) tahap methanogenesis, *methane* sebagian besar dibentuk oleh asetat (CH_3COOH), karbondioksida (CO_2) dan gas hidrogen (H_2). *Methane* juga terbentuk dari beberapa komponen organik selain asetat. Oleh karena itu, semua produk dari fermentasi harus diubah menjadi senyawa yang dapat digunakan secara langsung maupun tidak langsung oleh



(b)

bakteri pembentuk *methane*. Asam, alkohol dan senyawa organik nitrogen yang tidak dapat didegradasi oleh bakteri pembentuk *methane* akan terakumulasi pada supernatan Akumulasi senyawa tersebut yang menyebabkan senyawa organik atau cBOD pada supernatan menjadi relatif tinggi.

Hasil penelitian ini dimana efisiensi penyisihan terbesar pada penyisihan BOD dan COD terjadi pada konsentrasi sedang sesuai dengan penelitian Anif, dkk (2012) dimana efisiensi penyisihan tertinggi dicapai pada konsentrasi rendah sebesar 415 mg/l untuk BOD dan 878 mg/l untuk COD. Kisaran nilai rendah pda penelitian terdahulu milik Anif, dkk (2012) memiliki rentang nilai yang sama dengan konsentrasi sedang pada penelitian ini. Melihat hasil ini dapat dilihat bahwa dari perbandingan kedua penelitian,bahwa nilai konsentrasi influen yang optimum pada pengolahan UASB untuk COD diperoleh pada rentang konsentrasi pada kisaran 800-an mg/l. Sedangkan untuk BOD berada pada kisaran 400-500-an mg/l

Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneltian terdahulu mengenai pengolahan limbah domestik yang terkait dengan penelitian ini dimana lokasi studi kasus yang digunakan sama yaitu Kelurahan Gabahan dan Perumahan BSB, antara lain Primayekti, dkk (2011) dengan menggunakan limbah grey water, Anif, dkk (2012) menggunakan limbah domestik campuran (*black water* dan *grey water*) dan *black water*.Selain jenis limbah, yang berbeda dari ketiga penelitian ini adalah volume reaktor dan waktu tinggal. Volume reaktor pada penelitian ini adalah 4,86 L (HRT 4,6,8,10, dan 12), penelitian 2011 sebesar 10 L (HRT 4,6,8), dan pada penelitian 2011 sebesar 1L (HRT 4,6,8). Kondisi volume reaktor dan HRT yang berbeda ini berpengaruh terhadap nilai kecepatan *upflow*.

Efisiensi penyisihan yang dihasilkan pada penelitian ini untuk BOD berada pada kisaran 38-75% dan COD 40-77 %. Pada penelitian ini kisaran influen BOD dan COD yaitu 77,5 mg/l-1400 mg/l. Jika dibandingkan dengan penelitian tahun 2011 efisiensi penyisihan pada penelitian ini lebih rendah dimana nilai efisiensi penyisihan ada penelitian 2011 adalah 81-85% untuk BOD dan 72-77% untuk COD. Sementara dibandingkan dengan penelitian 2012 menggunakan air limbah

domestik campuran, efisiensi penyisihan pada penelitian ini untuk COD lebih besar dan untuk BOD sedikit lebih rendah. Efisiensi penyisihan untuk COD 39-69% dan BOD 51-76%. Keadaan tersebut disebabkan karena pada air limbah campuran (*black water* dan *grey water*) influennya lebih pekat, sehingga efisiensinya lebih rendah. Nilai influen untuk BOD dan COD berkisar 415-1623 mg/l. Selain itu adanya parameter TSS yang digunakan dalam penelitian (2012), dimana akan menyebabkan akumulasi padatan pada *sludge bed* yang menyebabkan dilusi pada sel aktif yang disebut biokatalis, dan menyebabkan pembentukan lumpur dengan aktivitas metanogen rendah. Bila terjadi akumulasi terus menerus, suatu waktu dapat menyebabkan terbawanya lumpur ke efluen, yang meningkatkan konsentrasi padatan dalam efluen, sehingga efisiensi penyisihan menjadi kecil. Sedangkan untuk efisiensi enyisihan BOD yang lebih rendah pada peneitian ini dibanding penelitian terdahulu kemungkinan disebabkan karena beberapa gangguan dalam uji BOD, seperti oksigen yang masuk ke dalam botol pengujian atau banyak zat organik yang sulit dioksidasi dan beberapa zat organik dapat menjadi inhibitor terhadap proses pengolahan BOD. Sedangkan jika dibandingkan dengan penelitian Anif, dkk (2012) tentang *black water*, dimana efisiensi penyisihan pada penelitian ini nilainya lebih besar. Efisiensi penyisihan pada *black water* sebesar 40-53% untuk COD dan 45-56% pada BOD. Hal ini disebabkan karena pengaruh influen *black water* yang terlalu pekat, sehingga berpengaruh terhadap kinerja bakteri dalam proses degradasi dan efisiensi penyisihan yang terjadi lebih rendah. Pada *black water* konsentrasi influennya dari 1088 mg/l-3846 mg/l.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa:

1. Kualitas effluen untuk konsentrasi rendah-konsentrasi tinggi pada reaktor UASB, BOD berkisar 51-231 mg/l dan untuk COD berkisar COD 80-389 mg/l. Rata-rata efisiensi penyisihan yang mampu dicapai untuk BOD 38-75% adalah dan untuk COD adalah dan 40-77%.
2. Pengaruh Variasi Konsentrasi Influen dan Kecepatan *upflow* :
 - a. Efisiensi penyisihan terbesar pada reaktor UASB diperoleh pada konsentrasi sedang.Peningkatan konsentrasi COD

- menyebabkan nilai efisiensi mengalami penurunan.
- b. Efisiensi penyisihan parameter BOD dan COD paling besar terjadi pada reaktor dengan kecepatan *upflow* rendah 0,05 m/jam dengan HRT 12 jam. Semakin rendah kecepatan *upflow*, semakin besar pula konsentrasi BOD dan COD yang disisihkan.
3. a Penyisihan BOD optimum terjadi pada konsentrasi sedang yaitu 525 mg/l dengan variasi kecepatan *upflow* sebesar 0,05 m/jam. Efisiensi penyisihan yang dihasilkan terhadap parameter BOD dari kondisi optimum ini adalah 75%.
 - b. Penyisihan COD optimum terjadi pada konsentrasi sedang yaitu 840 mg/l dengan variasi kecepatan *upflow* sebesar 0,05 m/jam. Efisiensi penyisihan yang dihasilkan terhadap parameter COD dari kondisi optimum ini adalah 77%.

SARAN

Dari kesimpulan yang didapat, hal-hal yang dapat disarankan yaitu :

1. Diperlukan alat pengatur debit dengan kualitas yang lebih baik untuk mengatur aliran air ke dalam reaktor UASB sehingga kecepatan *upflow* yang terjadi dalam reaktor lebih stabil sehingga berdampak pada efisiensi penyisihan yang lebih baik.
2. Perbaikan terhadap peralatan laboratorium yang digunakan selama kegiatan penelitian berlangsung. Hal ini dikarenakan pada beberapa peralatan laboratorium tersebut kondisinya kurang maksimal dalam menunjang penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafila dan O.B. Liang. 1999. *Bioreaktor Berpenyekat Anaerob untuk Pengolahan Limbah Industri yang Mengandung Minyak dan Lemak: Pengaruh Pembebaan Organik Terhadap Kinerja Bioreaktor*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Soehadi Rekswardojo 1999, TKITB, Bandung, 19-20 Oktober .

- Ali, Manal, Rashed Al-Saed, dan Nidal Mahmoud. 2007. *Start-Up Phase Assessment of A UASB-Septic Tank System Treating Domestic Septage*. The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 32, No. 1 C
- Al-Shayah, Mohammad dan Mahmoud, Nidal. 2008. *Start-Up of An UASB-Septic Tank for Community On-Site Treatment of Strong Domestic Sewage*. Bioresource Technology 99, 7758-7766. Elsevier
- Aslan, Sibel dan Sekerdag, Nusret. 2008. *The Performance of UASB Reactors Treating High-Strength Wastewaters*. Journal of Environmental Health. FindArticles.com
- Chinnaraj. S., Rao, G. V. 2005. *Implementation of an UASB anaerobic digester at bagasse-based pulp and paper industry*, Elsevier Ltd.
- Eriksson, Eva, Karina Auffarth, Mogens Henze, dan Anna Ledin. 2002. *Characteristics of Grey Wastewater*. Urban Water 4, 85-104.
- Gerardi, Michael H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digester*. New Jersey: Wiley-Interscience.
- Haris, Anif Rizqianti. 2011. *Pengaruh Kecepatan Upflow dan Konsentrasi Influen Terhadap Penyisihan BOD₅, COD, dan TSS Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Campuran (Grey Water dan Black Water) Menggunakan Reaktor UASB* : Universitas Diponegoro : Semarang
- Henze,M. dan Ledin A. 2001. *Types, Characteristics and Quantities of Classic Combined Wastewaters*. Dalam : P. Lens, G. Zeeman, G.Lettinga. Decentralised Sanitation and Reuse IWA Publishing, UK, pp. 57-72.
- Herlambang, et al., 2002. *Teknologi Pengolahan Limb Limb Cair Industri*. BPPT:Jakarta

- Husin, Amir. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Biofiltrasi Anaerob dalam Reaktor Fixed-Bed.*. Medan : Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- J.P., Kristaufan, Sri Purwati, Yusup Setiawan. 2010. *Pengolahan Air Limbah Industri Kertas Karton dengan Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) dan Lumpur Aktif*. Perekayasa dan Peneliti Balai Besar Pulp dan Kertas.
- Liu Y., Tay J. (2004). *State of the Art of Biogranulation Technology for Wastewater Treatment*. Biotechnology Advances 22: 533.-563
- Mahmoud, N., Amarneh, M.N., Al-Sa'ed, R., Zeeman, G., Gijzen, H., Lettinga, G., 2003. *Sewage characteristics as a tool for the application of anaerobic treatment in Palestine*. Environment. Pollut. 126, 115–122.
- Mai, H.N.P. (2006). *Integrated Treatment of Tapioca Processing Industrial Wastewater*. Wageningen University: Ph.D Thesis
- Marchaim, Uri. 1992. Biogass Processes for Sustainable Development. Israel
- Moletta, R. (2010). *Anaerobic Digestion: Monitoring and Control*. <http://www.ensam.infra.fr>. Accessed 18 March 2012.
- Natpinit, S., et al. 2004. *Development of Granule in UASB Reactor for Wastewater from Fishery-based Industry*, The Joint International Conference o “Sustainable Energy and Environment (SEE)”, Hua Hin, Thailand.
- Nugrahini dkk. 2008. *Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*. Lampung: Seminar Nasional Sains dan Teknologi.
- Schnurer, A. and A. Jarvis (2009). *Microbiological Handbook for Biogas Plants*. <http://www.ocfarmbiogas.ca/Microbiological%20Handbook%20for%20Biogas%20Plants.pdf>. Accessed 28 July 2011.
- Shanmugam, A. S., Akunna, J. C., 2008. *Comparing the performance of UASB and GRABBR treating low strength wastewaters*, Water Science & Technology—WST, 58.1, 2008.
- Olafadehan, O.A. and A.T. Alabi (2009). Modelling and Simulation of Methanogenic Phase of an Anaerobic Digester. *Journal of Engineering Research* 13(2): 1-16.
- Primayekti, Rizky. 2011. *Studi Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS Limbah Cair Domestik Grey Water Water menggunakan Reaktor UASB*. Universitas Diponegoro : Semarang
- Tchobanoglous, George and franklin L/ Burton. 2003. *Wastewater Engineering Treatment*

