

# **Efisiensi Penyisihan COD Dan Pembentukan Biogas Dalam Pengolahan *Sludge* IPAL Industri Pulp And Paper Dengan Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerobik**

**Dwi Mina Intan Permadi<sup>1)</sup>, Prof. Adrianto Ahmad, MT<sup>2)</sup>, Shinta Elystia, ST, Msi<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, <sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, <sup>2)</sup>Dosen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

*dwimipermedi@yahoo.com/082382453325*

*Sludge waste paper processing industry has a COD concentration reached 45,000 mg / L. When discharged directly into the water, it can pollute the environment because of the quality standards set by the government through KEPMEN LH No. 51 1995 which is the COD of 350 mg / L. This study aimed to reduce levels of COD in wastewater using an anaerobic bioreactor hybrid combining two patterns of growth of the microorganisms suspended on the insulated and attached growth media using the stones as cell immobilization. This study took place in four stages. The first stage is the seeding done by adding 200 mL of waste and provides nitrogen every day and lasts for 10 days. The second stage is using the method of acclimatization waste and dispose of the liquid contents of 200 mL and restocked with a substrate of 200 mL per day. The third stage is a start-up using the substrate that enter into the inlet tank, then the feed flows rate of 4L / day flow through the inlet pipe so that the entry into the reactor, the suspension in the reactor will be decomposed by microorganisms resulting in the formation of biogas. The fourth sage anaerobic bioreactor hybrid continuous with variable feed flow rate is 20 L / day, 10 L / day, 6.67 L / day, 5 L / day, 4 L / day, with a working volume of the bioreactor 20 L / day. The results showed that the removal efficiency of each flow rate was 94.44%, 94.44%, 94.44%, 94.44%, and 94.44% respectively and the average biogas production reached 1153,95 mL. Thus the hybrid bioreactor be one of the alternatives that can be used in treating wastewater which has quite high organic content.*

*Keywords: Anaerobic bioreactor hybrid, rock, sewage, COD, biogas formation.*

## **1. Pendahuluan**

Industri kertas merupakan salah satu jenis industri terbesar di dunia dengan menghasilkan 178 juta ton *pulp*, 278 juta ton kertas dan karton, dan mengahabiskan 670 juta ton kayu. Pertumbuhannya dalam dekade berikutnya diperkirakan antara 2% hingga 3,5% per tahun, sehingga membutuhkan kenaikan kayu log yang dihasilkan dari lahan hutan seluas 1 sampai

2 juta hektar setiap tahun (Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Basah, 2002).

Salah satu potensi pencemaran lingkungan yang harus dikelola oleh industri kertas ialah asal lumpur (*sludge*). Limbah lumpur di lokasi hanya di tumpuk dan belum dikelola, sehingga selain *sludge* menimbulkan gangguan terhadap estetika, juga menyebabkan pencemaran tanah, air,

dan menimbulkan bau bagi masyarakat sekitar (Fitri dkk, 2013).

Menurut Karcher (2001) Limbah utama dari industri pulp dan kertas adalah *sludge*. *Sludge* adalah material padat yang dipisahkan dari suspensi dalam cairan. *Sludge* yang dihasilkan oleh industri *pulp* dan kertas berasal dari proses pengolahan limbah cair kemudian dilanjutkan menuju kolam aerasi dan menuju *clarifier*, umumnya *sludge* mengacu pada bahan residu yang semi-padat tersisa dari limbah cair industri. Hal inilah yang menyebabkan industri membuang *sludge* dan tidak mempergunakannya lebih lanjut.

Secara umum *sludge* berasal dari dua tahapan proses pengolahan effluen. Pertama, penanganan primer yang biasanya dilakukan dengan proses sedimentasi, tetapi dapat juga dilakukan dengan *dissolved air flotation*. Di dalam sedimentasi, limbah cair dipompakan ke bak pengendapan dan terjadi pemisahan padatan dengan proses gravitasi, dimana endapannya dibuang secara regular dari bak tersebut. Padatannya sekitar 1,5% - 6,5% tergantung dari ka ter bahan baku kertas. Kedua, penanganan sekunder merupakan proses biologi yang mengubah menjadi karbon dioksida dan air (Wahyono, 2000).

*Sludge* tersebut sebenarnya dapat ditingkatkan kualitasnya dengan menggunakan modifikasi kimia yaitu dengan cara asetilasi, yang berfungsi untuk memperlebar bidang permukaan serat serta meningkatkan kelenturan dan kekuatan sobek serat. Dalam membersihkan serat *sludge* yang telah tercampur dengan kalium karbonat maka dapat dilakukan pencucian serat ini menggunakan bioreaktor anaerob (Maloney, 1993).

Bioreaktor anaerob merupakan suatu proses biologi yang mengubah *sludge* atau sampah organik menjadi gas metan ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Biorektor anaerob sangat rentan terhadap fluktuasi

*sludge*, perubahan temperatur dan pH. Variabel-variabel itu berpengaruh terhadap kelangsungan dari mikroorganisme. Bila variabel-variabel tersebut tidak dijaga kestabilannya akan mengakibatkan kematian dari mikroorganisme dan lama kelamaan mikroorganisme dalam reaktor tersebut mati secara total dan bioreaktor tidak dapat diolah lagi, peristiwa itu disebut *wash out* (pencucian) dan waktu *recovery* untuk kejadian itu membutuhkan waktu yang lama (Beteau, 1996).

Pengolahan limbah cair *pulp and paper* dengan metode lumpur aktif menggunakan *bioreactor hybrid*, untuk mengurangi kandungan pencemaran limbah cair tersebut. Namun, pengolahan menggunakan metode tersebut masih menghasilkan lumpur buangan berkala yang jumlahnya tidak sedikit. Oleh karena itu, limbah padat yang dihasilkan dari sistem pengolahan limbah cair *pulp and paper* dengan menggunakan metode lumpur aktif menggunakan *bioreactor hybrid* harus diolah sedemikian rupa sehingga tidak mencemari lingkungan.

Banu et al (2006) melakukan penelitian dengan menggunakan reaktor hibrid anaerob bermedia *plastic rings* dengan limbah cair sagu artifisial di daerah Talimandu, India. Variabel yang digunakan adalah WTH (Waktu Tinggal Hidrolik), TSS (*Total Suspended Solid*), OLR (*organic loading rate*) dan COD dengan efisiensi penyisihan COD pada kondisi *start-up* 83%. Reaktor hibrid anaerob juga telah digunakan untuk limbah cair yang berbeda.

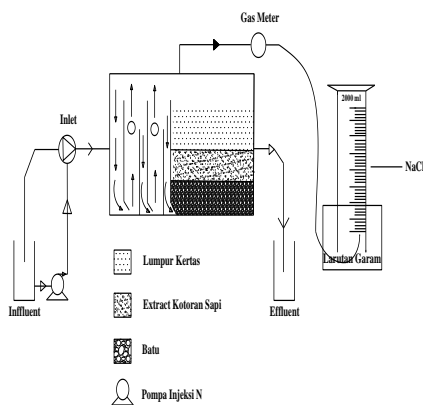
Firdha (2010) melakukan penelitian dengan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu tetapi dengan menggunakan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menvariasikan WTH (Waktu Tinggal Hidrolik) dengan efisiensi penyisihan COD pada kondisi *start-up* sebesar 80%.

Sedangkan Atikalidia (2010) melakukan penelitian dengan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia cangkang sawit menggunakan limbah cair kelapa sawit dengan efisiensi penyisihan COD pada kondisi *start-up* sebesar 87%.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari lumpur IPAL industri *pulp and paper* di PT. Riau Andalas *Pulp and Paper* dicampurkan dengan air dengan perbandingan 1:1 dan bahan pendukung seperti batu, kotoran sapi, gas nitrogen serta bahan kimia yang digunakan seperti  $K_2Cr_2O_7$  0,05 M,  $Ag_2SO_4$  0,05 M, Larutan FAS, dan indicator feroin. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni : Bioreaktor hybrid anaerob, tabung reaksi, erlenmeyer 2000 mL, erlenmeyer 250 mL, labu ukur 500 mL, buret dan statip. Berikut ini adalah rangkaian alat bioreactor hybrid anaerob.



**Gambar 2.1** Rangkaian Alat Bioreaktor Hibrid Anaerob

Keterangan :

1. Tangki Inffluent
2. Pompa

3. Reaktor
4. Tangki Effluent
5. Gelas Ukur
6. Selang

### Variabel Penelitian

#### a) Variabel Tetap

Variabel tetap pada penelitian ini yaitu :

1. Ukuran bioreaktor : 58 cm x 42 cm x 35 cm
2. Sampel berupa *sludge* IPAL *pulp and paper* yang berasal dari PT. Riau Andalas *Pulp and Paper*
3. Temperatur ruangan
4. Perbandingan *sludge* dengan air yaitu 1 : 1
5. Perbandingan ekstrak sapi dengan limbah yaitu 1 : 1

#### b) Variabel Berubah

Laju alir umpan : 20 L/hari; 10 L/hari; 6,67 L/hari; 5 L/hari dan 4L/hari .

## 2.2 Prosedur Penelitian

### Seeding

Langkah-langkah yang dilakukan untuk tahap *seeding* ini yaitu dengan mengambil kotoran sapi sebanyak 1 liter, selanjutnya tambahkan 100 ml limbah segar dari *sludge* IPAL industri *pulp and paper* lakukan setiap hari, lakukan selama sepuluh hari pada sepuluh erlenmeyer ukuran 2 liter sehingga didapat volume akhir 20 liter.

### Aklimatisasi

Langkah-langkah yang dilakukan untuk tahap aklimatisasi ini yaitu dengan melakukan proses aklimatisasi biomassa, digunakan untuk mendegradasi kandungan-kandungan karbohidrat, lemak dan minyak yang terdapat pada limbah cair *pulp and paper*. Proses aklimatisasi dilakukan dengan metoda buang dan isi (*fill and draw*) yaitu

dengan membuang supernatan sebanyak 200 ml setiap hari kemudian ditambahkan 200 ml limbah cair segar yang memiliki kandungan COD tertentu. Proses aklimatisasi berlangsung pada kondisi operasi suhu ruang. Selama proses aklimatisasi dilakukan analisa terhadap nilai pH, konsentrasi biomassa yang dinyatakan sebagai VSS dan gas yang terbentuk.

### **Start up Bioreaktor**

Kondisi operasi bioreaktor selama *start-up* dilakukan pada suhu kamar. Pada proses *start-up* limbah *sludge* 1:1 ditambahkan sebagai umpan sebanyak 2 L/hari dan disirkulasi. Penambahan umpan bertujuan untuk menaikkan dan menahan pertumbuhan *biofilm*. Keluaran dari hasil *start-up* ditampung dan diambil sebanyak 500 ml untuk dianalisis. Proses *start-up* dilakukan hingga tercapai keadaan tunak (*steady state*) dengan fluktuasi penyisihan padatan berkisar 10%.

### **Pengambilan Sampel**

Lokasi pengambilan sampel *sludge* IPAL *pulp and paper* yaitu di PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* Kabupaten Pangkalan Kerinci Riau. Pengambilan sampel dilakukan selama satu hari. Sampel yang diambil sebanyak 70 liter dengan menggunakan dirigen. *Sludge* yang diambil untuk penelitian ini yaitu dari alat *clarifier*. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada siang hari, hal ini dikarenakan pada siang hari alat *clarifier* sedang berproses dan *sludge* masih dalam keadaan bagus.

### **Percobaan Pendahuluan**

Percobaan pendahuluan merupakan tahap persiapan untuk menentukan waktu detensi serta menguji kelayakan dan kestabilan bioreaktor yang digunakan. Waktu detensi dihitung berdasarkan tetes pertama lumpur keluar dari outlet saat dilirkan. Penentuan waktu detensi pada

penelitian ini dibagi atas satu tahap percobaan yakni : Pengaliran *sludge* IPAL dengan laju alir umpan 20 L/hari; 10 L/hari; 6,67 L/hari; 5 L/hari; 4 L/hari dengan 5 kali percobaan per masing-masing laju alir.

Parameter yang dianalisis untuk pengujian kelayakan dan kestabilan bioreaktor hibrid, adalah kondisi limbah keluaran *effluent* dari bioreaktor secara fisik yang berupa pH, suhu dan COD.

### **Percobaan Utama**

Sampel limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sludge* IPAL *pulp and paper* di perawang Kabupaten Siak Sri Indapura Provinsi Riau. Percobaan utama dalam penelitian ini bertujuan untuk mereduksi *Sludge* hasil pengolahan limbah cair *pulp and paper* menggunakan reaktor hibrid anaerobik dengan variasi laju aliran umpan.

Laju alir yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20 L/hari; 10 L/hari; 6,67 L/hari; 5 L/hari; 4 L/hari dengan 5 kali menjalankan instrumen. Dimana hal ini didasarkan penelitian sebelumnya yaitu mereduksi *sludge* pada limbah IPAL *pulp and paper* yang dilakukan oleh Syamsudin (2008). Pada penelitian tersebut dilakukan laju alir yaitu : 12 l/hari, 18 l/hari dan 24 l/hari. Dan didapatkan laju alir yang paling efisiensi yaitu pada 12 l/hari. Karena semakin rendah laju alir maka tingkat efisiensi semakin tinggi.

## **3. Hasil dan Pembahasan**

### **Karakteristik Lumpur PT. Riau Andalan Pulp and Paper**

Lumpur yang digunakan sebagai umpan dalam penelitian ini berasal dari PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* Kabupaten Pangkalan Kerinci Riau. Karakteristik lumpur *pulp and paper* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Lumpur PT. Riau Andalan *Pulp and Paper*

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7
Total Solid (TS)	g/L	6,0
Total Volatile Solid (TVS)	g/L	5,9
Total Suspended Solid (TSS)	g/L	7,4
Volatile Suspended Solid (VSS)	g/L	7,6
COD	mg/L	45000

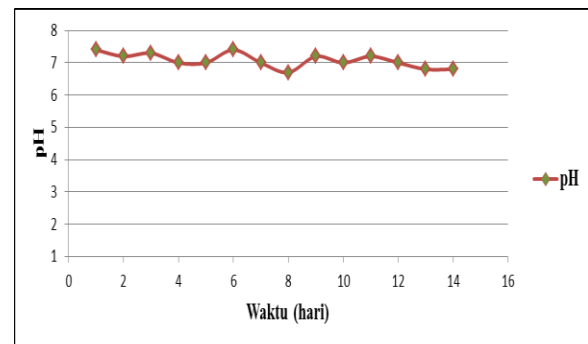
### Pengamatan Tahap *Seeding*

*Seeding* dilakukan dengan mengambil kotoran sapi sebanyak 1 liter, selanjutnya tambahkan 100 ml limbah dari *sludge* IPAL industri *pulp and paper* lakukan setiap hari, yang dilakukan selama sepuluh hari pada sepuluh erlenmeyer ukuran 2 liter sehingga didapat volume akhir 20 liter. Dalam pengamatan setiap hari, digester melepas gas dan bau kurang sedap yang menandakan bahwa proses *seeding* berjalan dengan baik.

### Pengamatan Tahap Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi merupakan tahap adaptasi mikroorganisme terhadap limbah cair atau substrat yang akan dipakai. Tahap aklimatisasi ini bertujuan untuk membiasakan mikroorganisme terhadap limbah cair agar mikroorganisme berkembang biak dan tidak mengalami gangguan atau kematian pada saat diberlakukan dengan limbah cair yang akan diolah (Ahmad, 2009). Tahap aklimatisasi ini dilakukan selama 14 hari. Selama tahap aklimatisasi, pH, produksi biogas serta kandungan padatan yaitu VSS dianalisa untuk masing-masing pencerna anaerob. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui

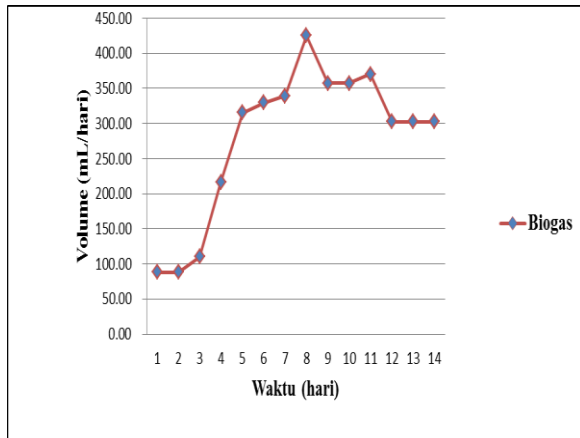
apakah tahap aklimatisasi telah tercapai atau tidak (Ahmad, 2004). Pada tahap aklimatisasi perlu dilakukan pengamatan terhadap pH keluaran pencerna anaerob untuk mengetahui kondisi mikroorganisme di dalam pencerna anaerob. Selama tahap aklimatisasi ini, pH diukur setiap hari. Berdasarkan data yang diperoleh, maka hasil pengukuran pH selama aklimatisasi pada masing-masing *digester* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi pH Selama Tahap Aklimatisasi.

Berdasarkan Gambar 1 di atas terlihat bahwa terjadi fluktuasi terhadap pengukuran pH, rentang pH yang didapat berkisar 6,8-7,4. Fluktuasi pH ini disebabkan karena belum terjadi keseimbangan sistem antara laju pembentukan asam dan laju pembentukan metana sehingga terjadi penumpukan asam-asam volatil.

Produksi biogas merupakan salah satu indikator yang menunjukkan apakah tahap aklimatisasi telah tercapai atau tidak. Pengukuran produksi biogas dilakukan untuk mengetahui perkembangan mikroorganisme selama masa adaptasi (Ahmad, 2004). Berdasarkan data yang yang diperoleh, maka produksi biogas yang dihasilkan tiap *digester* dapat dilihat pada Gambar 2.



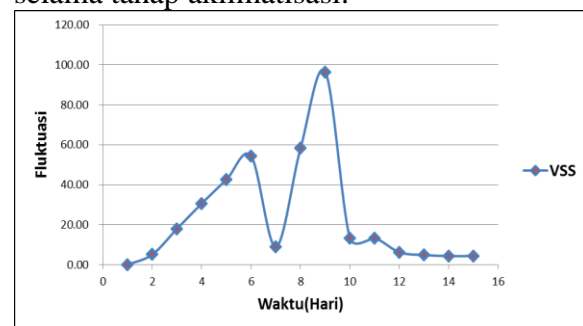
Gambar 2. Produksi Biogas Selama Tahap Aklimatisasi.

Berdasarkan Gambar 2 di atas terlihat bahwa gas sudah mulai terbentuk pada hari pertama yaitu sebesar 82,92 mL . Hal ini menunjukkan adanya proses fermentasi anaerob yang baik pada setiap campuran di dalam *digester* biogas. Bakteri methanogenik memanfaatkan asam organik untuk memproduksi *methane* dan gas lainnya dalam siklus hidupnya pada kondisi anaerob. Bakteri methanogenik membutuhkan kondisi lingkungan yang optimal untuk dapat memproduksi gas *methane*. Methanogenik sangat sensitive terhadap kondisi disekitarnya. Bahan organik dalam kotoran sapi dapat menghasilkan gas *methane* apabila methanogenic bekerja dalam ruangan hampa udara. Oleh karena itu proses pembuatan biogas harus dilakukan dalam sebuah *digester* yang tertutup rapat untuk menghindari masuknya oksigen. *Digester* harus bebas dari kandungan logam berat dan sulfide yang dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme (Hardayanti, 2007).

Pada hari ke-8 volume biogas yang dihasilkan menunjukkan peningkatan yang cukup besar yaitu 425,47 mL. Pada hari ke-12 sampai hari ke-14 produksi biogas mengalami penurunan dimana gas yang

dihasilkan pada hari ke-12 sampai ke-14 adalah komposisi hari ke-12 (302,23 mL) komposisi hari ke-13 (302,23 mL) dan komposisi hari ke-14 (302,23 mL), hal ini disebabkan penurunan aktivitas bakteri disamping karena ketersediaan makanan bagi bakteri semakin berkurang juga karena *substrat* yang menjadi sumber makanan bagi bakteri sudah mulai berkurang hal ini terjadi karena sebagian *substrat* telah terfermentasi. Pada hari ke-12 sampai ke-14 bakteri sudah memasuki fase *stasioner*, dimana pada fase ini pertumbuhan bakteri mencapai keadaan maksimum dan bakteri yang aktif dan mati relative seimbang karena nutrisi relatif sedikit, ini terbukti karena produksi gas pada minggu ini mengalami penurunan hal ini disebabkan *substrat* yang terjadi menjadi sumber nutrisi untuk bakteri relative berkurang karena telah terfermentasi.

Konsentrasi padatan lumpur kertas selama aklimatisasi mulai dianalisa pada hari ke-1 hingga hari ke-14. Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 3 maka hubungan antara konsentrasi padatan yaitu *volatile suspended solid* (VSS) terhadap waktu selama tahap aklimatisasi.



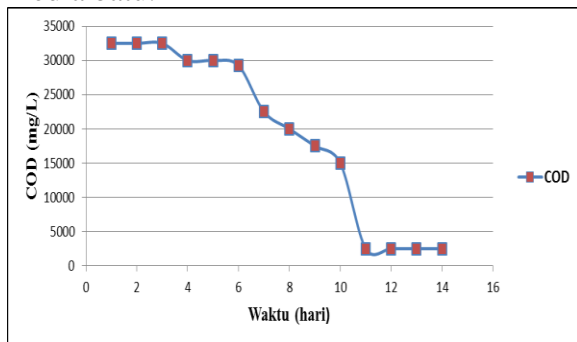
Gambar 3 Hubungan Antara Fluktuasi VSS Terhadap Waktu.

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi padatan cenderung mengalami fluktuasi, meskipun tetap terjadi fluktuasi yang terhadap nilai konsentrasi padatan pada masing-masing *digester*. Penurunan pada

hari ke-11 ini menunjukkan bahwa mikroorganisme telah beradaptasi dengan baik terhadap limbah yang akan diolah sehingga mampu mendegradasi senyawa organik yang terdapat di dalam limbah cair Ahmad, (2004). Dengan adanya penurunan ini, maka dapat dikatakan bahwa tahap aklimatisasi telah berlangsung dan dapat dilanjutkan ketahap *start-up* Ahmad, (1992).

### Nilai COD Tahap *Start-Up*

Hubungan antara perubahan nilai COD *efluen* pada bioreaktor hibrid anaerob terhadap waktu *start-up* ditampilkan dalam Gambar 3.4. Pada tahap *start-up* digunakan lumpur kertas dari PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* dengan kadar COD influen sebesar 45.000 mg/L setiap hari untuk meningkatkan konsentrasi biomassa dan mempertahankan pertumbuhan biofilm pada media batu.

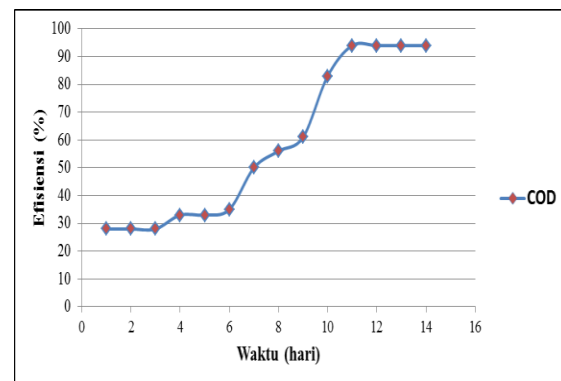


Gambar 4. Hubungan Antara Waktu Terhadap Nilai COD Tahap *Start-up*.

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai COD menurun dan mulai *steady state* pada hari ke-11. Selama proses *start-up*, nilai COD menurun dari 45.000 mg/L menjadi 2.500 mg/L. Pada hari pertama mengalami penurunan nilai COD sebesar 32.500 mg/L. Penurunan yang tinggi ini membuktikan bahwa mikroorganisme anaerobik dapat beraktivitas dengan tinggi dalam mengolah limbah cair yang digunakan (Panca, 2008). Pada hari ke-11,

ke-12, dan ke-13, nilai COD menunjukkan fluktuasi 10 %, yaitu sebesar 2.500 mg/L, 2.500 mg/L dan 2.500 mg/L. Konsentrasi COD dengan fluktuasi 10% ini menunjukkan bahwa sistem telah beradaptasi dengan substrat (limbah) yang digunakan (Hamonangan, 2001). *Start-up* bioreaktor ditujukan untuk menghasilkan biomassa dalam jumlah yang cukup dan memberikan kesempatan kepada mikroorganisme untuk dapat beradaptasi dengan limbah cair yang akan diolah (Hamonangan, 2001).

Menurut Firdha, (2010) menggunakan media batu dan limbah cair sawit sebagai substrat didapatkan nilai COD terendah sebesar 8.000 mg/L dengan lama waktu *start up* 10 hari. Sementara itu, Luturkey, (2011) mengolah limbah cair industri minyak sawit didapatkan nilai COD terendah untuk media tandan kosong sawit dan media pelepah sawit sebesar 10.000 mg/L dengan lama waktu *start-up* 32 hari. Berbeda dengan Atikalidia, (2010) yang mengolah limbah cair pabrik kelapa sawit dengan media cangkang sawit didapatkan nilai COD terendah sebesar 7.000 mg/L dengan proses *start-up* 45 hari. Efisiensi penyisihan COD pada tahap *start-up* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Antara Waktu Terhadap Nilai COD Tahap *Start-up*.

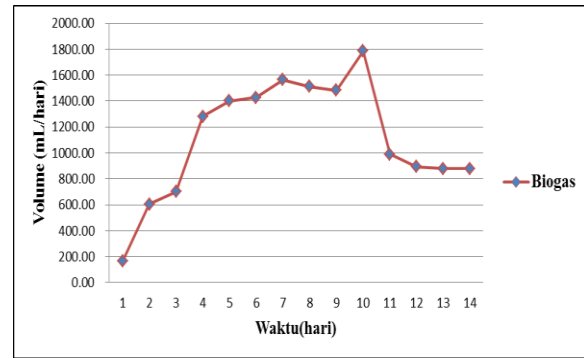
Nilai efisiensi penyisihan COD merupakan kemampuan bioreaktor dalam menurunkan nilai COD pada setiap waktu proses. Nilai efisiensi COD cenderung naik. Pada kondisi tunak didapatkan nilai efisiensi penyisihan COD tertinggi sebesar 94,44 % pada hari ke-12 sampai ke-14.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa semakin lama waktu *sludge* di dalam reaktor maka penyisihan COD semakin besar, hal ini disebabkan waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan kontak antara mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa-senyawa organik dalam *sludge*.

Pada penelitian Syafila et al, (2003) pengolahan air buangan molase menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu didapatkan efisiensi COD terbesar adalah 55%. Sementara itu, Luturkey, (2011) mengolah limbah cair industri minyak sawit didapatkan nilai efisiensi penyisihan COD terbesar untuk media tandan kosong sawit dan media pelepah sawit sebesar 32% dengan lama waktu *start-up* 32 hari. Berbeda dengan Atikalidia, (2010) yang mengolah limbah cair pabrik kelapa sawit dengan media cangkang sawit didapatkan nilai efisiensi COD terbesar adalah 87% dengan proses *start-up* 45 hari, sedangkan Firdha, (2010) menggunakan media batu dan limbah cair sawit sebagai substrat didapatkan nilai efisiensi penyisihan COD terbesar adalah 80% dengan lama waktu *start up* 10 hari.

### Produksi Biogas Tahap *Start-Up*

Hubungan antara waktu *start-up* terhadap produksi biogas pada bioreaktor hibrid anaerob ditampilkan dalam Gambar 6.



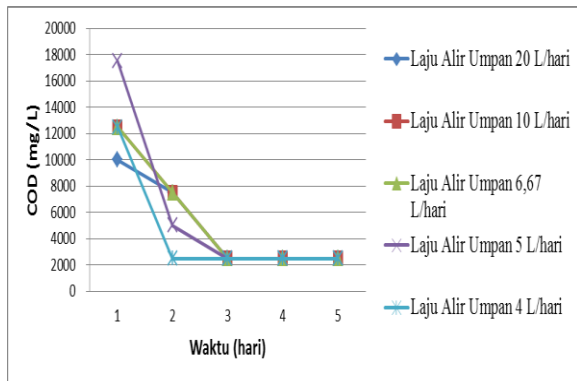
Gambar 6. Hubungan Antara Waktu Terhadap Produksi Biogas Tahap *Start-up*.

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa produksi biogas pada tahap *start-up* cenderung mengalami fluktuasi pada awal pengolahan (hari 1-14 *start-up*), karena degradasi senyawa organik berlangsung sedikit, ini digambarkan dengan rendahnya nilai penyisihan COD. Hari ke-12 sampai ke-14, terjadi penurunan produksi biogas. Produksi biogas pada hari ke-12 yaitu sekitar 894,90 mL/hari, hari ke-13 yaitu sekitar 879,20 mL/hari, dan hari ke-14 yaitu sekitar 879,20 mL/hari. Produksi gas pada hari ke-12 sampai ke-14 ini mengalami penurunan hal ini disebabkan *substrat* yang terjadi menjadi sumber nutrisi untuk bakteri relative berkurang karena telah terfermentasi. Laju produksi biogas tertinggi terjadi pada hari ke-10 yaitu sebesar 1785,88 mL/hari. Bila dibandingkan dengan menggunakan bioreaktor berpenyekat anaerob menurut Ahmad (2001) pada kondisi *start up* menghasilkan produksi biogas sebesar 1800 mL/hari dalam waktu 47 hari, sementara itu Atikalidia (2010) menggunakan limbah cair sawit dengan media cangkang sawit mendapatkan produksi biogas sebesar 567 mL/hari. Ini membuktikan bahwa degradasi senyawa-senyawa organik oleh bakteri metanogenik akan menghasilkan biogas ( $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ ).



**Nilai COD Tahap Kontinu dengan menggunakan Laju Alir Umpan 20 L/hari; 10L/hari; 6,67 L/hari; 5 L/hari dan 4L/hari**

Dalam kontinu menggunakan laju alir umpan 4 L/hari; 5 L/hari; 6,67 L/hari; 10 L/hari dan 20 L/hari bisa dilihat pada Gambar 7, yang menjelaskan hubungan antara perubahan nilai COD *effluen* pada bioreaktor hibrid anaerob terhadap waktu.

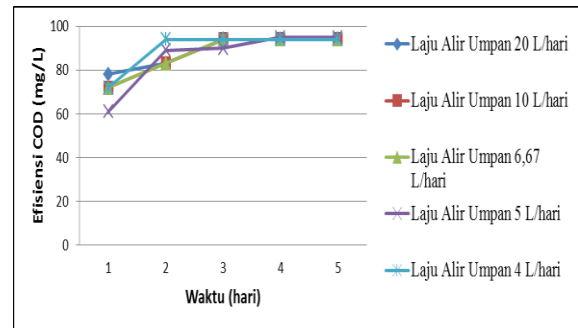


Gambar 7 Hubungan Antara Perubahan Nilai COD *Effluent* Pada Bioreaktor Hibrid Anaerob Terhadap Waktu dengan Menggunakan Laju Alir Umpan.

Gambar 7 dapat dilihat bahwa perubahan nilai COD cenderung menurun. Menurunnya nilai COD pada tahap *running* dengan menggunakan laju alir 20 L/hari, 10 L/hari, 6,67 L/hari, 5 L/hari dan 4 L/hari dari 45.000 mg/L menjadi 2.500 mg/L terjadi dalam waktu 5 hari setiap laju alir. Nilai COD terendah pada laju alir umpan 4 L/hari. Penurunan ini membuktikan bahwa pembentukan lapisan mikroorganisme pada media melekat berlangsung, dengan diikuti degradasi senyawa-senyawa organik kompleks yang menghasilkan gas metan dan CO<sub>2</sub>. Pendegradasian senyawa organik ini akan mempengaruhi terhadap nilai COD yang dihasilkan, yang artinya jika nilai COD rendah menunjukkan rendahnya kandungan senyawa organik di dalam air limbah.

**Efisiensi Penyisihan COD pada Tahap Kontinu dengan menggunakan Laju Alir 20 L/hari; 10L/hari; 6,67 L/hari; 5 L/hari dan 4L/hari.**

Efisiensi penyisihan COD pada tahap *running* dengan menggunakan laju alir 20 L/hari; 10L/hari; 6,67 L/hari; 5 L/hari dan 4L/hari dapat dilihat pada Gambar 8 :

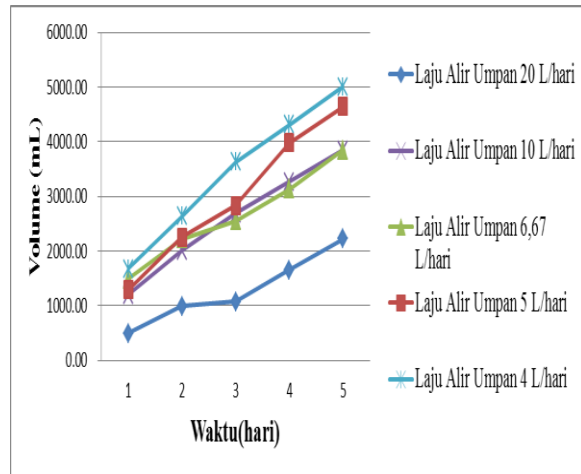


Gambar 8 Efisiensi Penyisihan COD Tahap *Running* dengan Menggunakan Laju Alir Umpan.

Nilai efisiensi penyisihan COD merupakan kemampuan bioreaktor dalam menurunkan nilai COD pada setiap waktu proses. Pada Gambar 8 nilai efisiensi COD cenderung naik. Pada kondisi tunak didapatkan nilai efisiensi penyisihan COD tertinggi sebesar 94,44 % pada hari ke-5 disetiap laju alirnya. Angka penyisihan terbesar ditunjukkan pada laju alir umpan 4 L/hari yaitu dengan waktu tinggal 5 hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil laju alir umpan, maka penyisihan COD semakin besar, dikarenakan waktu tinggal lebih lama maka proses biodegradasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah lumpur berlangsung dengan baik dikarenakan terjadinya waktu kontak yang lama antara mikroorganisme dengan limbah cair sebagai substrat.

## Pembentukan Biogas Selama Tahap Kontinu

Perbandingan waktu antara volume biogas kumulatif ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Antara Waktu Terhadap Volume Biogas Kumulatif.

Dari Gambar 9 menunjukkan bahwa produksi biogas kumulatif pada tahap kontinu dengan menggunakan laju alir umpan 4 L/hari cenderung mengalami kenaikan yang relatif konstan, hal ini terjadi karena bakteri terjadi pada fase eksponensial (fase cepat), dimana bakteri telah menyesuaikan diri dengan media, sehingga metabolisme sel berlangsung dengan waktu regenerasi yang cepat. Produksi biogas pada laju alir umpan 4 L/hari yaitu sebesar 5000.45 mL/hari. Penurunan produksi biogas terjadi pada laju alir umpan 20 L/hari, hal ini terjadi karena penurunan aktivitas bakteri disamping karena ketersediaan makanan bagi bakteri semakin berkurang juga karena *substrat* yang menjadi sumber makanan bagi bakteri sudah mulai berkurang hal ini terjadi karena sebagian *substrat* telah terfermentasi. Pada laju alir umpan 20 L/hari bakteri memasuki fase *stasioner*, dimana fase ini pertumbuhan bakteri mencapai keadaan maksimum dan bakteri yang aktif dan mati relatif seimbang

karena nutrisi relatif sedikit, ini terbukti karena produksi gas pada laju alir 20 L/hari mengalami penurunan hal ini disebabkan *substrat* yang menjadi sumber nutrisi untuk bakteri relative berkurang karena sebagian telah terfermentasi. Data volume biogas kumulatif dapat dilihat pada lampiran E.10, sampai lampiran E.14.

## Perbandingan Nilai COD Pengolahan Dengan Baku Mutu KEPMEN LH Nomor 51 Tahun 1995

Hasil dari *effluen* PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* yang di dapat dari penelitian ini dibandingkan dengan baku mutu limbah cair *pulp and paper*, yaitu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995 "Baku mutu limbah cair untuk industri *pulp and paper*". Nilai *influen* limbah cair *pulp and paper* sebelum dilakukannya pengolahan limbah dengan pengujian parameter COD, Didapat hasil seperti tertera pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Perbandingan Nilai COD Limbah *Pulp and Paper* dengan KepMen LH No.KEP 51-/MENLH/10/1995

Parameter	Satuan	In	Eff	Baku Mutu <sup>*)</sup>
COD	mg/L	45.000	2.500	350

\*) KepMen LH No.KEP 51-/MENLH/10/1995

Dari Tabel 2 terlihat bahwa *effluent* COD *sludge pulp and paper* masih diatas baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga perlunya memperkecil laju alir umpan ke dalam reaktor .

## 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Selama kondisi aklimatisasi dan start up terjadi penurunan COD

yang menunjukkan bahwa mikroorganisme anaerobik dapat beraktivitas dengan baik dalam limbah cair kertas.

2. Produksi biogas tertinggi pada tahap aklimatisasi yaitu sebesar 425,47 mL/hari, dan pada tahap *start-up* yaitu sebesar 1785.88 mL/hari
3. Laju alir umpan akan berpengaruh terhadap waktu kontak antara mikroorganisme dengan substrat yang digunakan. Semakin kecil laju alir umpan maka waktu kontak mikroorganisme dengan substrat lebih lama sehingga proses degradasi senyawa organik berjalan dengan baik. Pada penelitian ini laju alir optimal adalah 4 L/hari dengan WTH (Waktu Tinggal Hidrolik) 5 hari dengan efisiensi penyisihan COD yang paling besar didapat sebesar 94,44 %.
4. Waktu optimum penyisihan COD didapatkan pada hari ke-3 sampai ke-5 dengan laju alir 4 L/hari, 5 L/hari, 6,67 L/hari, 10 L/hari dan 20 L/hari dengan kadar COD sebesar 2.500 mg/L. Variasi laju alir umpan memberikan pengaruh dalam penyisihan COD. Dimana nilai efisiensi penyisihan pencemar terbaik terjadi pada variasi laju alir umpan 4 L/hari yaitu hingga penyisihan 94,44%.
5. Pada *Effluen* pengolahan nilai parameter COD masih diatas baku mutu PERMEN LH Nomor 51 Tahun 1995, dan belum bisa dibuang langsung ke lingkungan.
6. Produksi biogas pada tahap kontinu yaitu sebesar 5000.45 mL/hari.

## Daftar Pustaka

- Ahmad, Adrianto, 1992, *Kinerja Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap Dalam Mengolah Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit*, Laporan Magang Pusat Antar Universitas-Bioteknologi ITB, Bandung.
- Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafila dan O.B. Liang, 2000. *Bioreaktor Berpenyekat Anaerob untuk Pengolahan Limbah Industri yang Mengandung Minyak dan Lemak: Kajian Dinamik Bioreaktor dengan Pembebanan Organik Rendah*. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, FT-Universitas Diponegoro, Semarang, 26-27 Juli.
- Ahmad, A., T. Setiadi, M. Syafila dan O.B. Liang, 2001, *Model Kinetika Sistem Bioreaktor Berpenyekat Anaerob Untuk Pengolahan Limbah Industri Yang Mengandung Minyak dan Lemak*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia 2001, Pusat Studi Jepang UI Depok, 21 Maret 2001.
- Ahmad, A., 2004. Studi Komperatif Sumber dan Proses Aklimatisasi Bakteri Anaerob Pada Limbah Cair Yang Mengandung Karbohidrat, Protein dan Minyak-Lemak, *Jurnal Sains dan Teknologi* Vol 3, No 1, Hal 1-10.
- Ahmad, A., 2009, *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair*, Diktat Kuliah, UR, Pekanbaru.
- Ahmad, A., 2009a, *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*, Unri Press, Pekanbaru.
- Ahmad, A., 2009b, *Teknologi Fermentasi*. Universitas Riau, Pekanbaru

- Al Layla, MA., 1978. *Water Supply Engineering Design. Michigan* : Ann Arbor Science.
- Andrews, J.F., 1968. *Chromatographic Analysis Gaseous Products And Reactants For Biological Processes. Water Sewage Works* 115:54.
- APHA, AWWA dan WCPF., 1992, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, Washington DC.
- Arisandi, P., 2002. Limbah Pabrik Kertas Ancam Kesehatan Warga Surabaya.
- Ariyanto, Katherin., 2011. Rancang Bangun Sistem Monitoring Dengan Metode Statistical Process Control (SPC) Secara On-Line Pada Plant Bioreaktor Anaerob Kontinyu, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
- Atikalidia, M., 2010. Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob bermedia Cangkang Sawit, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*.
- Beteau, Jean-François., Soehartanto, Totok., F. Chaume., 1996. "Model Based Selection of An Appropriate Control Strategy Application To An Anaerobic Digester". *Mathematical Modelling of Systems* Vol. 1, No. 1, pp. 000-111.
- Beteau, Carlos-Hernandez, E.N. Sanchez., 2009. Fuzzy observers for anaerobic WWTP: Development and implementation, GIPSA Lab, Automatic Control Department, Grenoble INP, BP 46, 38402 St Martin d'He`res, France.
- Chariton, AP dan Wahyono Hadi., 2000. Studi Pertumbuhan Bed Lumpur Kaitannya dengan Produksi Biogas pada Pengolahan Limbah Pabrik dengan Reaktor Aliran Horizontal. *Jurnal Purifikasi* Vol.1 No.5 September 2000. Surabaya
- Chisti, Y., 2008. Biodiesel From Microalgae Beats Bioethanol. *Trends Biotechnol.* Volume (26):126–131.
- Elizabeth C.Price and Paul N. Cheremisinof .1981. *Biogas Production and Utilization. Ann Arbor Science Publishers inc/The Butterworth Group. Michigan*
- Firdha, I., 2010. Penentuan Waktu Tinggal Hidrolik Terhadap Penyisihan COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Pabrik Minyak Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob bermedia Batu, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, Universitas Riau.
- Grune, W.N. dan C.F. Chueh., 1962-63. *Sludge Gas Analysis Using Gas Chromatograph. Water Sewage Works* 109:468: 110:43, 77, 102, 127, 171, 220, and 254.
- Hamonangan, S, 2001, *Pengolahan Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit dengan Gabungan Proses Anaerob-Membran*, Tesis magister, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Haroen, W. K., L. Santoso, dan M. Supratman., 2007. Pemanfaatan Limbah Padat Berserat Industri Kertas sebagai Pembuatan Partisi di IKM. Balai Besar Pulp dan kertas. Bandung.

- Hartono, R., 2009, *Produksi Biogas dari Jerami Padi dengan Penambahan Kotoran Kerbau*, Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Hastutik, W., Apriyanto, dan H. B. Nasution., 2006. Pengaruh Limbah Padat Pabrik Kertas Terhadap Hasil Tanaman Bawang Merah. Fakultas Pertanian, Universitas Tunas Pembangunan. Surakarta.
- Herlambang, 2010. *Teknologi Pengolahan Limbah Tekstil dengan Sistem Lumpur Aktif*.
- Idaman, Nusa Said, dan Herlambang. 2002. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. BBPT. Jakarta
- Juanga, A., 2007. Biogas untuk Masa Depan Pengganti BBM. *Jurnal Ilmiah Indonesia*. Volume (4):25.
- Judoamidjojo, M., Darwis, A. A. dan Sa'id, E. G. (1992). *Teknologi Fermentasi*. CV Rajawali. Jakarta.
- Kaltwasser, P., 1980. Anaerobic Decomposition in Ideal Ratio. *Journal of Biotechnology*. Volume (16):194.
- Karcher, D, dan W. Baser., 2001. Paper Mill Sludge as A Mulch during Turfgrass Establishment. Department of Horticulture.
- Kawamura, S., 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. New York: John Willey an Sons, Inc.
- Keputusan Menteri KLH. Nomor KEP 51/MENKLH/10/1995 tentang *Baku Mutu Limbah cair bagi Kegiatan Industri*.
- Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah., 2002. *Minimasi Limbah dalam Industri Pulp and Paper*. Diakses dari <http://www.terranet.or.id>. 28 Oktober 2009.
- Linsley K, Joseph B, dan Franzini., 1991. *Teknik Sumber Daya Air*, Penerbit Erlangga.
- Luturkey, Y.A., 2011. Uji Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Tandan Kosong dan Pelepah Sawit Dalam Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Cair Industri Minyak Sawit, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, Universitas Riau.
- Maloney, T.M., 1993. *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman Inc. San Francisco.
- Maynell, B., 1981. Research of Methane in Biogass Production. *Journal of Science and Technology*. Volume (19):388.
- Nugrahini, P., T. M. R. Habibi, dan A. D. Safitri, 2008, Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Pabrik Menggunakan Reaktor UASB, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*.
- Potter, Clifton., Soeparwadi, M., Gani, Aulia., 1994, *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia, Sumber, Pengendalian dan Baku Mutu*. Jakarta: Project of The Ministry of State for The Environment.
- Rahayu, S., Dyah Purwaningsih, dan Pujiyanto, 2009. *Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Alternatif*

Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya, FISE Unuversitas Negeri Yogyakarta, INOTEK, Volume 13, Nomor 2, Agustus 2009.

Rich, Linvin G., 1963. *Unit Processes of Sanitary Engineering*. New York: John Willey and Sons, inc.

Santika Simestri Sri dan Alaerts, G., 1984. *Metoda Penelitian Air, Usaha Nasional*, Surabaya, Indonesia.

Scott, G. M. dan A. Smith., 1995. *Sludge Characteristics and Disposal Alternatives for the Pulp and Paper Industry*. Proceedings. 7-10 Mei 1995. International Environmental Conference. Madison. 270.

Siregar, SA., 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta : Kanisius

Soeparman, dan Suparmin, 2001. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta.

Sugiharto., 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Penerbit Universitas Indonesia.

Syafila M., A. H. Djajadiningrat, M. Handajani, 2003, *Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase*, Prociding ITB Sains & Tek. Vol. 35 A, No. 1, hal 19-31.

Wangsaatmaja, A., 2005. *Implementasi Pengendalian Pencemaran Air*, Jawa Barat, Indonesia.

Widjaja, T., A. Altway, P. Prameswarhi dan F. S. Wattimena, 2008, *Pengaruh HRT dan Beban COD Terhadap Pembentukan Gas Methan pada*

*Proses Anaerobic Digestion Menggunakan Limbah Padat Tepung Tapioka*, Makalah Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono, Surabaya, 18 juni 2008

