

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi .....	v
<b>Keynote Speaker</b>	
Kesiapan Lulusan S-1 Fakultas Teknik Memasuki Dunia Industri - Wiratman Wangsadinata .....	3-10
<b>Tenik Kimia dan Lingkungan</b>	
Pengaruh Berbagai Bagian dari Kayu Kelapa Sawit dan Densitas Terhadap Sifat Papan Partikel – Padil, Suriksodi Saputro & Ginardi .....	13-19
Pengendapan Lignin dari Lindi Hasil Delignifikasi Acetosolv Tandan Kosong Sawit: Pengaruh Pengenceran dan Kecepatan Putar Sentrifugator – Amun Amri, Zulfasyah & Zuchra Helwani.	20-29
Penyisihan Ion PB dari Limbah Cair dengan Menggunakan Batang Pisang Sebagai Absorben – Erni Misran .....	30-43
Treatment of Rubber Factory Wastewater by Electrocoagulation Process Using Iron Electrodes – Lilis Hermida & Suhendra .....	44-63
Continous Start-up Strategies of UASB Operation Degrading Tapioca Wastewater – Joni Agustian, Dedi Pramono & Ryan AS.	64-78
Sintesis ZSM-5 Tanpa Templat Menggunakan Abu Sawit Sebagai Sumber Silika – Ida Zahrina, Edy Saputra & Evelyn .....	79-86
Analisis Konsentrasi Gas CO, NO <sub>x</sub> dan SO <sub>2</sub> dari Proses Pemanfaatan Briket Bioarang sebagai Bahan Bakar Rumah Tangga – Hafidawati, Esmiralda & Monalisa .....	87-96
Study of Wastewater Treatment by Mensiang (Scirpus Grossus LF) in Constructed Wetlands (Case Study: Wastewater Bumi Minang Hotel, Padang) – Shinta Indah & Puti Sri Komala .....	97-109
Effect of Activities Along the River to Batang Arau River Quality – Budhi Primasari & Puti Sri Komala .....	110-123

## CONTINUOUS START-UP STRATEGIES OF UASB OPERATION DEGRADING TAPIOCA WASTEWATER

1) JONI AGUSTIAN 2) DEDI PRAMONO 3) RYAN AS.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung  
Jl. S. Brodjonegoro No. 1, Gedung Meneng, Bandar Lampung 35145  
Telepon/Fax (0721) 704947; E-mail: jalb@unila.ac.id

### ABSTRACT

*Treatment of tapioca wastewater physically or chemically tends to become inefficient, so that degradation of the wastewater biologically was a better alternative because its characteristics indicated that it contains high organic matters. This research used anaerobic process of upflow sludge blanket (UASB) in order to reduce the COD content of the tapioca wastewater originated from a community based tapioca starch industry. The results showed that reduction of COD could be as high as 90%. This process required 2 (two) weeks to start-up. During the continuous process, the maximum condition of the COD reduction and gas production was achieved at pH of 5.2, TSS 1340 mg/L, OLR 45 kg COD/m<sup>3</sup> and 6 hours of liquid resident time. Control of pH influent between 5.0-6.5 could be carried-out to stabilize the COD reduction, however its effect was not high.*

### ABSTRAK

*Pengolahan limbah cair tapioka secara fisika dan kimia cenderung tidak efisien, sehingga degradasi limbah cair secara anaerobik merupakan suatu alternatif pengolahan limbah cair tapioka yang sangat baik. Dengan kandungan bahan organik yang tinggi, maka limbah cair tapioka dapat diuraikan secara biologi. Penelitian ini menggunakan proses anaerobik up-flow sludge blanket (UASB) untuk mereduksi kandungan COD limbah cair tapioka yang berasal dari suatu industri tepung tapioka rakyat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reduksi COD hingga 90% dapat dicapai dengan lama start-up sekitar 2 (dua) minggu. Selama proses kontinyu, kondisi maksimum reduksi COD dan produksi gas diperoleh pada kondisi operasi pH 5.2, TSS 1340 mg/L, OLR 45 kg COD/m<sup>3</sup>, dan HRT 6 jam. Pengaturan pH influen dalam rentang 5,0-6,5 dapat dilakukan untuk menjaga stabilitas reduksi COD tetapi pengaruhnya tidak begitu besar terhadap pembentukan gas.*

## 2. *Predabataan*

Limbah cair tapioka terhadap lingkungan perairan di Propinsi Lampung menjadi perhatian yang serius sejak tahun 1990 (Triwiyono, 1990). Selain karena sebagian besar industri tapioka yang beroperasi merupakan bisnis skala kecil, maka pengolahan limbah cair jarang dilaksanakan (Endah, 2002). Dari 50 pabrik tapioka yang berlokasi di Propinsi Lampung, hanya sekitar 27 pabrik yang mengoperasikan unit pengolahan limbah cair (Sutikno, 1999). Jika limbah cair tapioka tidak diolah dengan baik akan mengakibatkan bau busuk, reduksi pH air dan tanah, turbiditas air yang tinggi dan air berwarna coklat kehitaman (Purnamasari, 1993; Khairul, 2003).

Secara umum, jenis proses yang biasa digunakan untuk mengolah limbah cair tapioka adalah sedimentasi (Kagaya dkk, 1999), koagulasi (Chow dkk, 1999; Ekanrokk, 1999), adsorpsi (Hejman dkk, 1999), filtrasi membran (Alborsfar dkk, 1999; Grose dkk, 1998) dan proses lumpur aktif (Viessman dan Hammer, 1998). Pemisahan zat padat dengan koagulasi dan sedimentasi membutuhkan penambahan penambahan kimia sintetik yang dapat meningkatkan pembiayaan pengolahan (Komariah, 2004), sedangkan filtrasi dan adsorpsi bergantung pada luas permukaan kontak yang cenderung berkurang selama proses berlangsung, sehingga pengolahan limbah cair dengan proses fisika dan kimia cenderung tidak efisien (Endah, 2004).

Pengolahan limbah cair secara anaerobik telah banyak digunakan untuk mengolah limbah cair domestik dan industri (Metcalf dan Eddy, 1991). Degradasi secara anaerobik tersebut lebih efektif daripada proses lumpur aktif (Field, 2003; Metcalf dan Eddy, 1991). Oleh karena itu, proses anaerobik merupakan suatu alternatif pengolahan limbah cair tapioka yang sangat baik. Karakteristik limbah cair tapioka mengindikasikan bahwa limbah tersebut mengandung bahan organik yang tinggi terutama karbohidrat (sekitar 70-85%) (Annachatre dan Amatya, 2000; Amri, 1999). Dengan kandungan bahan organik yang tinggi tersebut, maka limbah cair tapioka dapat diuraikan secara biologi.

Proses anaerobik Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) telah terbukti sukses dalam mengolah beragam karakter limbah cair mulai dari limbah produksi etanol, limbah domestik dan limbah cair pabrik kopi instan (Callander dkk, 1987; Quarmby dan Forster, 1995). Sistem proses UASB telah dikenal sebagai proses beban untuk untuk mengolah limbah cair berkonsentrasi sedang sampai tinggi (Wiegant dan Lettinga, 1985).

Walaupun proses UASB mampu mengolah limbah cair dalam jumlah besar dan pekat, start-up operasi harus dilaksanakan dengan hati-hati sebelum proses kontinyu diterapkan (Annachatre dan Bhamidimarri, 1992). Faktor kandungan zat padat harus diperhitungkan agar penghambatan proses granulasi dan penghanyutan lumpur anaerobik dapat dihindari (Lettinga dkk, 1980), tetapi efek akumulasi zat padat di reaktor UASB masih belum jelas (Kwong dan Fang, 1996). Disamping hal tersebut, operasi proses UASB juga dipengaruhi oleh suhu dan pH (Kaspar, 1978; Heyes, 1981; Metcalf, 1989). Aspek lain yang turut mempengaruhi kinerja reaktor UASB adalah pasokan nutrisi yang cukup (Wu et al, 1987).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini diarahkan untuk mengamati perombakan limbah cair tapioka pada reaktor UASB. Reaktor dioperasikan pada beragam kondisi yang mempengaruhi start-up dan efisiensi proses anaerobik. Fenomena reduksi limbah cair, kualitas dan kuantitas influen, efluen dan sludge bed dianalisis selama reaktor bekerja.

## II. Metodologi Penelitian

Peralatan yang digunakan terdiri atas satu set reaktor UASB (plastik, 10 liter, buatan sendiri) yang dilengkapi dengan tangki-tangki influen dan efluen (jeriken 20 liter), aspirator dan akumulator gas (buatan sendiri), pompa peristaltik dan unit settler (kapasitas 1,5 liter, buatan sendiri). Untuk menghubungkan setiap unit peralatan, digunakan selang plastik transparan dengan beberapa ukuran.

Untuk analisis digunakan instrumen COD reactor (HACH DR/2010), pH meter (Luchi 16-7005-01), neraca analitis dan lain-lain. Sedangkan bahan yang digunakan terdiri atas limbah cair industri tepung tapioka rakyat, inokulum lumpur anaerobik yang berasal dari unit pengolahan limbah cair kelapa sawit, urea dan NPK, NaOH dan aquadest.

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap mulai dari tahap persiapan sampai dengan tahap penghentian operasi sistem proses anaerobik. Selama pelaksanaan tersebut, dilakukan beberapa percobaan yang menyangkut waktu tinggal cairan di reaktor, kandungan nutrisi limbah cair tapioka, kandungan padatan tersuspensi, pH limbah cair dan konsentrasi COD larutan umpan agar dapat diamati efektivitas proses anaerobik UASB.

## III. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Operasi Sistem Proses UASB

#### 3.1.1. Fase Adaptasi

Pada fase adaptasi (hari ke 1-15), kondisi umpan masuk adalah COD 1000-3.500 mg/L, tanpa kontrol pH, dengan waktu tinggal cairan sekitar 12 jam. Proses dilakukan dengan mensirkulasi kembali efluen ke dalam reaktor. Tahap ini dilakukan sebagai adaptasi sludge dari lagoon limbah pabrik sawit terhadap limbah pabrik tapioka dan pada kondisi operasi yang akan diterapkan. Pada awal proses pengumpanan (hari 1- 4) COD efluen reaktor lebih tinggi daripada limbah umpan masuk terjadi. Hal ini terjadi karena lumpur dari pabrik sawit masih mengandung COD yang tinggi, sehingga sebagian kandungannya terbawa oleh aliran limbah, adapun produksi gas sebagai efek degradasi belum terjadi. Gas mulai terbentuk dalam gas kolektor pada hari ke 5. Yang merupakan indikasi telah beradaptasinya mikroorganisme anaerobik pada lumpur.

TSS dalam limbah umpan awal sekitar 334 mg/L, dan TSS nya menurun menjadi 295 mg/L pada hari ke 2. Penurunan ini terjadi karena TSS mengandung bahan organik yang dapat terdegradasi. Adanya peristiwa sedimentasi selama penampungan dalam bak influen, dapat pula menurunkan kandungan TSS umpan.

Pada hari ke 7 telah terjadi konversi COD mencapai 92,88% yang menunjukkan bahwa fase adaptasi resirkulasi telah berlangsung dengan baik,

disertai produksi gas meningkat signifikan (hari ke 9), namun kembali menurun pada hari ke 11 karena adanya defisiensi substrat akibat listrik mati selama 7 jam. Defisiensi (kekurangan) substrat terjadi karena tidak adanya suplai limbah ke dalam reaktor. Pada saat limbah kembali disuplai, pembentukan gas pun kembali meningkat (hari 12-16).

Kondisi pH terlihat meningkat dari kisaran 4,3-4,9 menjadi sekitar 5,0-8,1. Peningkatan ini terjadi akibat sebagian sludge yang terbawa keluar masih membawa limbah dari pabrik sawit yang mempunyai pH + 7 (hari 1-16). Tidak adanya pengontrolan pH umpan dapat menyebabkan kurang optimalnya bakteri penghasil metan (metanogen), mengingat bakteri ini dapat bekerja optimal pada pH 6,5-7,8. Tidak adanya pengontrolan pH juga akan mengakibatkan degradasi COD dalam reaktor lebih banyak membentuk asam dibandingkan gas metan.

Pada hari ke 16, proses dilakukan secara kontinyu diikuti dengan peningkatan konsentrasi COD sebesar 5.000 mg/L, dan tidak ada resirkulasi effluen. Pada saat beban ditingkatkan, produksi gas sama sekali terhenti selama 3 hari (hari ke 17-19), peningkatan beban ini akan memaksa mikroorganisme untuk kembali melakukan penyesuaian dengan kondisi umpan baru, namun pada hari ke 20 kembali terjadi pembentukan gas yang terlihat signifikan. Gambaran hubungan antara COD influen dan effluen terhadap reduksi COD diuraikan pada Gambar 3.1.

### 3.1.2. Fase Proses Kontinyu

Setelah reaktor beroperasi dalam fase adaptasi selama 24 hari, proses kemudian dilanjutkan dengan proses kontinyu. Proses dilakukan bertahap dari konsentrasi COD 5000 mg/L hingga konsentrasi maksimal yang masih memungkinkan terjadinya proses degradasi. Pada hari ke 24-42, proses berlangsung tanpa adanya kontrol pH, yang mengakibatkan tidak stabilnya proses.

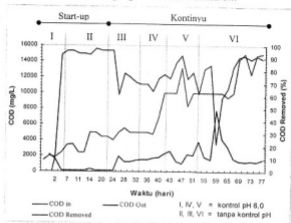
Untuk menanggulangi ketidakstabilan proses pada hari ke 33 dilakukan pengaturan pH dalam kisaran 6, sehingga proses kembali normal. Produksi gas pada saat pengontrolan terlihat stabil, namun dengan volume yang sedikit. Pada hari ke 62-65, umpan masuk diganti dengan limbah sintesis yang dibuat dari tepung tapioka, hal ini dilakukan karena limbah cair tapioka tidak tersedia.

Limbah sintesis mempunyai pH 6, penggunaan limbah sintesis membuat mikroorganisme tidak stabil, dengan kondisi umpan masuk COD 10.000 mg/L, dan COD effluen masih mengandung COD 3200-7800 mg/L (hari ke 62-65), sehingga reduksi COD hanya mampu pada rentang 22-66,03%. Hal tersebut dikarenakan umpan sintesis hanya mengandung pati, sehingga terjadi kekurangan persediaan nutrisi, disamping itu kemampuan pati murni untuk mengendap sangat besar, sehingga banyak pati yang tidak terkirim ke dalam reaktor. Masih terjadinya produksi gas kemungkinan berasal dari peristiwa degradasi limbah cair tapioka hari sebelumnya.

### 3.2. Kinerja Reaktor UASB

#### 3.2.1. Reduksi COD dan Pembentukan Gas

COD merupakan variabel terpenting berhasil atau tidaknya proses degradasi. Pada proses degradasi limbah cair menggunakan reaktor UASB, COD umpan masuk dinaikkan secara bertahap guna menjaga sludge agar selalu dalam keadaan stabil, serta memberi kesempatan untuk beradaptasi. Reduksi kandungan zat kimia selama proses anaerobik berlangsung diuraikan dalam Gambar 3.1.

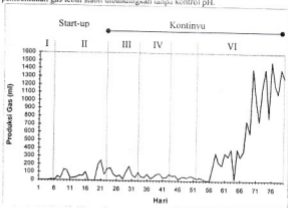


Gambar 3.1 Efisiensi perombakan kandungan COD

Pada hari ke 1-4, konversi COD masih sangat rendah yaitu hanya mencapai 11,11%. Dan pada tahap adaptasi resirkulasi hari ke 7 konversi COD telah mencapai 92%. Adapun pembentukan gas baru terjadi pada hari ke 5, dengan volume 12 ml/hari.

Peningkatan laju beban organik mempengaruhi pembentukan gas, pada fase adaptasi resirkulasi hari ke 9 ini, pembentukan gas meningkat secara signifikan. Namun pembentukan gas terhenti karena adanya peningkatan laju beban pada hari ke 17 dengan proses kontinyu. Hal ini dikarenakan terjadinya pembebanan mendadak ke dalam reaktor, sehingga sludge mikroorganisme akan kembali melakukan adaptasi. Diperlihatkan pada Gambar 3.2 bahwa pembentukan gas kembali terjadi pada hari ke 20.

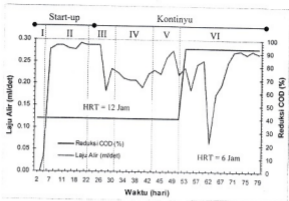
Selama hari ke 24-32, beban organik diatur sebesar 5000 mg/L tanpa adanya pH kontrol. Dengan dilanjutkan pada pengontrolan pH sekitar 6 pada hari ke 33. Pada hari ke 43 beban dinaikkan sebesar 10.000 mg/L dengan pH dikontrol 6. Pada hari ke 24-43 ini reduksi COD cenderung rendah sekitar 61,2-77%, namun pembentukan gas lebih stabil dibandingkan tanpa kontrol pH.



Gambar 3.2. Produksi gas selama proses anaerobik berlangsung

### 3.2.2. Waktu Tinggal Cairan di Reaktor

Laju alir dalam penelitian ini adalah 0,16 ml/det (HRT 12 jam), dan 0,281 ml/det (HRT 6 jam). Laju alir 0,16 ml/det dilakukan pada hari ke-1-61, dan laju 0,281 ml/det dilakukan pada hari ke 62-80. Variasi waktu tinggal selama penelitian dilaksanakan diuraikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Pengaruh laju alir terhadap reduksi COD

Laju alir yang rendah akan memberikan waktu tinggal lebih lama bagi umpan di dalam reaktor, sehingga kontak antara limbah umpan dengan mikroorganisme lebih lama, disini akan mempengaruhi reduksi COD menjadi lebih besar. Namun laju yang kecil dapat mengakibatkan terjebaknya gas di dalam *bed* sehingga gas yang keluar reaktor menurun, dan tekanan gas di dalam reaktor menjadi lebih besar. Sebagai akibatnya gas akan dapat terlepas secara tiba-tiba, dengan membawa *sludge bed* keluar reaktor.

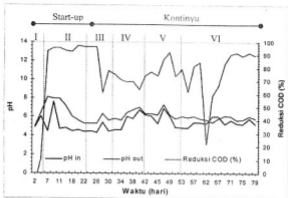
Pada laju alir yang tinggi, pelepasan gas cenderung lebih mudah karena adanya tekanan dan kerapatan *sludge* akan menurun. Adapun reduksi COD pada laju alir tinggi menurun drastis pada awal-awal peningkatan laju alir (hari ke 62-67) sebesar 22-66,03%. Hal ini karena kontak yang terjadi antara limbah umpan dengan *sludge* mikroorganisme lebih cepat. Baru kemudian pada hari ke 69-79 terlihat adanya penyesuaian, yaitu reduksi COD meningkat sekitar 83,4-91,93%.

### 3.2.3. Pengaruh Perubahan pH Cairan

Pada penelitian, dilakukan 2 (dua) percobaan, yaitu influen dengan pH awal diset pada nilai sekitar 6 dan influen dengan kondisi limbah cair riil (tanpa pengaturan pH awal). Meningkatkan pH umpan akan berdampak membesarkannya biaya operasi untuk bahan kimia pada skala pilot *plant*, sehingga dengan operasi reaktor pada pH mendekati atau bahkan sama dengan pH limbah dapat menekan biaya operasi tersebut. Pengaturan pH dilakukan menggunakan larutan NaOH



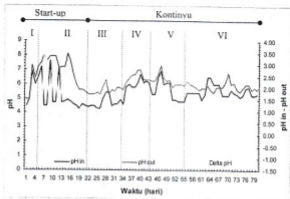
0,1N. Efek pH terhadap kinerja reduksi COD diuraikan dalam Gambar 3.4 dan 3.5 berikut.



**Gambar 3.4. Pengaruh pH Terhadap Reduksi COD**

Pada hari ke 1-15 umpan masuk dengan pengaturan pH dimana proses resirkulasi efluen dilakukan sebagai tahap adaptasi sludge. pH terlihat meningkat dari kisaran 4,3-4,9 menjadi sekitar 5,0-8,1. Peningkatan ini terjadi akibat sebagian sludge yang terbawa keluar masih membawa limbah dari pabrik sawit yang mempunyai pH + 7.

Setelah reaktor beroperasi dalam fase adaptasi selama 24 hari, proses kemudian dilanjutkan dengan proses kontinyu. Dari hari ke-24 sampai dengan hari ke-32 proses anaerobik dijalankan tanpa adanya pengaturan pH influen. Hal tersebut mengakibatkan tidak stabilnya proses. Untuk menanggulangi ketidakstabilan proses pada hari ke 33 dilakukan pengaturan pH dalam kisaran 6, sehingga proses kembali normal. Produksi gas pada saat pengontrolan terlihat stabil, namun dengan volume yang sedikit.



**Gambar 3.5. Kondisi pH effluen dan influen selama periode operasi reaktor UASB**

Pada hari ke 33-52, pengontrolan pH dilakukan pada kisaran 5,8-7,3. Namun reduksi COD malah relatif rendah (kurang dari 80%), sedangkan produksi gas lebih stabil dibandingkan tanpa kontrol pH. Selama proses berlangsung kondisi pH influen secara umum terlihat lebih rendah dibanding pH effluen, hal ini dikarenakan konsentrasi *volatile fatty acids* (VFA) effluen lebih rendah dari VFA influen dan sebagian VFA telah direduksi menjadi gas.

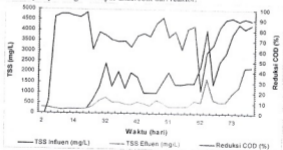
Pada hari ke 62-65, umpan masuk diganti dengan limbah sintetis yang dibuat dari tepung tapioka, hal ini dilakukan karena limbah cair tapioka tidak tersedia. Limbah sintetis mempunyai pH 6, penggunaan limbah sintetis membuat mikroorganisme tidak stabil, dengan kondisi umpan masuk COD 10.000 mg/L, dan COD effluen masih mengandung COD 3200-7800 mg/L (hari ke 62-65), sehingga reduksi COD hanya mampu pada rentang 22-66,03%. Hal tersebut dikarenakan umpan sintetis hanya mengandung pati, sehingga terjadi kekurangan persediaan nutrisi, disamping itu kemampuan pati murni untuk mengendap sangat besar, sehingga banyak pati yang tidak terkirim ke dalam reaktor. Masih terjadinya produksi gas kemungkinan berasal dari peristiwa degradasi limbah cair tapioka hari sebelumnya.

### 3.2.4. Kondisi TSS Influen dan Effluen Selama Proses Kontinyu.

TSS di dalam limbah cair tapioka akan mempengaruhi besarnya konsentrasi COD. Semakin besar TSS maka konsentrasi COD semakin meningkat, begitu pula sebaliknya. Sedimentasi yang terjadi selama limbah umpan di dalam bak penampungan akan menurunkan kandungan COD. Seringkali pada saat limbah umpan baru dibuat akan menghasilkan gas lebih banyak dibandingkan produksi gas pada hari ke 2 setelah limbah umpan dibuat, hal ini disebabkan COD dalam influen yang direduksi ikut menurun seiring terjadinya proses sedimentasi. Sehingga pengadukan influen selama dalam tanki influen sebaiknya dilakukan untuk pemerataan distribusi senyawa organik di dalam limbah, disamping itu filtrasi sebaiknya dilakukan pula untuk mengurangi padatan yang dapat mengakibatkan mampatnya saluran influen.

TSS yang masuk ke dalam reaktor dapat mengakibatkan gas terjebak dalam *bed*, dan menjeda tumpukan *bed* sehingga *bed* akan terdorong oleh influen. Terjadinya penjedalan ini akan mengakibatkan umpan tidak terdegradasi sempurna, karena kontak antara limbah dengan *sludge* kurang sempurna. Disamping itu SS dapat menghambat proses granulasi *sludge* anaerobik di dalam reaktor UASB (Lettinga et al. 1980)

Kondisi TSS selama proses berlangsung dapat dilihat pada gambar 3.6. Pada hari 63 TSS influen sebesar 5890 mg/L dan effluen 263 mg/L, terlihat penurunan produksi gas secara drastis yaitu 25 ml pada hari ke 64, hal ini menunjukkan adanya pemampatan TSS di dalam reaktor yang berakibat tidak lancarnya distribusi senyawa organik dalam reaktor. Namun pada hari ke 65 produksi gas meningkat kembali sebesar 400 ml, di sini terlihat adanya kenaikan volume gas mendadak yang kemungkinan disebabkan adanya *skuden wash* lumpur anaerobik, sebagai akibatnya kumpulan *bed* terdorong dan mengakibatkan gas keluar mendadak diikuti hanyutnya sebagian lumpur anaerobik dari reaktor.



Gambar 3.6. Kondisi TSS Pada Periode Operasi Reaktor UASB

Sebagian TSS yang terbawa keluar reaktor bersama limbah mempunyai kandungan relatif lebih rendah. Dengan penurunan mencapai  $\pm 60\%$ , keberadaan TSS dalam effluen limbah cair tapioka yang telah diproses masih belum memenuhi baku mutu limbah cair.

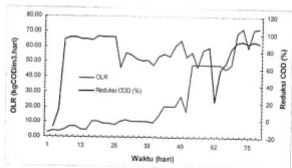
### 3.2.5. Kekurangan (Defisiensi) substrat

Defisiensi substrat terjadi sebagai akibat dari tidak mengalirnya limbah umpan ke dalam reaktor UASB karena listrik mati. Defisiensi terjadi kurang lebih selama 3-7 jam. Defisiensi terjadi pertama kali pada hari ke 4, dimana saat itu belum terlihat adanya pembentukan gas. Pada hari ke 5 terlihat bahwa gas kemudian mulai terbentuk di gas kolektor.

Defisiensi substrat akan memberi kesempatan *sludge* mikroorganisme untuk memperpanjang waktu tinggal di dalam reaktor, namun gas dapat terjebak di dalam tumpukan *bed*. Dan pada saat umpan kembali dialirkan, akan terjadi *gas releasing* (pelepasan gas yang terjebak). Pada saat terjadi pelepasan gas seringkali gas keluar secara tiba-tiba, dan sebagian *sludge* terbawa keluar reaktor.

### 3.2.6. Pengaruh Laju Beban Organik (*Organic Loading Rate, OLR*)

Umpan limbah cair tapioka yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil dari pengenceran limbah cair industri tapioka untuk mendapatkan konsentrasi COD yang terukur sebesar 5000, 10000 dan 15000 mg/L. Laju alir umpan diatur dan dipertahankan pada 0,16 ml/det (hari ke 1-61), kemudian ditingkatkan pada 0,281 ml/det pada hari ke 61-80). Kenaikan laju alir dan konsentrasi umpan secara langsung berhubungan dengan kenaikan laju beban organik (OLR). Besarnya OLR selama operasi UASB dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8.

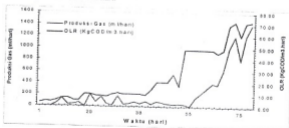


Gambar 3.7. Kondisi OLR Terhadap Reduksi COD

Pada hari 1-42, OLR masih berada dalam batas yang diijinkan untuk skala laboratorium yaitu sebesar 4-12 kgCOD/m<sup>3</sup>.hari, dan dari grafik gambar 4.10 terlihat pada OLR dalam rentang 4-14 KgCOD/m<sup>3</sup>.hari kemampuan reduksi COD lebih tinggi mencapai 96% pada hari ke 22-26, dan relatif reduksi lebih stabil. Pada kenaikan OLR lebih dari 14 kgCOD/m<sup>3</sup>.hari pada hari ke 42-80, terjadi ketidakstabilan reduksi COD. Dan adanya kenaikan OLR akan menurunkan produksi gas, karena reaksi metanogen yang menjadi pengontrol reaksi (*limiting rate*) lebih lambat dibanding akumulasi VFA di dalam effluen (Fang and Chui, 1993), namun pada hari ke 73 reduksi telah mencapai kapasitas maksimumnya sebesar 91%. Hal ini dimungkinkan telah adanya kesetimbangan dinamis antara produksi VFA dengan laju pembentukan metan. Pada hari ke 62-65 dilakukan penggantian umpan, yaitu limbah sintesis yang dibuat dari pelarutan tepung tapioka, disini terlihat reduksi mencapai level terendah dengan konversi 22%.

Besarnya OLR mempunyai pengaruh langsung terhadap reduksi COD, keadaan pH effluen, dan laju pembentukan gas. Penurunan pH setelah ada kenaikan OLR adalah salah satu indikator kegagalan operasi reaktor (Hill and Bolte, 1989). Sebagaimana dinyatakan Dohanyos et al. (1985), bahwa semua perubahan parameter operasi, seperti OLR, menyebabkan kenaikan konsentrasi semua asam lemak volatil (*volatile fatty acids*) sebagai hasilnya adalah penurunan pH. Rendahnya pH juga disebabkan oleh terakumulasinya berbagai VFA di dalam aliran effluen, yang sebagian besar tidak tereduksi lebih lanjut menjadi gas.

OLR yang tinggi akan menyebabkan reduksi COD yang rendah, hal ini karena kemampuan mikroorganisme untuk mereduksi tergantung pada konsentrasi mikroorganismenya dalam *sludge*, sehingga ada kemungkinan tidak sebandingnya antara mikroorganismenya dengan jumlah limbah yang harus direduksi. Dengan semakin rendahnya reduksi maka secara otomatis akan menurunkan jumlah produksi gas, karena pada saat senyawa karbon di dalam limbah dikonversi menjadi metan dan gas-gas karbon dioksida, maka sebagai hasilnya adalah terjadinya penurunan COD. Laju produksi gas maksimum diperoleh pada hari ke 73 dan 77, sebesar 1200 ml/hari.



Gambar 3.8. Pengaruh OLR Terhadap Produksi Gas

#### IV. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem proses anaerobik bioreaktor UASB dapat mereduksi kandungan COD limbah cair tapioka hingga mencapai 90%
2. Sirkulasi total effluen dapat dilakukan untuk mempercepat proses start-up atau adaptasi mikroorganisme dengan lama waktu yang dibutuhkan sekitar 2 minggu
3. Selama proses kontinyu, kondisi maksimum reduksi COD dan produksi gas diperoleh pada kondisi operasi pH 5,2, TSS 1340 mg/L, OLR 45 kg COD/m<sup>3</sup>, dan HRT 6 jam
4. Pengaturan pH influen dalam rentang 5,0-6,5 dapat dilakukan untuk menjaga stabilitas reduksi COD tetapi pengaruhnya tidak begitu besar terhadap pembentukan gas

##### 4.2. Saran

1. Penurunan kandungan COD dalam limbah cair tapioka pada penelitian ini belum memenuhi standar baku mutu limbah cair untuk industri tapioka, sehingga reduksi lanjut limbah cair perlu dilakukan
2. Perlu dilakukan pengadukan influen agar homogenitas umpan dapat terjamin
3. Perlu dicoba resirkulasi parsial influen untuk mengetahui efeknya terhadap pH umpan dan tingkat pembentukan gas

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, A.A., 1990, *Doctorate Thesis: Biomass stabilisation in the UASB reactor*, UMIST, p. 50-80, 265-275
- Agustian, J., 2000, *MSc Dissertation: A study of an upflow anaerobic sludge blanket reactor*, UMIST, p. 10-35
- Agustian, J dan Hermida, L., 2001, Pengolahan Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor UASB, SIGMA 4(2), p. 111-122
- Amatya, P L., 1996, *Anaerobic Treatment of Tapioca Starch Industry Wastewater by Bench scale Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor*, Master Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, p. 25-55
- Amri, K., 1999. *Biokonversi Penangkal Bau*. Majalah Intisari.
- Anh, N.T. 1998. *Methods for UASB Reactor Design*. Camber Southeast, Inc. <http://www.waterandwastewater.com>
- Annachatre, A. P. and Amatya, P. L., 2002, *UASB Treatment Of Tapioca Starch Wastewater*, Journal Of Environmental Engineering. Dec. 2002: 1149-1152.

- APHA (1985), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 16<sup>th</sup> ed., Washington DC: American Public Health Association
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 1996. *Buku panduan Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia*. Jakarta.
- Bengstone, B. E. and Triet, T., 1994. *Tapioca-starch wastewater toxicity characterized by Microtox and Duckweed tests*, *Ambio*, 23(8), 473-477.
- Chaiprasert, P., Nophanata, A., Chayawattana, T., Wangnai, C., Rukruem, W., Kullavanijaya, P., Bhumiratana, S., and Tanticharoen, M., 2003. *The biogas plants high rate anaerobic fixed film technology for agroindustrial wastewater*, KMUTI, Thailand
- Cohen, T., 2004. *Waste to energy: a waste solutions success in Thailand*, Press Release, Waste solutions ltd., New Zealand
- Djarwati, Ifatul Fauzi, dan Sukani, 1993. *Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka Secara Kimia Fisika*, Laporan Penelitian. Departemen Perindustrian RI, Semarang
- Djubedah, E., Noerdin, M. dan Harjanto, NKS., 2002. *Penanganan Limbah Cair Tapioka Secara Kimia*. Departemen Perindustrian dan Perdagangan: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian, Bogor
- Fang, H.H.P. and Chui, H.K. (1993), *Maximum COD loading capacity in UASB reactors at 37°C*, *J. Env. Eng.*, Vol. 119(1), pp. 103-119
- Fang, H.H.P. et al, 1990, "Treatment of Brewery Effluent by UASB Process." *J. Env. ASCE*, 116(3): 454-460.
- Fang, H.H.P., Li, Y.Y. and Chui H.K. (1995). *Performance and sludge characteristics of UASB process treating propionate-rich wastewater*, *Wat. Res.*, Vol. 29(3), pp. 895-898
- Field, J., 2002, *Anaerobic Granular Sludge Bed Technology*, Anaerobic Biotechnology. [http://uasb.org/discover/anaerobic\\_biotechnologies.htm](http://uasb.org/discover/anaerobic_biotechnologies.htm)
- Ghangrekar, M.M. et al. 1996 "Experience with UASB Reactor Start-up Under Different Condition." *Wat.Sci.Tech.* 34 (5-6). 421-428.
- Kiely, 1997. *Environmental Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Kwong, T.S. and Fang, H.H.P. (1996). *Anaerobic digestion of cornstarch in wastewater in two upflow reactors*, *J. Env. Eng.*, Vol. 122(1). pp. 9-17
- Lettinga, G. and Pol, L.H. (1986), *Advanced reactor design, operation and economy*, *Wat. Sci. and Tech.*, Vol. 18(12), pp. 99-108
- Lettinga, G., Hodma, S.W., Pol, L.H., Zeew, L.W., Jong, D.P., Grin, P.D., and Roersma, R., 1985, *Design operation and economy of anaerobic treatment*, *Water Science and Technology*, Vol 15, 8/9, p: 177-195
- Lettinga, G., van Velsen, A.F.M., Hobma, S.W., de Zeeuw, W. and Klapwijk A. (1980), *Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment especially for anaerobic treatment*, *Biotech. and Bioeng.*, Vol. 27, pp. 699-734
- Mai, H.N.P., Thai, L.N., Duong, H.T. and Viet, N.T. 2002. *Effect of Nutrient and Trace Element on Treatment Efficiency in UASB-Reactor." J. ARPET. Asian Institute of Technology*. Vol: 3 March 2002, Vietnam.

- McCarty, P.L., and Smith, D.P., 1986. *Anaerobic Wastewater Treatment*. Env. Sci. and Tech. 20(12).
- Metcalf and Eddy, Inc., (1991), *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*, 3rd ed., New York, Mc Graw Hill Inc.
- Mintati, S., 2002. *Penjernihan Effluent IPAL Industri Gula Tebu dengan Bioreaktor*, Bandar Lampung.
- Plevin, R. and Donnelly, D., 2004, *Converting waste to energy and profit*, Renewable Energy World, September-October, p: 74-81
- Pohland, F.G. and Malina Jr., J.F. (1992), *Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal waste*, Lancaster, Technomic Pub Co
- Quang, N.T., 1986. *Tapioca starch Wastewater Treatment by Aerobic Fluidized Bed Process*. Master Thesis, AIT, Bangkok : EV 86-4.
- Salim, J., 2001, *Developing national capability to implement clean development mechanism (CDM) in ASEAN*, ASEAN CDM Ins. Program, UNIDO
- Schmidt, J.E. and Ahring, K. (1996), *Granular sludge formation in UASB reactors*, Biotech. and Bioeng., Vol. 49, pp. 229-246
- Singh, R.P., Kumar, S. and Ojha, C.S.P. (1998), *A critique on operational strategy for start-up of UASB reactors: Effects of sludge loading rate and seed/biomass concentration*, Biochem. Eng. J., Vol. 1, pp. 107-119
- Vieira, S.M.M., Carvalho, J.L., Barijan, F.P.O. and Rech, C.M. (1994), *Application of the UASB technology for sewage treatment in small community at Sumare*, Sao Paolo State, Wat. Sci. and Tech., Vol. 30(12), pp. 203-210
- White, C. 2000. *Sewage Treatment-Solid in Wastewater*. Biotank Ltd. <http://biotank.co.uk>
- Wu, W.M., Hu, J., Gu, X., Zhao, H. and Gu, G. (1987), *Cultivation of anaerobic granular sludge in UASB reactors with aerobic activated sludge as seed*, Wat. Res., Vol. 21 No. 7. pp. 787-799