

## **PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TEH BOTOL DENGAN TEKNOLOGI BIOLOGIS ANAEROBIK UASB – WETLAND**

### ***WASTEWATER TREATMENT OF BOTTLED TEA INDUSTRY BY BIOLOGICAL TECHNOLOGY UASB - WETLAND***

**Misbachul Moenir, Sartamtomo dan Sri Moertinah**  
Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri  
Jl. Ki Mangunsarkoro 6 Semarang  
e-mail : mismoen@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 3 Juli 2014, disetujui tanggal 5 September 2014

#### **ABSTRACT**

*Wastewater of bottled tea industry is one of the wastewater that have high organic load. Wastewater treatment plan as activated sludge systems where are now applied in many industries is not recommended because that systems is Low Rate category less fit again to treat wastewater containing high organic contaminants and dissolved complex. Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) system is one of the anaerobic process with high efficiency that can reduced at high organic load. Because the UASB process as initial treatment and thus to be followed by the wetland as an further treatment can reduce of organic contamination.*

*This research used the wastewater of the tea bottles industry in Central Java. Anaerobic microbial sources are used for seeding UASB reactor (2 parallel units) derived from anaerobic sludge of tofu industry. Residence time of the UASB reactor designed in total for 19 hours with a debit 2297 l / day. Advanced treatment of UASB reactor is done by processing wetland*

*The results showed that UASB reactors I and II can reduce COD up 88.51% and the highest efficiency of processing with wetland 85.02%, Next wastewater treatment with a combination of UASB and wetlands can reduce COD between 97.65 to 98,90% and the effluent fullfill the effluent standard beverage industry according to the Central Java Province Regulation No. 5/2012, where the COD = 35.44 mg / l, TSS = 16 mg / l, and BOD<sub>5</sub> = 13.44 mg / l.*

**Keywords :** *industrial waste water bottled tea, biological treatment, anaerobic UASB, wetland, effluent fullfill standards*

#### **ABSTRAK**

Industri minuman ringan merupakan salah satu industri yang mengeluarkan air limbah dengan beban organik yang cukup tinggi. Sistem pengolahan air limbah yang berkategori low rate seperti sistem activated sludge yang sekarang diterapkan di industri kurang sesuai lagi untuk mengolah air limbah yang mengandung cemaran organik tinggi dan bersifat kompleks terlarut. Sistem Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) adalah salah satu proses anaerobik dengan efisiensi tinggi yang dapat beroperasi pada beban organik tinggi. Proses pengolahan dengan wetland sebagai pengolahan lanjutan dapat menurunkan kadar cemaran organik lebih lanjut. Pada penelitian digunakan air limbah yang berasal dari salah satu industri teh botol di Jawa Tengah. Sumber mikroba anaerob yang digunakan sebagai seeding reaktor UASB (2 unit paralel) berasal dari lumpur anaerob yang terbentuk pada pengolahan air limbah industri tahu yang telah berfungsi dengan baik. Waktu tinggal dalam reaktor UASB secara total selama 19 jam dengan debit 2.297 l/hari. Pengolahan lanjutan dari reaktor UASB dilakukan dengan pengolahan wetland

Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor UASB I dan II dapat mereduksi COD dengan efisiensi tertinggi 88,51% dan pengolahan dengan wetland tertinggi 85,02%, selanjutnya pengolahan air limbah dengan kombinasi UASB dan wetland dapat mereduksi beban cemaran COD antara 97,65 – 98,90 % dan hasil effluen sudah memenuhi baku mutu air limbah industri minuman dalam botol menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, yaitu COD = 35,44 mg/l, TSS = 16 mg/l, dan BOD<sub>5</sub> = 13,44 mg/l.

**Kata kunci :** air limbah industri teh botol, pengolahan biologi, anaerob UASB, wetland, effluen memenuhi baku mutu

## PENDAHULUAN

Dalam proses produksi teh botol selain produk yang bernilai ekonomi juga dihasilkan limbah yang apabila tidak dikelola secara benar dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Air limbah industri teh botol berasal dari proses industri seperti pencucian botol, mesin filler, crutter dan sisa teh yang terikut dalam botol bekas serta air limbah yang berasal dari unit demineralizer

Karakteristik air limbah industri minuman ringan teh botol dapat dilihat pada Tabel 1 berikut

**Tabel 1.** Karakteristik Air Limbah Industri Minuman Ringan Teh Botol

No.	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu Air Limbah Industri Minuman Ringan
1.	Ph	-	5,1 – 7,2	6,0 - 9,0
2.	BOD	mg/l	500 – 989	50
3.	COD	mg/l	4.040 – 6.154	100
4.	TSS	mg/l	317	30
5.	Minyak dan Lemak	mg/l	12	3

Sumber : Data laboratorium PT. Sinar Sosro, 2012

Air limbah dengan beban organik tinggi seperti diatas biasanya lebih sesuai diolah dengan menggunakan sistem biologi anaerob maupun aerob. Pada prinsipnya pengolahan biologi bertujuan untuk merombak bahan organik dalam air limbah menjadi bahan yang lebih sederhana dengan bantuan mikroorganisme dalam suasana tanpa oksigen (anaerob) atau dengan oksigen (aerob).

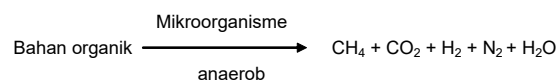
Pada saat ini industri teh botol sudah melakukan pengolahan air limbahnya sebelum dibuang ke lingkungan yaitu dengan sistem biologi aerobik lumpur aktif (activated sludge) langsung tanpa pengolahan tahap pertama sehingga memerlukan konsumsi oksigen yang sangat tinggi dalam bak lumpur aktif yang menyebabkan biaya operasional IPAL yang ada menjadi sangat besar.

Untuk mengatasi permasalahan diatas telah dicoba penelitian pengolahan air limbah industri teh botol dengan sistem anaerobik UASB sebagai pengolahan pendahuluan yang dilanjutkan dengan teknik wetland. Hal ini didasarkan bahwa pengolahan biologi anaerobik dapat melakukan perombakan (degradasi) bahan organik tinggi COD > 1.500 mg/l (Benefield D & R. Clifford, 1980).

Penguraian senyawa organik yang terdapat dalam air limbah secara anaerobik seperti karbohidrat, lemak dan protein dengan proses akan menghasilkan biogas yang mengandung metana (50-70%), CO<sub>2</sub> (25-45%)

dan sejumlah kecil nitrogen, hidrogen dan hidrogen sulfida.

Reaksi sederhana penguraian senyawa organik secara anaerob :



Sebenarnya penguraian bahan organik secara anaerobik mempunyai reaksi yang begitu kompleks dan mungkin terdiri dari ratusan reaksi yang masing-masing mempunyai mikroorganisme dan enzim aktif yang berbeda-beda.

Menurut Van Lier Jules B, 2008 beberapa keunggulan dari proses penguraian bahan organik secara anaerobik adalah teknologi yang sederhana dengan efisiensi pengolahan tinggi dan dengan *loading rate* dapat mencapai 20 – 30 kg COD/m<sup>3</sup>, produksi lumpur yang sedikit, mengurangi kebutuhan lahan dan apabila diinginkan gas methane yang dihasilkan dapat diambil sebagai sumber energi. Namun demikian proses anaerobik mempunyai kelemahan yaitu waktu *start up* yang cukup lama sekitar 8 – 12 minggu apabila tidak menggunakan *granular anaerobic seed* dan proses anaerobik ini merupakan proses pengolahan pendahuluan, sehingga harus diteruskan dengan proses lanjutan. Disamping itu apabila dalam zat organik mengandung unsur S dan N maka dalam proses pengolahan secara anaerob akan dihasilkan pula gas H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub> (Said Nusa Idaman, 2002)

Menurut Millis dan Pittard, 1982 dan Trihadiningrum, 1989, berdasarkan kebutuhan makanan bakteri yang berperan dalam perombakan secara anaerob dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu golongan bakteri hidrolitik, acetogenik dan metanogenik.

Golongan bakteri hidolitik berfungsi untuk mendegradasi makromolekul- makromolekul menjadi produk yang dapat larut dan dengan bantuan enzim protease, lipase, karbohidrase dan esterase dirombak menjadi molekul organik ranrai pendek yang dapat larut. Golongan ini terdiri dari bermacam-macam bakteri fakultatif anaerob dan bakteri obligat anaerob baik bersifat gram positif maupun gram negatif dan berbentuk batang. Golongan bakteri acetogenik berperan dalam fermentasi asam-asam amino, glucose dan β-oksidasi asam lemak untuk menghasilkan asetat atau H<sub>2</sub>.

Golongan bakteri metanogenik ini yang mampu menggunakan substrat dengan atom C<sub>1</sub> (CH<sub>3</sub> NH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>. OH) dan atom C<sub>2</sub> (CH<sub>3</sub>COOH) untuk menghasilkan methan dan proses ini berjalan dengan baik pada pH 6,7 – 8,0. Tahap methanasi merupakan tahap yang dapat mereduksi COD air limbah paling tinggi dan

apabila diinginkan maka gas metan dapat dipakai sebagai sumber energi.

Menurut Bahgat, M. and A. Dewedar, 2009, pengolahan biologi anaerobik mempunyai beberapa tipe berdasarkan jenis reaktornya yaitu : *Suspended Growth*, termasuk disini adalah *Complete Mixed Suspended growth*, *Anaerobic Contact process*, *Anaerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR)*,

1. *Anaerobic Sludge Blanket*. termasuk disini adalah *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*, *Anaerobic Baffle Reactor (ABR)*, *Anaerobic Migrating Blanket Reactor (AMBR)*
2. *Attached Growth*, termasuk disini adalah *Upflow Packed-bed Reactor*, *Anaerobic Expanded-bed Reactor*, *Anaerobic Fluidized-bed Reactor*
3. *Covered Anaerobic Lagoon*

Pada penelitian pengolahan air limbah industri teh botol ini sistem biologi anaerob yang dipilih adalah UASB, dengan pertimbangan UASB adalah salah satu proses anaerobik yang mempunyai efisiensi tinggi dan dapat mengolah air limbah dengan beban organik relatif tinggi. Pada kondisi mesofilik dengan beban volumetrik  $\geq 25$  kg COD/m<sup>3</sup>.hari dan waktu tinggal  $\leq 5$  jam, sistem pengolahan dengan UASB ini dapat mereduksi COD  $\geq 85\%$  (Lettinga, et al., 1983).

Prinsip kerja UASB adalah air limbah masuk dari bagian bawah reaktor lalu dialirkan secara vertikal ke atas. Air limbah pertama-tama akan melewati suatu lapisan yang dinamakan *sludge bed*. Pada lapisan ini air limbah yang masuk akan mengalami kontak dengan mikroba anaerob yang berbentuk granula (*pellet*) yang menyusun *sludge bed* tersebut. Biogas yang terbentuk dari metabolisme anaerob akan bergerak ke atas dan mengakibatkan terjadinya proses vertical mixing di dalam reaktor. Dengan demikian, tidak diperlukan alat mekanik untuk pengadukan di dalam reaktor. Kecepatan aliran keatas (*up flow*) harus dipertahankan sedemikian rupa sehingga dapat menciptakan pembentukan *sludge blanket* yang dapat memberikan area yang luas untuk kontak antara *sludge* dan air limbah. Kecepatan tipikal aliran ke atas yang disarankan oleh Lettinga dan Hulshoff Pol (1991) adalah 1 - 1,25 m/jam meskipun sebaiknya kurang dari 1 m/jam. Pada bagian atas reaktor terdapat dua jenis saluran, yaitu saluran untuk mengeluarkan limbah hasil olahan (*effluent*) serta saluran untuk mengeluarkan biogas. Karena gas dan effluent bergerak ke atas, maka diperlukan suatu struktur untuk menahan granula agar tidak ikut terbawa ke aliran effluent

dan struktur inilah yang dinamakan *Gas-Liquid-Solid separator (GLSS)*.

Karena proses anaerobik merupakan proses pendahuluan maka pada penelitian ini dilanjutkan dengan proses wetland. Definisi wetland sangat beragam tapi pada dasarnya wetland adalah area yang setidaknya tergenangi air secara intermiten (Campbell and Ogden, 2005). Sedangkan menurut Eddy dan Metcalf, 1993, wetland adalah suatu lahan yang jenuh air dengan kedalaman air tipikal yang kurang dari 0,6 m yang mendukung pertumbuhan tanaman air yang sederhana. Menurut Hammer (1998) *Wetland* adalah pengolahan limbah secara alami yang terdiri dari tiga faktor utama, yaitu (1) Area yang digenangi air dan mendukung hidupnya tanaman air, (2) Media tumbuh berupa batuan yang selalu digenangi air, (3) Pertumbuhan mikroorganisme.

Menurut Vymazal Jan 2010, beberapa variabel dalam membuat konstruksi wetland adalah (1) Debit yang mengalir; (2) Bahan organik tertentu; (3) Kedalaman media batuan (4) Pemeliharaan tanaman selama proses pengolahan

Keunggulan sistem wetland menurut Harbel & Langergraber, 2002 adalah efisiensi pengolahan cukup tinggi sekitar 80 %, mempunyai toleransi yang tinggi terhadap fluktuatif debit air limbah, mampu mengolah air limbah dengan berbagai perbedaan jenis polutan maupun konsentrasinya dan memungkinkan pemanfaatan kembali dan daur ulang air limbah. Dan menurut Tangahu & Warmadewanthi (2001) keunggulan sistem wetland adalah dapat mengolah air limbah domestik, pertanian dan sebagian limbah industri termasuk logam berat serta biaya perencanaan, pengoperasian dan pemeliharaan relatif murah dan tidak membutuhkan ketrampilan yang tinggi.

## METODE

Air limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah yang berasal dari salah satu industri teh botol yang ada di Jawa Tengah. Sumber mikroba anaerob yang digunakan berasal dari lumpur anaerob yang terbentuk pada pengolahan air limbah industri tahu yang telah berfungsi dengan baik. Lumpur yang mengandung mikroba anaerob dimasukkan kedalam reaktor UASB dengan jumlah  $\pm 40\%$  volume reaktor. Karena pH air limbah awal bersifat basa maka perlu dinetralkan dengan menambah asam Rangkaian penelitian proses pengolahan air limbah teh botol yang terdiri dari tangki umpan,

reaktor UASB, pompa dan rangkaian penelitian yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Rangkaian peralatan penelitian pengolahan air limbah industri teh botol

Reaktor UASB yang digunakan dalam penelitian ini terdiri 2 (dua) unit dan terbuat dari *stainless steel* dengan masing-masing berdiameter 770 mm, tinggi silinder 2290 mm dan volume 1.165 L. Kelengkapan unit UASB adalah pipa inlet dan out let air limbah serta pipa out let gas metan.

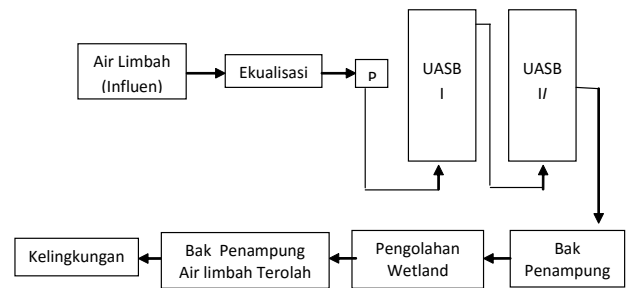
Penambahan makronutrien dimasukkan ke dalam tangki umpan yang terdiri dari urea sebagai sumber N dan  $K_2HPO_3$  sebagai sumber P dengan perbandingan COD : N : P = 100 : 2,5 : 0,5. pH umpan reaktor UASB dipertahankan antara 6,5 –7,0. Dengan pompa air limbah dialirkan dari tangki umpan ke reaktor UASB dengan debit sebesar 2,297 L/hari, sehingga waktu tinggal dalam reaktor UASB I dan II diperkirakan selama 19 jam (Sri Moertinah dkk, 2011) dan waktu tinggal dalam unit wetland selama 24 jam. Effluen reaktor UASB dan dari unit wetland ditampung dan dianalisa, unit pengolahan lanjut dari reaktor UASB (wetland) dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Unit Pengolahan Wetland

Secara lengkap diagram alir proses pengolahan air limbah industri teh botol dengan sistem

biologi anaerob UASB-Wetland dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram alir proses pengolahan air limbah industri teh botol dengan kombinasi anaerobik UASB dan wetland

Air limbah yang keluar dari reaktor UASB dan dari unit wetland dilakukan analisa parameter pH dan COD berdasarkan Standard Methods for Examination of Water and Waste Water (APHA, 2005) sebelum dan sesudah perlakuan pada setiap tahapan dengan menghitung persen penurunan COD sebelum dan sesudah diolah. Setelah kondisi optimal dicapai dilakukan analisa seluruh parameter air limbah effluen sesuai dengan baku mutunya yang ditetapkan pemerintah (Perda Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah yang digunakan berasal dari salah satu industri teh botol di Jawa Tengah seperti pada tabel 2

**Tabel 2.** Karakteristik Air Limbah yang Digunakan Untuk Percobaan

No.	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	6,4 – 7,8
2	BOD	mg/l	893 – 1.327
3	COD	mg/l	2.979 – 7.756
4	TSS	mg/l	115

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa air limbah industri teh botol mengandung cemaran organik cukup tinggi dengan kisaran nilai COD 2.979 – 7.756 mg/L dan BOD 893 – 1.327 mg/L dengan rasio BOD dan COD berkisar antara 3,3 – 5,8. Menurut Mangkoediharjo, 2010, air limbah dengan rasio BOD dan COD antara 0,2 – 0,5 (zona biodegradable) dapat diolah secara biologi, namun menurut Rakhma Putri, Arifani, dkk, 2013 rasio BOD/COD optimal untuk proses biologi aerobik adalah 0,1, proses biologi fakultatif pada rasio 0,2 dan proses biologi Anaerob rasionya > 0.2.

Dari hasil analisa TSS menunjukkan bahwa cemaran padatan tersuspensi air limbah relatif rendah. Karakteristik air limbah seperti

tersebut di atas cukup efektif bila diolah dengan proses anaerobik khususnya dengan reaktor UASB.

### Pengolahan Air Limbah dengan Reaktor UASB

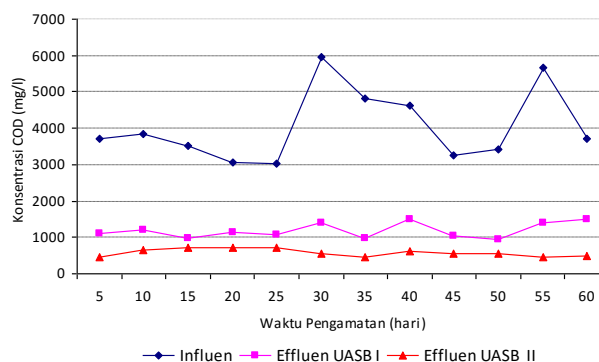
Percobaan pengolahan air limbah dari industri teh botol dilakukan dengan reaktor UASB dengan waktu tinggal dalam reaktor UASB I dan II selama 19 jam dilanjutkan dengan proses wetland dengan waktu tinggal 8 jam, 16 jam dan 24 jam

Pada tahap awal, air limbah diolah terlebih dahulu di dalam reaktor UASB yang diberi seeding dari lumpur anaerob yang terbentuk pada pengolahan air limbah industri tahu yang telah berfungsi dengan baik dan dioperasikan dengan waktu tinggal 19 jam selama 2 bulan. Nilai influen dan efluen reaktor UASB I dan II serta efisiensi pengolahan untuk parameter COD dapat terlihat pada Tabel 3 dan Gambar 4

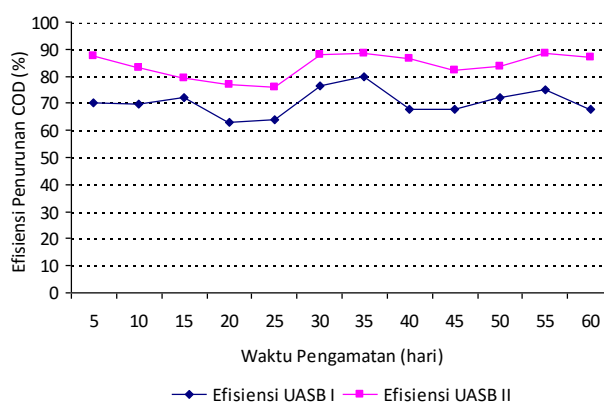
**Tabel 3.** Nilai Influen dan Effluen Unit UASB I dan UASB II Parameter COD

Pengamatan ke	Influen	Effluen UASB I	Effluen UASB II
1	3.705	1.112	461,4
2	3.846	1.192	647,2
3	3.525	984,8	726,5
4	3.066	1.134	701,2
5	3.026	1.089	722,7
6	5.946	1.401	748,3
7	4.810	962,5	465,1
8	4.639	1.484	631,7
9	3.253	1.041	554,9
10	3.429	960,1	552,8
11	5.651	1.413	649,5
12	3.721	1,201	476,6

Pelaksanaan penelitian tersebut dilakukan dengan konsentrasi COD air limbah sebagai umpan reaktor UASB I berkisar antara 3.026 – 5.946 mg/L kondisi dan waktu tinggal dalam reaktor UASB I dan II selama 19 jam serta pengamatan berlangsung selama 60 hari. Konsentrasi COD efluen UASB I berkisar antara 960,1 – 1.201 mg/l dan efluen UASB II berkisar antara 461,4 – 726,5 mg/l. Efisiensi reduksi konsentrasi COD secara total (UASB I dan UASB II) tertinggi dapat mencapai 88,51% dan nilai ini lebih tinggi daripada percobaan UASB oleh Wongnoi dan Phalakornkule (2004) yang mencapai efisiensi reduksi COD sebesar 80 %.



**Gambar 3.** Nilai Influen dan Effluen Reaktor UASB I dan UASB II Selama 60 hari



**Gambar 4.** Efisiensi Reaktor UASB I dan UASB II Selama 60 hari

Dari hasil tersebut apabila dibandingkan dengan percobaan Ganesh dkk, (2007) juga lebih besar efisiensi penurunan COD dimana efisiensi UASB I antara 63,01 – 74,99% dan UASB II antara 76,12 – 88,51%. Sedang Ganesh dkk yang juga menggunakan dua reaktor UASB secara paralel dan diperoleh hasil efisiensi reduksi COD UASB I sebesar 26,1 – 71,2% dan untuk UASB II 28,5 – 70,2%. Perbedaan yang cukup terlihat adalah pada nilai efisiensi reduksi COD optimal sebesar 88,51% lebih tinggi daripada percobaan (Ganesh, dkk, 2007) dengan nilai 71,2% dan 70,2%. Nilai efisiensi reduksi COD inipun masih lebih tinggi daripada hasil yang diperoleh dari percobaan UASB lain yang dilakukan oleh Von Sperling, et all 2001) yang memperoleh efisiensi reduksi COD hingga 84%

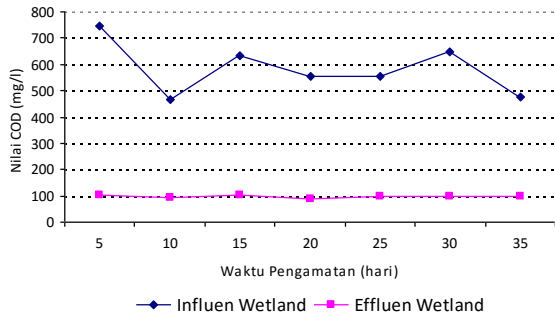
### Pengolahan Air Limbah dengan Wetland

Untuk menyempurnakan kualitas air limbah selanjutnya air limbah hasil pengolahan dengan reaktor UASB dilanjutkan dengan pengolahan wetland

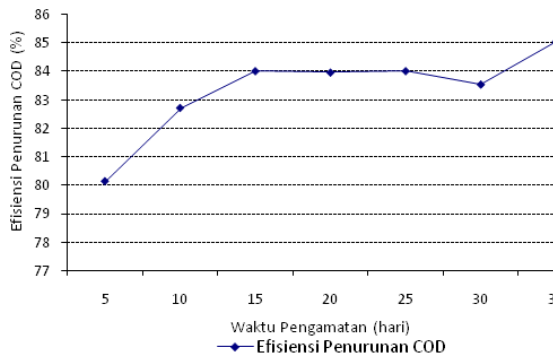
Hasil nilai penurunan COD pada pengolahan dengan wetland terdapat pada Tabel 4 dan Gambar 5 dibawah ini serta efisiensi penurunan COD terdapat pada Gambar 6

**Tabel 4.** Nilai Influen dan Effluen pengolahan Dengan Wetland Parameter COD

Pengamatan ke	Influen Wtland	Effluen Wetland
1	748,3	102,7
2	465,1	92,4
3	631,7	101,1
4	554,9	89,1
5	552,8	88,5
6	649,5	97,3
7	476,6	87,9



**Gambar 5.** Nilai Influen dan Effluen Pengolahan dengan Wetland Selama 35 hari



**Gambar 6.** Efisiensi Pengolahan dengan Wetland Selama 35 hari

Pada dasarnya pengolahan limbah dengan sistem wetland sangat mengandalkan kemampuan tanaman air dan bakteri yang berada disekitar perakaran tanaman dalam mengolah limbah (Suriawiria, U., 1993), sehingga kinerja sistem pengolah limbah ini akan sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu dan pH larutan limbah, karena kedua parameter tersebut merupakan faktor pembatas kehidupan mikroorganisme air. Dari hasil penelitian menunjukkan, bahwa suhu air limbah pada influen sebesar 29,6 °C pada pagi hari dan 31,5 °C pada sore hari serta pH influen = 6,8 pada pagi hari dan pH = 7,1 pada sore hari. Dengan kondisi pH limbah yang relatif netral, maka sangat menunjang untuk kehidupan mikroorganisme. Terjadinya penurunan beban

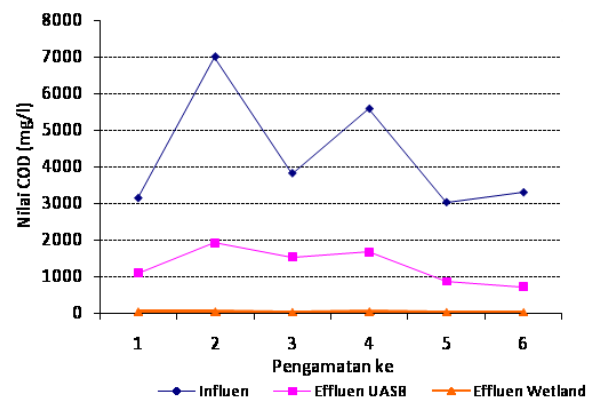
cemaran organik dalam air limbah dengan pengolahan wetland tersebut, menurut Wood dalam Tangahu & Warmadewanthi (2001) terjadi karena adanya mekanisme aktivitas gabungannya antara mikroorganisme dan tanaman, melalui proses oksidasi oleh bakteri aerob yang tumbuh disekitar *rhizosphere* tanaman maupun kehadiran bakteri heterotrof didalam air limbah. Akar tanaman tidak saja berperan dalam penyerapan hara (baik melalui aliran massa, kontak langsung maupun difusi), tetapi juga sangat besar pengaruhnya terhadap perubahan kondisi rizosfer. mikroorganisme tanah, seperti bakteri, jamur dan aktinomisetes lebih banyak dijumpai di daerah *rizosfer* daripada non-*rizosfer*. Menurut Haberl dan Langergraber (2002), bahwa proses fotosintesis pada tanaman air (*hydrophyta*), memungkinkan adanya pelepasan oksigen pada daerah sekitar perakaran (*zona rhizosphere*). Dengan kondisi *zona rhizosphere* yang kaya akan oksigen, menyebabkan perkembangan bakteri aerob di zona tersebut.

**Pengolahan Air Limbah dengan Kombinasi Reaktor UASB dan Wetland**

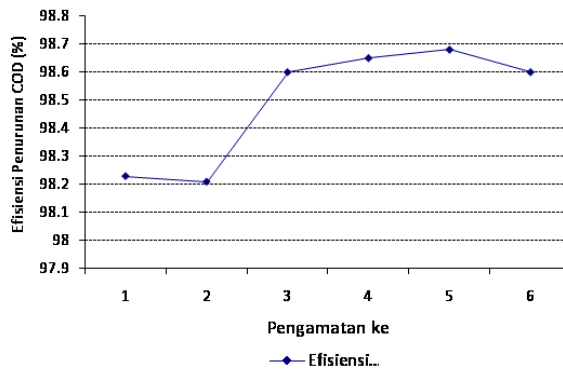
Hasil kualitas effluen hasil pengolahan air limbah industri teh botol dengan kombinasi reaktor UASB dan wetland dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

**Tabel 5.** Hasil Analisa Kualitas Air Limbah Industri Teh Botol Kombinasi UASB dan Wetland (Parameter COD)

Pengamatan ke	Influen	Effluen UASB	Effluen Wetland	Efisiensi Penurunan
1	3.134	1.092	55,2	98,23
2	6.999	1.729	55,3	98,21
3	3.814	1.536	39,7	98,96
4	5.576	1.665	57,1	97,65
5	3.020	851,8	39,7	98,68
6	3.289	708,7	35,8	98,90



**Gambar 7.** Nilai Influen dan Effluen Pengolahan Kombinasi UASB dan wetland



**Gambar 8.** Efisiensi Pengolahan Kombinasi UASB dan Wetland

Gari Gambar 14 dan 15 menunjukkan bahwa sistem kombinasi antara UASB dan Wetland tersebut dapat mencapai reduksi kadar COD dari 3.134 – 6.999 mg/L menjadi 35,8 – 57,1 mg/L Efisiensi reduksi total COD yang dapat diperoleh dengan pengolahan gabungan UASB dan wetland mencapai hingga 98,90%. nilai tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan percobaan oleh C. A. L. Chernicharo , 2006 sebesar 93%.

Hasil analisa air limbah effluen secara lengkap dapat dililat pada Tabel 6 berikut

**Tabel 6.** Hasil Pengolahan Kombinasi UASB dan Wetland

Parameter	Influen	Effluen	Effluen	Baku Mutu Air Limbah
		UASB	Wetland	
Suhu ° C	34	29	28,5	38
pH	6,8	7,4	7,6	6 – 9
BOD <sub>5</sub> mg/L	989,7	385,7	13,44	50
COD mg/L	3.289,	708,8	35,86	100
TSS mg/L	163	56	16	30

Bila dibandingkan dengan baku mutu air limbah untuk industri minuman dalam botol menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 yaitu COD = 35,44 mg/l, TSS = 16 mg/l, dan BOD<sub>5</sub> = 13,44 mg/l, maka nilai efluen kombinasi pengolahan UASB dan wetland sudah memenuhi baku mutu.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja UASB cukup efektif dan efisien dalam meningkatkan kualitas efluen pada beban relatif tinggi. dan pengolahan dengan teknologi kombinasi anaerobik UASB dan wetland merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah teh botol sehingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Selain itu ada kemungkinan air limbah terolah dapat didaur ulang.

Dari hasil penelitian dengan waktu tinggal dalam reaktor (*hydraulic retention time*) total selama 19 jam didalam reaktor anaerobik UASB dapat mereduksi beban COD tertinggi sebesar 88,51% dan pengolahan dengan wetland reduksi COD tertinggi sebesar 85,02%, Selanjutnya pengolahan air limbah dengan kombinasi UASB dan wetland dapat mereduksi beban cemaran COD antara 97,65 – 98,90 % dan hasil effluen sudah memenuhi baku mutu air limbah industri minuman dalam botol menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, yaitu COD = 35,44 mg/l, TSS = 16 mg/l, dan BOD<sub>5</sub> = 13,44 mg/l.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifani Rakhma Putri, Ganjar Samudro dan Dwi Siwi Handayani, 2011, Penentuan Rasio BOD/COD optimal pada reaktor Aerob, Fakultas dan Anaerob, Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- APHA-AWWA, 2005, Standard Methods for Examination of Water and Waste Water, American Public Health Association, American Water Works Association,
- Bahgat, M. and Dewedar A., 2009, Anaerobic Digestion Appropriate Rural Technology Institute (ARTI), <http://biogaslon.blogspot.com/>, Sunday, December 20, 2009,
- Benefield Larry D & Randall Clifford W, 1980, Biological Process Design for Waste Water Treatment, Prentice – Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ 07632
- Campbell and Ogden, 2005, Application of Biofilm Model in Free Water System Constructed Wetlands, J. Environ. Syst and Eng
- Chernicharo C.A.L., 2006 Post-treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater Department of Sanitary and Environmental Engineering, Federal University of Minas Gerais, Av. do Contorno 842/701, 300110-060, Belo Horizonte, Brazil
- Eddy & Met Calf, 1993, Wastewater Engineering Treatment And Reuse (Fourth Edition), Mcgraw-Hill, New York
- Ganesh, P. S., Ramasamy, E. V., Gajalakshmi, S., Sanjeevi, R., and Abbasi S. A., 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,
- Hammer, 1998, Constructed Wetlands for the Treatment of Black Water Karen Setty, Bren School of Environmental Science

- and Management, University of California, Santa Barbara
- Harber, R & Langergraber, H, 2002, Constructed Wetlands : a chance to solve waste water problems in developing countries, *Wat Sc Technology* 40 : 11 – 17
- Lettinga, G. (1980), *Biotechnology and bioengineering*, 22, 699 –73
- Lettinga G. and L. W. Hulshoff, 1983, UASB-Process Design for Various Types of Wastewaters. Department of Environmental Technology, Agricultural University of Wageningen, Bomenweg 2, 6703 HD Wageningen, The Netherlands
- Mangkoedihardjo dan Ganjar Samudro. 2010. *Review on BOD, COD and BOD/COD ratio: A triangle zone for toxic, biodegradable and stable levels*. *International Journal of Academic Research* Vol.2 No.4 July
- Millis, Nancy F. & Pittard, A. James. (1982). *Microbial physiology and genetics of industrial processes*. Parkville, Vic : Department of Microbiology, University of Melbourne
- Nusa Idaman Said, 2002, *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Proses Biologis, Teknologi Pengolahan limbah Cair Industri* , h 79 – 147, BPPT – BAPEDALDA Samarinda
- Sri Moertinah, Moenir, M. dan Sartamtomo, 2011, *Pengolahan Air Limbah Industri Pulp dan Kertas dengan Teknologi Biologi Anaerob UASB-Wetland*, BBT PPI Semarang ,
- Suriawiria, U., 1993, *Mikrobiologi Air*, Penerbit Alumni, Bandung.
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A., 2001, *Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) dalam Sistem Constructed Wetland*, Purifikasi, Volume 2 Nomor 3, ITS – Surabaya
- Trihadiningrum, 1989). *Pengolahan limbah dengan menggunakan mikroorganisme dapat dilakukan secara anaerob dan secara aerob*, Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya
- Van Lier Jules, B., 2008, *High Rate anaerobic Waste water Treatment : Diversifying from End of Pipe Treatment to Resource Oriented Conversion Techniques* , “ *Water science & Technology* (WST(57.8.8 : 1137 – 1148
- Von Sperling, M., et al. 2001. *Performance evaluation of a UASB –activated sludge system treating municipal wastewater*, *Water Science and Technology* Vol 43 No 11, 323–328
- Vymazal Jan 2010., “ *Constructed Wetlands For Waste Water Treatment*”, *Water*, ISSN 2073-4431, [www.mdpi.com/journal/water,p.530](http://www.mdpi.com/journal/water,p.530) - 544
- Wongnoi, R., dan Phalakornkule, C., 2004. *Efficiency Enhancement of Up flow Anaerobic Sludge Bed (UASB) by a Modified Three phase Separation* The Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE)”, Thailand