



JRT PPI 7 (2) (2016)

Jurnal Riset  
Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

Journal homepage : [ejournal.kemenperin.go.id/jrtppi](http://ejournal.kemenperin.go.id/jrtppi)

Kementerian  
Perindustrian  
REPUBLIK INDONESIA

## Pengolahan limbah organik dengan upflow anaerobic sludge blanket (UASB) di industri kecap

*Organic wastewater treatment using upflow anaerobic sludge blanket (UASB) in soy sauce industry*

Bekti Marlana\*, Cholid Syahroni, Sartamtomo, Nur Zen

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Jl. Ki Mangunsarkoro No 6 PO Box: 829, Semarang 50136, Indonesia

### INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel :

Diterima 31 Maret 2016

Direvisi 29 September 2016

Disetujui 30 September 2016

Dipublikasikan online

23 November 2016

Keywords :

Anaerobic

UASB

Organic Waste

Soy Sauce Industry

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pengolahan limbah industri kecap dengan menggunakan UASB. Dua reaktor UASB yang terbuat dari *stainless steel* dengan volume masing-masing 1,165 m<sup>3</sup> disusun secara seri. Air limbah yang diolah merupakan buangan dari proses produksi kecap dengan nilai COD dari 2.709 sampai 21.684 mg/L. Uji coba dilakukan dengan kecepatan alir 2,9 m<sup>3</sup>/hari dan 0,7 m<sup>3</sup>/hari dengan waktu tinggal (*Hydraulic Retention Time*) masing-masing 19 jam dan 80 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada percobaan dengan waktu tinggal 19 jam dan *Organic Loading Rate* (OLR) 21,1 kg/m<sup>3</sup>hari, dapat menurunkan nilai COD hingga 70% dengan penurunan beban COD rata-rata adalah 2,842 kg/m<sup>3</sup>hari. Percobaan dengan waktu tinggal 80 jam dengan OLR 6,7 kg/m<sup>3</sup>hari diperoleh hasil penurunan COD hingga 78% dan penurunan beban COD rata-rata adalah 1,335 kg/m<sup>3</sup>hari, sedangkan untuk OLR 4,97 kg/m<sup>3</sup>hari diperoleh hasil berturut-turut 76% dan 1,298 kg/m<sup>3</sup> hari. Jika dibandingkan dengan kinerja sistem anaerobik yang telah dimiliki oleh industri, maka reaktor UASB hasil penelitian memiliki keunggulan ditinjau dari waktu tinggal dan penurunan beban COD, meskipun persen penurunan COD masih lebih rendah.

### ABSTRACT

Treatment of soy sauce industry wastewater using UASB reactor was investigated. Two UASB reactors made of stainless steel with a volume of 1,165 m<sup>3</sup> each were installed in series. The source of wastewater was from the production process of soy sauce with COD concentration ranged from 2,709 to 21,684 mg/L. The study was conducted at 2.9 m<sup>3</sup>/day and 0.7 m<sup>3</sup>/day flow rate with Hydraulic Retention Time (HRT) were 19 hours and 80 hours respectively. At HRT of 19 hours with OLR 21.1 kg/day, up to 70% COD removal and 2.842 kg/m<sup>3</sup> day COD load removal were observed. At HRT of 80 hours with OLR 6,7 kg/m<sup>3</sup>day, up to 78% COD removal and 1.335 kg/m<sup>3</sup> day COD load removal were observed, meanwhile at OLR of 4,97 kg/m<sup>3</sup>.day the results showed 76% and 1.298 kg /m<sup>3</sup> day respectively. Compare to the anaerobic system that has been existed, the UASB reactor have better performances in terms of HRT and COD load removal, despite its lower COD removal percentage.

© 2016 BBT PPI. All rights reserved.

\*Alamat korepondensi :

E-mail : [bekti-marlena@kemenperin.go.id](mailto:bekti-marlena@kemenperin.go.id) (B. Marlana)

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini banyak industri yang telah mengolah air limbah yang dihasilkannya dalam suatu unit Instalasi Pengolahan Air

Limbah (IPAL). Pengolahan ini dimaksudkan untuk menjaga kelestarian lingkungan dan memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan oleh Pemerintah. Sistem pengolahan yang dilakukan di IPAL bisa salah satu maupun rangkaian

pengolahan secara fisika, kimia dan biologi tergantung dari jenis dan karakteristik limbah serta persyaratan baku mutu yang diterapkan. Salah satu proses pengolahan air limbah yang banyak dilakukan di industri adalah proses pengolahan biologi yang bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan organik yang terdapat dalam air limbah.

Pengolahan dengan proses biologi atau lumpur aktif cukup efektif untuk mengolah karbon organik baik dari limbah domestik maupun limbah industri. Namun, ada beberapa masalah yang sering timbul diantaranya adalah lamanya waktu pengendapan lumpur, ukuran reaktor dan bak pengendap yang besar, keharusan untuk *me-recycle biomass* secara periodik, tidak tahan terhadap pembebanan yang mendadak (*shock loading*), akumulasi lumpur (*bulking sludge*), dan lain-lainnya. Masalah-masalah tersebut menyebabkan penurunan kualitas *effluent* dan menyulitkan pengontrolan.

Van Lier, dkk (2008) menjelaskan bahwa pengolahan anaerob sangat efektif dalam menghilangkan komponen organik yang *biodegradable*, meninggalkan komponen mineral seperti  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$  dalam larutan. Proses anaerobik memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah pengurangan kelebihan produksi *sludge* sampai 90%, tidak menggunakan bahan bakar fosil dalam pengolahannya, *COD loading rates* mencapai 20-35 kg COD per  $\text{m}^3$  reaktor per hari, sehingga membutuhkan volume reaktor yang lebih kecil dan menghasilkan sekitar 13,5 MJ  $\text{CH}_4$  energi tiap kg COD yang dihilangkan.

Reaktor UASB merupakan teknologi yang dianggap sebagai salah satu sistem anaerobik yang paling sukses dan menjanjikan, karena mampu membentuk agregat bakteri yang tebal dan pekat dengan cara *auto* imobilisasi sehingga mampu menghasilkan kinerja dengan kecepatan tinggi (Kaluzhnyi dkk, 2006). Di samping itu, UASB juga mampu mengolah limbah dengan kandungan COD yang tinggi dan tahan terhadap fluktuasi COD (Alvarez dkk., 2006).

Moertinah, dkk (2013) telah berhasil membuat reaktor UASB untuk mengolah air limbah industri kertas kraft

dengan efisiensi penurunan COD mencapai 87% pada debit air limbah 2  $\text{m}^3$ /hari dan konsentrasi COD masuk 2.500 mg/L. Moenir, dkk (2014) juga telah menerapkan teknologi UASB untuk mengolah air limbah industri minuman ringan dengan efisiensi penurunan COD mencapai 88,51% pada debit air limbah 2,297  $\text{m}^3$ /hari dan konsentrasi COD masuk 3.000 – 5.000 mg/L.

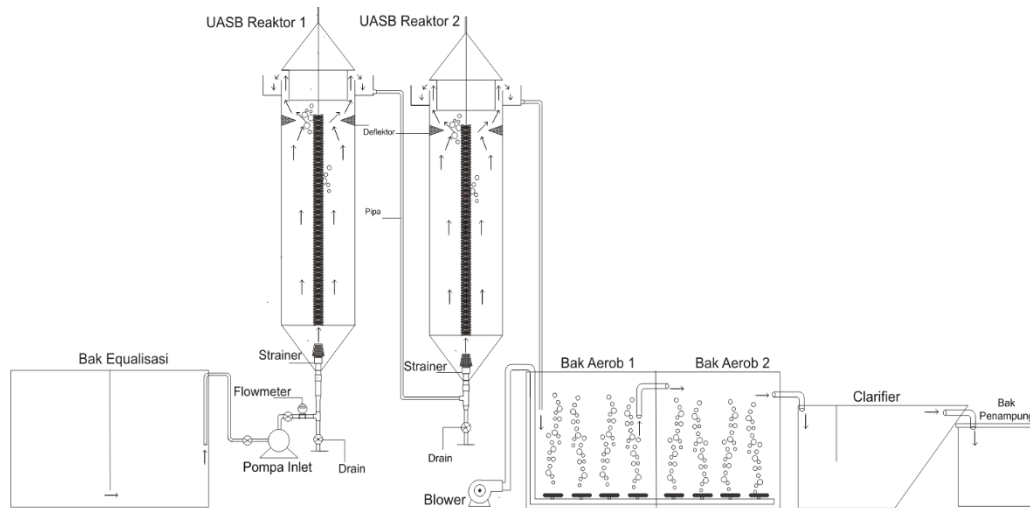
Paper ini menyajikan hasil penerapan reaktor UASB untuk mengolah air limbah industri kecap. Saat ini industri tersebut telah memiliki IPAL, dimana salah satu sistem yang digunakan adalah anaerobik yang mampu menurunkan COD hingga 94% dengan waktu tinggal 15 hari dan penurunan beban COD sebesar 396 kg COD/ $\text{m}^3$  hari. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mencari alternatif teknologi yang memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan yang ada saat ini.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah limbah cair dari salah satu industri kecap di Jawa Tengah, mikroba anaerobik, *rope biofilter*, bahan kimia untuk analisa COD, kapur dan NaOH. Reaktor UASB yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1. Reaktor tersebut berbentuk dua buah tabung identik dengan diameter 0,77 m, tinggi 2,29 m dan volume 1.165 L, terbuat dari bahan *stainless steel* dan disusun secara seri. Bagian bawah tabung berbentuk kerucut sebagai tempat masuknya sampel limbah, sedangkan bagian atas dilengkapi dengan pengumpul gas.

Di dalam tiap reaktor dipasang *rope biofilter*. Kelengkapan unit UASB adalah pompa, pipa inlet dan outlet air limbah serta pipa outlet gas yang terbentuk. Pengolahan limbah di industri juga dilengkapi dengan dua bak equalisasi dengan kapasitas 2,5  $\text{m}^3$ , dua bak aerob dengan kapasitas masing-masing 2,7  $\text{m}^3$  dan satu bak sedimentasi (*clarifier*).



Gambar 1. Skema pengolahan limbah yang terdiri dari reaktor UASB dan sistem aerobik

## 2.2. Prosedur Penelitian

Tahapan percobaan meliputi seeding mikroba, aklimatisasi dan uji coba pengolahan air limbah. Seeding mikroba dilakukan dengan menambahkan 75 kg bibit mikroba ( $\pm 10\%$ ) ke dalam tiap reaktor.

Bak ekualisasi diisi dengan air limbah yang ditambah dengan air bersih dengan perbandingan 1:1. Penyesuaian tingkat keasaman air limbah dengan menambahkan basa sampai pH air limbah menjadi  $\pm 10$ . Air limbah tersebut kemudian dialirkan ke dalam reaktor dengan menggunakan pompa air dengan kecepatan 2,9 m<sup>3</sup>/hari.

Outlet dari reaktor 2 disirkulasikan kembali ke bak equalisasi. Aklimatisasi dilaksanakan selama 3 minggu. Dua minggu kemudian ditambahkan lagi bibit mikroba. Aklimatisasi dilaksanakan sampai nilai pH keluar reaktor UASB II netral atau mendekati 7 (tujuh).

Uji coba dilakukan dengan memompa air limbah dari bak ekualisasi ke reaktor UASB I dengan kecepatan alir rata-rata 2,9 m<sup>3</sup>/hari pada percobaan pertama dan 0,7 m<sup>3</sup>/hari pada percobaan kedua. Pada reaktor UASB, air limbah mengalir secara *upflow* (dari bawah ke atas). Setelah dari reaktor UASB I, air limbah akan mengalir ke UASB II secara gravitasi, yang selanjutnya mengalir ke bak aerobik.

## 2.2. Evaluasi Hasil

Untuk mengetahui kinerja reaktor, dilakukan pengukuran COD setiap hari. Titik pengambilan contoh

adalah bak ekualisasi (*inlet*), *outlet* reaktor UASB I, *outlet* reaktor UASB II, *outlet* bak aerob dan *outlet* bak sedimentasi (*outlet* akhir).

Pengukuran COD dilakukan menggunakan metode 5220 B (refluks terbuka) Standard Methods (2012). Sedangkan untuk mengetahui tingkat penurunan COD dilakukan perhitungan dengan persamaan berikut :

$$\text{Persen penurunan COD} = \frac{(\text{COD masuk} - \text{COD keluar}) \times 100\%}{\text{COD masuk}}$$

$$\text{Penurunan beban COD} = \frac{(\text{COD masuk} - \text{COD keluar}) \times \text{Debit}}{\text{Volume Reaktor}}$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Karakteristik Limbah Cair.

Pada proses pembuatan kecap, air limbah yang keluar berasal dari air bekas pencucian serta perendaman kedele, dan air bekas cucian peralatan atau sanitasi. Debit rata-rata air limbah yang masuk ke IPAL adalah 3-5 m<sup>3</sup>/hari.

Karakteristik air limbah diperoleh dengan mengambil contoh air limbah di bak ekualisasi pada beberapa waktu yang berbeda untuk mengetahui kisaran kualitas air yang akan diolah. Hasil analisa kualitas air limbah di bak ekualisasi tersaji pada Tabel 1, sebagaimana dinyatakan Marlana, dkk (2013).

**Tabel 1.** Hasil analisis karakteristik limbah cair

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi Influen
1	pH	-	5,5 - 7,0
2	T	° C	28 – 33,5
3	BOD	mg/L	553 – 714
4	COD	mg/L	1.407 – 10.629
5	TSS	mg/L	174 – 1306

**3.2 Hasil Uji Coba**

Setelah proses *seeding* dan aklimatisasi yang dilakukan selama 5 minggu selesai, selanjutnya dilakukan percobaan pengolahan air limbah. Percobaan dilakukan dengan variasi kecepatan alir 2,9 dan 0,72 m<sup>3</sup>/hari.

**a. Uji Coba dengan Kecepatan Alir rata-rata 2,9 m<sup>3</sup>/hari**

Dengan kecepatan alir 2,9 m<sup>3</sup>/hari didapatkan waktu tinggal (*hydraulic retention time*) limbah di dalam reaktor UASB (Reaktor I + Reaktor II) selama 19 jam. Hasil analisis COD pada masing-masing unit peralatan dan persentase penurunan COD dan OLR tersaji pada gambar 2.

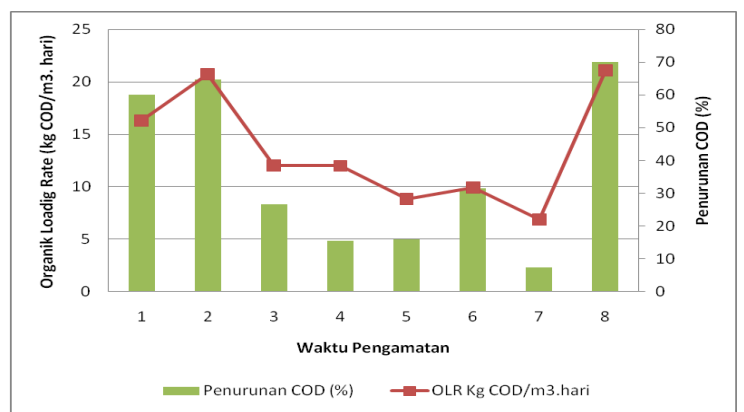
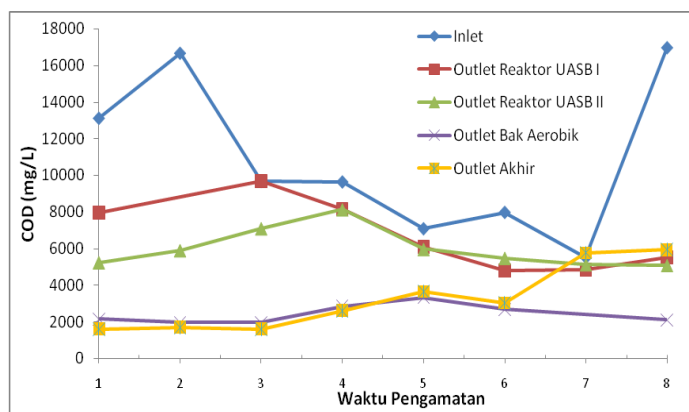
Pada Gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi COD inlet belum stabil, dimana nilai COD berkisar 5.510 - 16.955 mg/L. Fluktuasi tersebut disebabkan karena karakteristik buangan air limbah dari proses produksi yang tidak seragam dan volume bak ekualisasi yang tidak mencukupi untuk menseragamkannya.

OLR yang cukup tinggi yaitu antara 6,86 – 21,10 kg COD/m<sup>3</sup>/hari dan penurunan COD di reaktor UASB rata-rata 36,5% dengan penurunan tertinggi yang dicapai adalah 70 % pada OLR 21,1 kg COD/m<sup>3</sup>/hari.

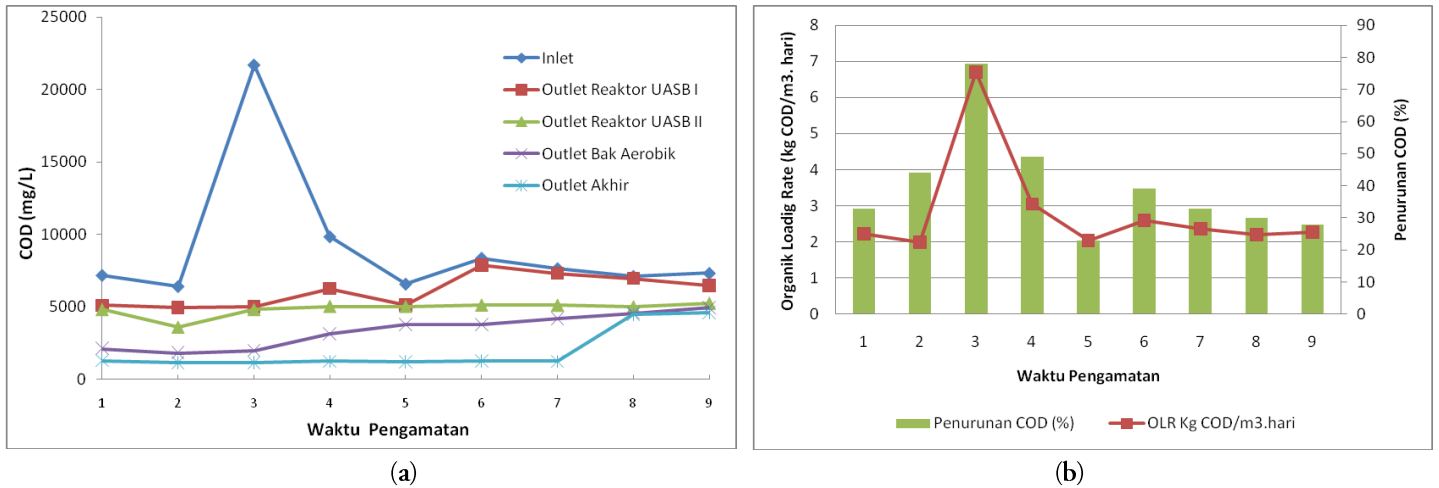
Kecepatan beban COD rata-rata adalah 11,1 kg/m<sup>3</sup>. hari sehingga penurunan beban COD rata-rata adalah 2,842 kg/m<sup>3</sup> hari. Secara umum konsentrasi COD di unit pengolahan masih fluktuatif, begitu juga penurunan COD. Konsentrasi COD keluar reaktor masih cukup tinggi yaitu di atas 5.000 mg/L, sehingga kecepatan aliran limbah masuk diturunkan.

**b. Uji Coba dengan Kecepatan Alir 0,72 m<sup>3</sup>/hari**

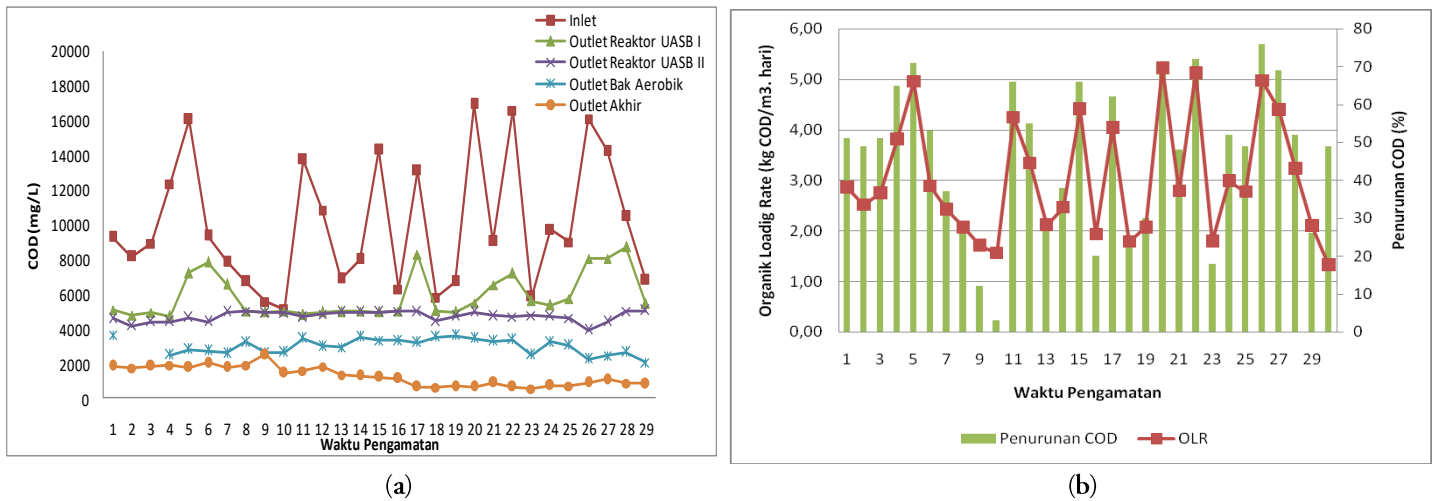
Dengan kecepatan alir 0,72 m<sup>3</sup>/hari didapatkan waktu tinggal (*retention time*) limbah di dalam reaktor UASB (Reaktor I + Reaktor II) selama 80 jam. Untuk pengaturan pH awal limbah sebelum masuk ke reaktor UASB, dilakukan dengan 2 jenis perlakuan yaitu menggunakan NaOH dan air kapur. Uji coba dengan perlakuan penambahan NaOH untuk mengatur derajat keasaman di bak ekualisasi dilaksanakan selama kurang lebih 2 (dua) minggu. Data hasil analisa COD versus waktu, data OLR dan persentase penurunan COD, disajikan pada Gambar 3 dan hasil analisis COD pada perlakuan penambahan kapur untuk mengatur derajat keasaman di bak ekualisasi dan penurunan COD tersaji pada Gambar 4.



**Gambar 2.** Grafik nilai COD vs waktu dengan kecepatan alir 2,9 m<sup>3</sup>/ hari (a), Grafik *Organik Loading Rate* dan penurunan COD vs waktu pada kecepatan alir 2,9 m<sup>3</sup>/ hari (b)



**Gambar 3.** Grafik Nilai COD vs Waktu pada Kecepatan alir 0,72 m<sup>3</sup>/ hari, pH awal diatur dengan NaOH (a), dan Grafik Organik Loading Rate dan penurunan COD vs waktu pada kecepatan alir 0,7 m<sup>3</sup>/ hari (b)



**Gambar 4.** Grafik Nilai COD vs Waktu pada Kecepatan alir 0,72 m<sup>3</sup>/ hari, pH awal diatur dengan air kapur (a), dan Penurunan COD pada kecepatan alir 0,72 m<sup>3</sup>/hari (b)

Secara umum konsentrasi COD di unit pengolahan relatif stabil. Penurunan COD di UASB rata-rata adalah 39,7 % dan penurunan COD tertinggi mencapai 78 % yaitu pada OLR 6,7 kg COD/m<sup>3</sup>.hari. Kecepatan beban COD rata-rata adalah 2,84 kg/hari sehingga penurunan beban COD rata-rata adalah 1,33 kg/m<sup>3</sup> hari.

Gambar 4. menunjukkan bahwa konsentrasi COD inlet masih fluktuatif, demikian juga keluaran outlet reaktor UASB I, namun keluaran reaktor UASB II sudah cukup stabil. Gambar 4. menunjukkan penurunan COD tertinggi mencapai 76 % pada OLR 4,97 kg COD/m<sup>3</sup>.hari, sedangkan penurunan COD di UASB rata-rata adalah 48,1 %. Kecepatan

beban COD rata-rata adalah 2,59 kg/hari sehingga penurunan beban COD rata-rata adalah 1,29 kg/m<sup>3</sup> hari.

Hasil percobaan di atas menunjukkan hasil penurunan COD yang lebih kecil yaitu sebesar 70% pada OLR 21,1 kg COD/m<sup>3</sup>. hari dan HRT 19 jam apabila dibandingkan dengan percobaan Moertinah, dkk (2013) yang menunjukkan penurunan COD sebesar 87% pada OLR 2,1 kg COD/m<sup>3</sup>. hari dan HRT 21 jam serta percobaan Moenir, dkk (2014) yang berhasil menurunkan COD sebesar 88,51% pada OLR 5,8 kg COD/m<sup>3</sup>. hari dan HRT 21 jam. Hal tersebut terjadi di sebabkan oleh konsentrasi influen yang belum stabil dan konsentrasi COD yang tinggi yaitu 2.709 – 21.684 mg/l.

Gambar 2, 3 dan 4 menunjukkan korelasi antara OLR dengan penurunan COD, dimana terdapat kecenderungan OLR yang tinggi akan meningkatkan prosentase penurunan COD. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Ganesh, dkk (2006) yang menunjukkan peningkatan COD *removal* seiring dengan meningkatnya OLR.

Seiring dengan perjalanan waktu terlihat kenaikan persentase penurunan COD rata-rata. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada awal percobaan populasi mikroba yang ada dalam reaktor UASB belum stabil. Hal ini sesuai dengan penelitian Alvarez (2006) yang menyebutkan bahwa kondisi stabil mikroba pada proses UASB tercapai setelah 120 hari.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada percobaan dengan waktu tinggal 19 jam dan kecepatan beban COD rata-rata 21,1 kg/m<sup>3</sup>.hari, dapat menurunkan nilai COD hingga 70% dengan penurunan beban COD rata-rata adalah 2,842 kg/m<sup>3</sup> hari. Percobaan dengan waktu tinggal 80 jam dengan kecepatan beban COD rata-rata adalah 6,7 kg/m<sup>3</sup>.hari diperoleh hasil penurunan COD hingga 78% dan penurunan beban COD rata-rata adalah 1,335 kg/m<sup>3</sup> hari, sedangkan untuk kecepatan beban COD rata-rata 4,97 kg/m<sup>3</sup>. hari diperoleh hasil berturut-turut 76% dan 1,298 kg/m<sup>3</sup> hari.

Jika dibandingkan dengan kinerja sistem anaerobik yang dimiliki oleh industri yang mampu menurunkan COD hingga 94% dengan waktu tinggal 15 hari dan penurunan beban COD sebesar 396 kg COD/m<sup>3</sup> hari, maka reaktor UASB hasil penelitian memiliki keunggulan ditinjau dari waktu tinggal dan penurunan beban COD.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Kementerian Perindustrian tahun anggaran 2015. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada anggota tim penelitian: Yuniarti Dewi Damayanti (alm), Dah Pitarin Agista, Lisa

Indah Pratiwi dan Saifuddin, serta seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez JA., Ruiz I., Gomez M., Preses J., and Soto M., 2006, Start-up Alternatives and performance of a UASB pilot plant treating diluted municipal wastewater at low temperature. *Bioresource Technol.*, 97, pp. 1640-1649.
- Ganesh PS., Ramasamy EV., Gajalakshmi S., Sanjeevi R., Abbasi SA., 2007, Studies on treatment of low-strength effluents by UASB reactor and its application to dairy industry wash waters, *Indian Journal of Biotechnology* Vol. 6, hal.234-238.
- Kaluzhnyi V., Fedorovich VV., and Lens P., 2006, Dispersed plug flow model for upflow anaerobic sludge bed reactors with focus on granular sludge dynamics. *Industrial Microbiology and Biotechnology*, 33, pp. 221-237.
- Marlana B., Sartamtomo., Dewi Y., Zen N, 2013, Pengolahan Air Limbah Industri Kecap dengan Proses Anaerob Filter dan Aerob Media Bergerak, *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri* Vol. 2, No.3, hal 143 – 150.
- Moertinah S., Moenir M., Sartamtomo, Yuliasni R., 2013, Pilot Project Pengolahan Air Limbah Industri Kertas Kraft dengan Sistem Biologis Anaerobik UASB Wetland, *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri* Vol. 2, No.3, hal 123 – 132.
- Moenir M., Moertinah S., Sartamtomo, 2014, Pengolahan Air Limbah Industri Teh Botol dengan Teknologi Biologis Anaerobik UASB Wetland, *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri* Vol.5, No.2, hal 65 – 72.
- Rice EW., Baird RB., Eaton AD., Clesceri LS (ed), 2012, *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater* 22nd Ed., American Public Health Association, Washington.

Van Lier JB., Mahmoud N., Zeeman G., 2008, Anaerobic Wastewater Treatment. In Henze, M., Loosdrecht, M.V., Brdjanovic, D. (eds) Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design, IWA Publishing, London, pp. 401-442

