

PENGARUH *HYDRAULIC RETENTION TIME* (HRT) DAN KONSENTRASI INFLUEN TERHADAP PENYISIHAN PARAMETER BOD DAN COD PADA PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK *GREY WATER ARTIFICIAL* MENGGUNAKAN REAKTOR UASB

Bonis Rekoyoso; Syafrudin^{*)}; Sudarno^{*)}

Abstract

In urban areas domestic wastewater pollution reaches 60 % and about 75 % of the total volume of domestic wastewater is greywater . As an alternative wastewater treatment, UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) is an effective waste processing because it has many advantages . Several factors affect the performance of UASB reactors is Hydraulic Retention Time (HRT) and influent concentration. In the COD removal and BOD , reactors with HRT 4 hours having the smallest removal efficiency , i.e. by 36 % and 20 % . Reactor reaches the optimum point processing when operated at HRT 12 hours , where COD removal efficiency of 73% and BOD removal efficiency of 66% . In the reactor with medium concentration range (S) with an influent COD of 760 - 880mg / L of COD and BOD removal efficiency reached a maximum of 77 % and 75 % . While the smallest efficiency reactor obtained at low concentrations (R) with the organic content of the feed (influent) of 133-160 mg / L with a COD removal efficiency of 48% and BOD by 44 % .

Key Words: UASB, influent concentration, Hydraulic Retention Time (HRT), removal efficiency

PENDAHULUAN

Pada daerah perkotaan pencemaran air limbah domestik mencapai 60 % (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003) dan sekitar 75% dari total volume limbah cair domestik adalah *greywater* (Hansen & Kjellerup (1994), dikutip dari Eriksson et al (2001)).

Karakteristik *greywater* pada umumnya banyak mengandung unsur nitrogen, fosfat, dan potasium (Lindstrom, 2000). Unsur-unsur tersebut merupakan nutrisi bagi tumbuhan, sehingga jika *greywater* dialirkan begitu saja ke badan air permukaan maka akan menyebabkan eutrofikasi pada badan air tersebut.

Sebagai salah satu alternatif pengolahan air limbah, UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) merupakan pengolahan limbah yang efektif karena memiliki kelebihan diantaranya lebih murah karena tidak membutuhkan aerasi, menghasilkan lumpur yang lebih sedikit,

dan proses ini menghasilkan gas metana yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi (Tchobanoglous, 2003).

Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja reaktor UASB adalah *Hydraulic Retention Time* (HRT) dan Konsentrasi Influen. Yu Liu *et al* (2003) yang mempelajari pengaruh HRT dan konsentrasi influen pada hidrolisis air limbah gelatin menyatakan bahwa proses degradasi meningkat dari 84,1 sampai 89,6%, dengan peningkatan HRT dari 4 sampai 24 jam, tetapi degradasi menurun dari 65,2 sampai 51,9% dengan kenaikan konsentrasi influen dari 2 sampai 30 g COD/l.

Dalam penelitian ini kedua faktor tersebut akan diteliti pengaruhnya untuk mendapatkan kinerja reaktor UASB yang paling optimal dalam pengolahan limbah *greywater*.

BAHAN DAN METODOLOGI

Bahan dan Alat

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium untuk mengetahui efisiensi pengolahan limbah *greywater* menggunakan UASB. Limbah yang digunakan adalah limbah *artificial*. Karakteristik limbah berasal dari Kelurahan Gabahan dan Perumahan Bukit Semarang Baru.

Tabel 1.
Hasil Uji Karakteristik Air Limbah
Grey Water

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji BSB	Hasil Uji Gabahan
1.	COD	mg/L	155	1400
2.	BOD	mg/L	107	673
3.	TSS	mg/L	104	930
4.	Minyak/Lemak	mg/L	6,3	-
5.	pH	-	6,73	7,3

Reaktor yang digunakan terbuat dari fiber dengan diameter 10,14 cm dan tinggi 60 cm dengan volume lumpur $\pm 30\%$ dari volume reaktor. Reaktor ini dilengkapi dengan bak influen 200 L, pompa untuk menaikkan air menuju bak ekuilibrasi yang terbuat dari kaca dan ember effluen untuk menampung air hasil pengolahan.



Gambar 1. Rangkaian UASB
Sumber: Dok. Penelitian

Variasi Konsentrasi Influen

Variasi konsentrasi influen yang digunakan dalam penelitian ini ada 5 yaitu :

Tabel 2.
Variasi Konsentrasi Influent

No	Kons. Influent (COD mg/L)	Kons. Influent (BOD mg/L)	Rentang Konsentrasi
1.	155	92	Rendah
2.	558	305	Rendah-Sedang
3.	850	497	Sedang
4.	1131	612	Sedang-Tinggi
5.	1443	675	Tinggi

Variasi Hydraulic Retention Time (HRT)

Didasarkan penelitian terdahulu yang terkait, variasi HRT yang digunakan adalah HRT 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam, dan 12 jam

Pembuatan Limbah Artificial

Limbah *artificial* dibuat dengan bahan dasar *aquadest* dan *dextrose*.

Aklimatisasi

Aklimatisasi dilakukan dalam dua tahap, yaitu aklimatisasi 50% dan 100%.

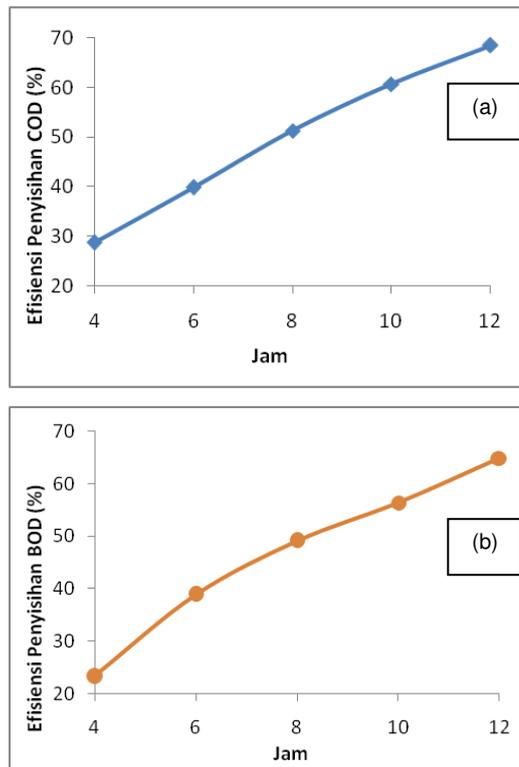
Running

Tahap *Running* dilakukan 20 hari secara kontinyu. Satu siklus *running* memakan 4-12 jam.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Variasi Hydraulic Retention Time (HRT) terhadap Penyisihan COD dan BOD

HRT pada reaktor terdiri dari HRT 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam, dan 12 jam. Kemudian dari kelima variasi ini akan dicari kondisi optimum pengolahan dengan cara menganalisis efisiensi penyisihan dari tiap reaktor.



Gambar 2
(a) Efisiensi Penyisihan COD;
(b) Efisiensi Penyisihan BOD

Pada penyisihan COD dan BOD, reaktor dengan HRT 4 jam memiliki efisiensi penyisihan yang paling kecil, yaitu sebesar 36% dan 20%. Efisiensi yang kecil ini dikarenakan *hydraulic retention time* yang sangat singkat menyebabkan pengaruh negatif karena dapat menyebabkan terhanyutnya biomassa ke luar reaktor (Van Haandel, 2006). Kemudian ketika reaktor dioperasikan dengan HRT yang lebih tinggi yaitu HRT 6 jam efisiensi penyisihan COD dan BOD mulai meningkat dengan penyisihan sebesar 45% dan 34%. Dan ketika HRT pada reaktor kembali ditingkatkan menjadi 8 dan 10 jam efisiensi penyisihan COD berturut-turut adalah sebesar 58% dan 66%, sedangkan untuk BOD sebesar 49% dan 57%. Reaktor mencapai titik optimum pengolahan ketika dioperasikan pada HRT 12 jam, dimana efisiensi penyisihan COD yang didapat sebesar 73% serta efisiensi

penyisihan BOD sebesar 66% (Gambar 2a dan 2b).

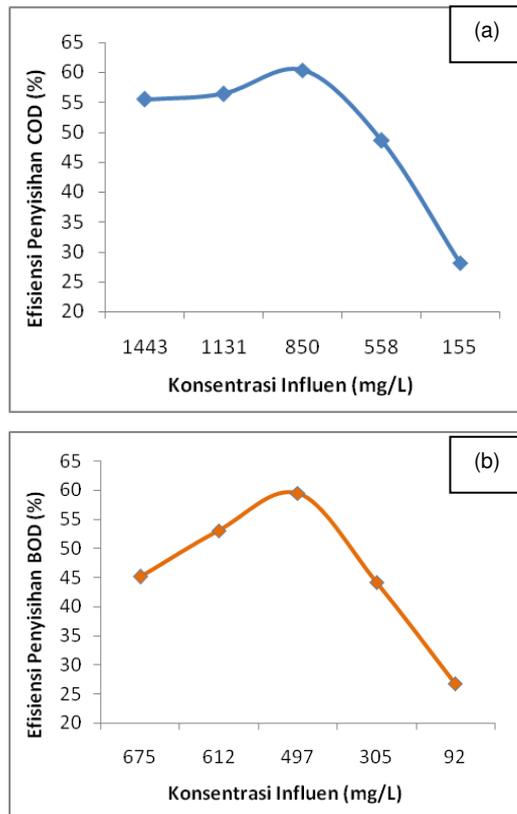
Hasil tersebut sesuai dengan yang dinyatakan oleh Farajzadehha *et al* (2012), bahwa penurunan HRT menyebabkan penurunan efisiensi penyisihan karena adanya peningkatan turbulensi dalam reaktor sehingga waktu kontak air limbah dengan butiran lumpur akan menurun. Sebaliknya apabila HRT yang digunakan cukup lama, maka akan memberi kesempatan kontak lebih lama antara lumpur anaerob dengan limbah cair, sehingga proses degradasi atau penguraian terhadap zat organik menjadi lebih baik (Nugrahini *et al*, 2008).

Yu Liu *et al* (2003) yang mempelajari pengaruh HRT dan konsentrasi influen pada hidrolisis air limbah gelatin juga menyatakan bahwa proses degradasi meningkat dari 84,1 sampai 89,6%, dengan peningkatan HRT dari 4 sampai 24 jam, tetapi degradasi menurun dari 65,2 sampai 51,9% dengan kenaikan konsentrasi influen dari 2 sampai 30 g COD/l.

Namun dikarenakan limbah domestik *greywater* ini termasuk dalam *low strength wastewater* sehingga HRT yang didesain tidak perlu selama pada pengolahan air limbah industri, karena pada air limbah industri terkandung bahan organik yang lebih tinggi (Van Haandel, 2006). *Hydraulic Retention Time* yang sangat panjang dapat memberi pengaruh negatif pada proses granulasi lumpur dalam reaktor UASB (Alphenaar *et al*, 1993).

Pengaruh Variasi Konsentrasi Influen Terhadap Penyisihan COD dan BOD

Setelah analisis kinerja reaktor UASB berdasarkan variasi HRT, pembahasan selanjutnya adalah kinerja reaktor berdasarkan variasi konsentrasi influen dengan melihat efisiensi penyisihan terhadap parameter pencemar COD dan BOD.



Gambar 3.
(a) Efisiensi Penyisihan COD;
(b) Efisiensi Penyisihan BOD

Pada reaktor dengan rentang konsentrasi tinggi dengan influen COD sebesar 1443 mg/L efisiensi penyisihan COD dan BOD yang didapat adalah sebesar 73% dan 66%. Kemudian ketika reaktor dioperasikan dengan rentang konsentrasi yang lebih rendah yaitu konsentrasi sedang-tinggi dengan influen COD 1131 mg/L efisiensi penyisihan COD dan BOD menjadi meningkat dengan penyisihan sebesar 74% dan 73%. Lalu ketika konsentrasi influen pada reaktor kembali diturunkan pada rentang konsentrasi sedang dengan influen COD sebesar 850 mg/L efisiensi penyisihan COD dan BOD mencapai titik maksimum sebesar 77% dan 75%.

Dari percobaan ini dapat diketahui bahwa dengan meningkatkan konsentrasi awal (influen) maka akan menurunkan

persentase penyisihan (efisiensi penyisihan) dalam reaktor. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu, yang menyatakan bahwa variasi konsentrasi influen COD mempengaruhi tingkat removal COD. Pada tingkat pembebanan hidrolis yang sama, efisiensi penyisihan yang dicapai lebih tinggi pada konsentrasi influen yang lebih rendah. Selain itu tingkat efisiensi COD akan menurun bila tingkat pembebanan hidrolis dan organik meningkat (Aslan, 2008).

Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi COD dalam umpan (influen) semakin besar jumlah substrat organik yang terkandung dalam aliran limbah cair, dengan demikian beban organik yang harus diuraikan oleh mikroba anaerob semakin besar (Husin, 2008). Seperti yang diutarakan oleh Foresti (2002), terdapat perbedaan antara limbah domestik dengan limbah industri yang diolah menggunakan reaktor UASB. Walaupun merupakan limbah dengan kekuatan yang rendah, limbah domestik lebih kompleks dikarenakan di dalamnya terdapat partikulat COD dengan fraksi yang tinggi, kandungan lemak, protein, deterjen, serta bahan-bahan yang lainnya. Karakteristik inilah yang menjadi keterbatasan proses anaerobik dalam hal efisiensi penyisihan COD, dan selanjutnya juga OLR maksimum dan HLR yang dapat diaplikasikan.

Namun apabila kita lihat pada hasil percobaan, terdapat beberapa hasil yang berbeda khususnya pada reaktor dengan rentang konsentrasi rendah-sedang dan konsentrasi rendah. Pada kedua reaktor ini efisiensi penyisihan baik pada COD maupun BOD terus mengalami penurunan dibandingkan dengan reaktor-reaktor di atasnya. Pada reaktor konsentrasi rendah-sedang dengan kandungan organik pada umpan (influen) sebesar 558 mg/L efisiensi penyisihan COD yang didapat adalah sebesar 70% sedangkan untuk BOD sebesar 67%. Kemudian pada reaktor

konsentrasi rendah dengan kandungan organik pada umpan (influen) sebesar 155 mg/L efisiensi penyisihan COD yang didapat adalah sebesar 48% dan untuk BOD sebesar 44%.

Pada reaktor konsentrasi rendah-sedang dan konsentrasi rendah, lumpur granul yang terdapat di dalamnya diduga belum terbentuk sempurna dikarenakan jumlah substrat organik yang masuk ke dalam reaktor relatif kecil/sedikit sehingga mikroorganisme pembentuk granul lebih lambat bekerja.

Dengan tidak terbentuknya granul maka proses degradasi tidak berjalan efektif, dikarenakan tidak terjadi gelembung biogas yang dilepaskan ke atas untuk mengaduk/membraurkan reaktor secara alami (Padmono, 2007) yang berfungsi untuk membuat kontak yang baik antara biomassa dengan limbah cair (Aiyuk *et al*, 2004). Konsentrasi limbah yang rendah, *loading rates* yang rendah, dan produksi biogas yang rendah dapat menjadi penyebab terbatasnya transfer substrat dan pembentukan granul atau dapat membuat granul sulit untuk dipertahankan (Thaveesri *et al*, 1995; Aiyuk *et al*, 2004)

Perbandingan Kinerja Reaktor UASB Terhadap Penyisihan COD dan Penyisihan BOD

Apabila kinerja reaktor UASB dibandingkan antara penyisihan COD dan BOD, maka dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan reaktor lebih besar sewaktu menyisihkan parameter pencemar COD. Hal ini didukung oleh pernyataan Tchobanoglous *et.al* (2003) hubungan antara BOD dan COD adalah BOD merupakan bagian dari COD. Nilai BOD ultimate selalu lebih kecil dari nilai COD. Hal ini terjadi karena beberapa alasan, salah satunya banyak zat organik yang sulit untuk dioksidasi secara biologis seperti

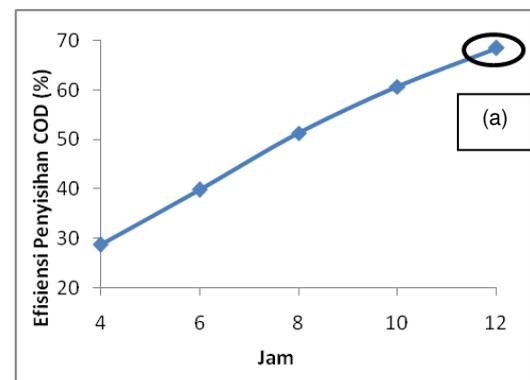
lignin karena hanya dapat dioksidasi secara kimia.

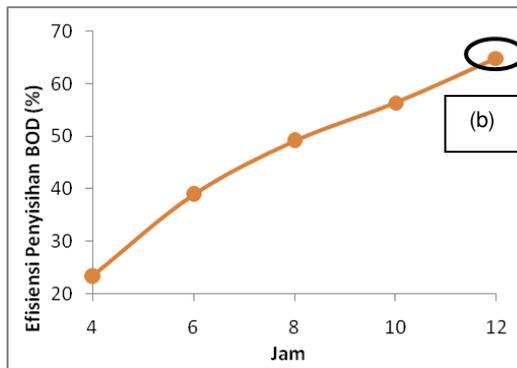
Kondisi Optimum pada Reaktor UASB

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas maka didapat beberapa kondisi optimum reaktor berdasarkan variasi *Hydraulic Retention Time* dan konsentrasi influen dalam menyisihkan parameter pencemar COD dan BOD. Berikut adalah matrik yang menggambarkan hubungan kedua variasi.

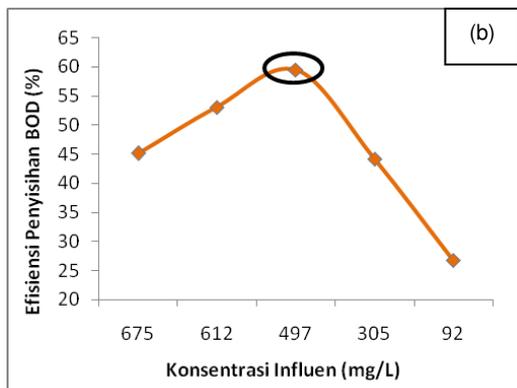
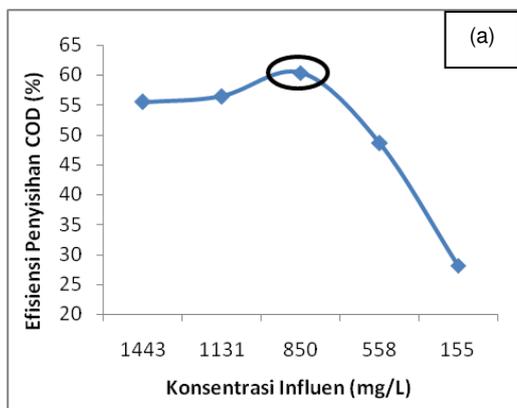
Tabel 3.
Matriks Hubungan HRT dan Konsentrasi Influen

Variasi	Efisiensi Penyisihan (%)		
	COD	BOD	Ket.
Variasi HLR (Hydraulic Loading Rate)			
1.Konsentrasi Tinggi	73	66	HRT 12 jam
2.Konsentrasi Sedang-Tinggi	74	73	HRT 12 jam
3.Konsentrasi Sedang	77	75	HRT 12 jam
4.Konsentrasi Rendah-Sedang	70	67	HRT 12 jam
5.Konsentrasi Rendah	48	44	HRT 12 jam
Variasi Konsentrasi			
1.HRT 4 jam	40	38	Konsentrasi Sedang
2.HRT 6 jam	51	52	Konsentrasi Sedang
3.HRT 8 jam	64	62	Konsentrasi Sedang
4.HRT 10 jam	71	71	Konsentrasi Sedang
5.HRT 12 jam	77	75	Konsentrasi Sedang





Gambar 4 Kondisi Optimum UASB Berdasarkan HRT
(a) COD; (b) BOD



Gambar 5 Kondisi Optimum UASB Berdasarkan Konsentrasi Influen
(a) COD; (b) BOD

Kesimpulan

1. Efisiensi reaktor UASB dalam menyisihan COD berdasarkan variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) mencapai 48%-77%. Sedangkan untuk variasi konsentrasi influen yaitu 40%-77%; untuk penyisihan BOD berdasarkan variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) yaitu 44%-75% serta berdasarkan variasi konsentrasi influen yaitu sebesar 38%-75%.
2. Pengaruh variasi HRT dan variasi konsentrasi influen terhadap penyisihan COD dan BOD yaitu:
 - a. Dengan menurunkan nilai konsentrasi influen hingga titik tertentu, maka efisiensi penyisihan akan meningkat. Namun apabila konsentrasi influen terlalu rendah efisiensi penyisihan akan menjadi rendah
 - b. Dengan meningkatkan *Hydraulic Retention Time* (HRT) dari 4-12 jam, membuat efisiensi penyisihan COD dan BOD menjadi semakin besar, dengan HRT 12 jam sebagai titik optimum.
3. Nilai konsentrasi influen dan *Hydraulic Retention Time* (HRT) optimum pada reaktor UASB untuk menyisihkan parameter COD dan BOD adalah:
 - a. Penyisihan COD optimum terjadi pada rentang konsentrasi sedang dan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 12 jam dengan kemampuan efisiensi penyisihan 77%;
 - b. Penyisihan BOD optimum terjadi pada rentang konsentrasi sedang dan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 12 jam dengan kemampuan efisiensi penyisihan 75%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmad, Adrianto, *et al.* 2011. *Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Tandan dan Pelepah Sawit dalam Penyisihan COD*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia Vol.10 No.3, 134-140

2. Aiyuk SE, Verstraete W. *Sedimentological evolution in an UASB treating SYNTHES, a new representative synthetic sewage, at low loading rates.* *Biores Technol* 2004;93(3):269–78.
3. Alphenaar, P. A., A. Visser, dan G. Lettinga. 1993. *The Effect of Liquid Upward Velocity and Hydraulic Retention Time on Granulation in UASB Reactors Treating Wastewater with High Sulphate Content.* *Biosource Technology*, 43, 249.
4. Aslan, Sibel., Nusret Sekerdag. 2008. *The performance of UASB reactors treating high-strength wastewaters.* *Journal of Environmental Health.* 0022-0892
5. Farajzadehha, Soheil. 2012. *Lab Scale Study of HRT and OLR Optimization in UASB Reactor for Pretreating Fortified Wastewater in Various Operational Temperatures.* *APCBEE Procedia* 1 (2012) 90 – 95.
6. Ginting, P. 1995. *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri.* Pustaka Sinar Harapan: Jakarta.
7. Husin, Amir. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Biofiltrasi Anaerob dalam Reaktor Fixed-Bed.* USU e-Repository
8. Indriasari, Anindita, R.R., 2007, “*Pengolahan Air Limbah Septic Tank Rumah Susun Menggunakan Rotary Biological Contactor (RBC) Skala Laboratorium*”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
9. Liu, Yu, *et al.* 2003. *Mechanisms and models for anaerobic granulation in upflow anaerobic sludge blanket reactor.* *Water Research* Vol.37, 661-673
10. Nugrahini, P., 2008, *Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor UASB, Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II, Universitas Lampung.*
11. Padmono, Djoko, Joko Prayitno Susanto. 2007. *Granulasi Lumpur Biogas Anaerobik.* *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol.8 No.2, 128-136
12. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 10/PERDA/07/2004 tentang Baku Mutu Air Limbah .
13. Setiawan, Yusup, Sri Purwati, Kristaufan, J.P. 2008. *Peningkatan Efektivitas Pengolahan Air Limbah Proses Pemutihan Pulp dengan Reaktor Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) dan Lumpur Aktif Termobilisasi.* *Berita Selulosa* Vol.43 No.2, 74-82
14. Soetopo, Rina S., Sri Purwati, Yusup Setiawan, dan Krisna Adhitya Wardhana. 2011. *Efektivitas Proses Kontinyu Digestasi Anaerobik Dua Tahap Pada Pengolahan Lumpur Biologi Industri Kertas.* *Jurnal Riset Industri* Vol. V, No.2, Tahun 2011, Hal 131-142.
15. Tchobanoglous, George, Franklin L. Burton, dan David H. Stensel. 2003. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*, 4th ed. McGraw-Hill Book Co : Singapore.
16. Thaveesri J, Liessens B, Verstraete W. *Granular sludge growth under different reactor liquid surface tensions in lab-scale upflow anaerobic sludge blanket reactors treating wastewater from sugar-beet processing.* *Appl Microbiol Biotechnol* 1995;43:1122–7.
17. Van Haandel, A.. 2006. *Anaerobic Reactor Design Concepts for the Treatment of Domestic Wastewater.* *Rev. Environ. Sci. Bio/Technol*, p. 5-21