

USUL PENELITIAN HIBAH BERSAING
(Lanjutan/Tahun II)



KARAKTERISASI PROSES ANAEROBIK PEROMBAK
SUBSTRAT MULTI-KARBON DENGAN TEKNOLOGI
SEL TERIMOBILASI UASB

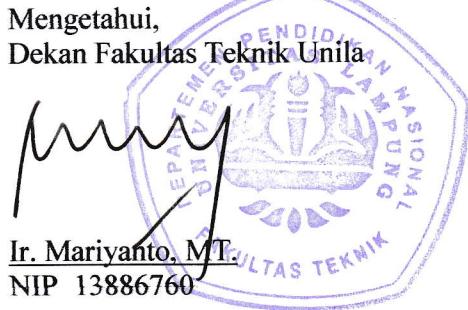
Joni Agustian, ST. MSc.
Panca Nugrahini F., ST. MT.
Lilis Hermida, ST. PG. Dipl.

UNIVERSITAS LAMPUNG
NOVEMBER, 2007

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING

1. Judul Penelitian : Karakterisasi proses anaerobik perombak subsrat multi-karbon dengan teknologi sel terimobilisasi UASB
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Joni Agustian, ST. MSc.
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. Golongan Pangkat dan NIP : 3c / 132205962
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Jabatan Struktural :
 - f. Bidang keahlian : Bioreactor System
 - g. Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Kimia
 - h. Perguruan Tinggi : Universitas Lampung
 - i. Alamat : Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar lampung
 - j. Alamat rumah : Jl. Sutan Jamil Gang kunir No. 1 Gedung meneng – Bandar Lampung
 - k. Telpon/Email : (0721)-774651/jalh@unila.ac.id
3. Jangka waktu Penelitian : 2 tahun
4. Pembiayaan
- a. Jumlah biaya yang diajukan ke Dikti : Rp. 89.140.000,-
 - b. Jumlah biaya tahun ke 2(dua) : Rp. 42.530.000,-
 - Biaya tahun ke 2 yang diajukan ke Dikti : Rp. 42.530.000,-

Bandar Lampung, 15 November 2007
Ketua Peneliti



Joni Agustian, ST. MSc.
NIP 132205962



I. IDENTITAS PENELITIAN

1. **Judul Usulan** : Karakterisasi proses anaerobik perombak substrat multi karbon dengan teknologi sel terimobilisasi UASB – TAHAP II
2. **Ketua Peneliti**
- a. Nama Lengkap : Joni Agustian, ST. MSc.
 - b. Bidang Keahlian : *Bioreactor Systems*
 - c. Jabatan Struktural : -
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Unit Kerja : Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
 - f. Alamat Surat : Jl. Prof. S. Brodjonegoro No. 1 Gedung Meneng, Bandar Lampung, 35145
 - g. Telpon/Faks : (0721) 704947
 - h. E-mail : jalh@unila.ac.id

3. **Anggota Peneliti**

No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Instansi	Alokasi Waktu (jam/minggu)	
				Jam/Minggu	Bulan
1	Panca Nugrahini F., ST. MT.	Teknik Kimia	FT UNILA	10	16
2	Lilis Hermida, ST. PG. Dipl.	Teknologi Lingkungan	FT UNILA	10	16

4. **Objek Penelitian**

- Material yang akan diteliti adalah limbah cair yang dihasilkan oleh industri tepung tapioka, pabrik pengolahan kelapa sawit dan industri gula. Kandungan persenyawaan karbon yang terdapat dalam ketiga jenis limbah cair tersebut diolah dengan teknologi proses sel terimobilisasi *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB), sehingga kandungan karbon dapat disisihkan menjadi gas metan agar biogas dapat diambil dan permasalahan pencemaran industri, emisi *greenhouse gas* oleh industri dan tanggungan pembiayaan pengoperasian instalasi pengolahan air limbah industri dapat diminimalkan.
- Proses biologi anaerobik sangat peka terhadap kondisi-kondisi spesifik, sehingga perombakan biologi anaerobik akan diteliti dari beban organik limbah cair (COD), pH, kandungan nutrisi, dan waktu tinggal hidrolik limbah cair

5. Masa Pelaksanaan Penelitian

Tahun II : 2008 (April - November)

6. Anggaran yang diusulkan

Tahun II : Rp. 42.530.000,-

7. Lokasi Penelitian

Laboratorium Unit Operasi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik,
Universitas Lampung

8. Hasil yang ditargetkan

Tahun II

Nilai parameter kinetika pertumbuhan biologi
Analisis kelayakan finansial untuk skala besar

9. Institusi lain yang terlibat

Tidak ada

10. Keterangan lainnya

Penelitian ini akan melibatkan mahasiswa program sarjana S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung sebanyak 2-4 orang agar mahasiswa dapat belajar teknologi proses pengolahan limbah cair anaerobik dan dapat menulis laporan penelitian yang terkait dengan program pendidikan sarjana Teknik Kimia S1 Fakultas Teknik Universitas Lampung.

II. SUBSTANSI PENELITIAN

ABSTRAK

Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah dihasilkannya unit pengolahan limbah cair secara biologi anaerobik dengan umpan campuran limbah cair dari industri tapioka, industri gula dan pabrik pengolahan minyak kelapa sawit. Umpan yang terdiri atas campuran limbah cair ketiga jenis industri tersebut dengan perbandingan tertentu diolah dengan menggunakan teknologi proses anaerobik sel terimobilisasi UASB.

Penelitian ini menggunakan reaktor UASB skala laboratorium. Variasi konsentrasi COD dengan beban maksimal 25.000 mg/L pada waktu tinggal hidrolik cairan tertentu dan kondisi pH dan nutrisi umpan yang ditetapkan dievaluasi dalam penelitian, sehingga analisis parameter kinetika dan simulasi untuk scale-up serta analisis finansial terhadap kemungkinan penerapan UASB dapat dilakukan.

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri gula tebu, tepung tapioka dan pengolahan *crude palm oil* (CPO) di Propinsi Lampung saat ini mengoperasikan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang bersifat *open-circuit-on-factory*. Pada tipe IPAL tersebut, kolam-kolam terbuka (*lagoon/pond*) yang berbasiskan proses biologi anaerobik/anaerobik fakultatif yang berlokasi di area pabrik digunakan dengan waktu tinggal limbah cair yang cukup lama.

Tipe *open-circuit on-factory* tersebut sering menimbulkan masalah seperti bau busuk dan kebutuhan area kolam pengolahan yang relatif luas. Disamping itu, penerapan pengolahan limbah cair secara *on-factory* mengakibatkan pihak pabrik harus menyediakan pembiayaan investasi dan pengoperasian unit IPAL. Dengan beban pengeluaran tersebut, harga jual produk pabrik menjadi lebih tinggi. Agar pabrik memiliki biaya produksi yang relatif rendah dan dapat lepas dari beban mutu limbah cair, salah satu cara adalah mengubah karakter IPAL dari *on-factory* menjadi *off-factory*. Hal tersebut sangat menguntungkan pihak pabrik, dan lahan/area untuk unit IPAL dapat dikonversi ke lahan perkebunan, sehingga produksi dapat meningkat.

Berdasarkan uraian diatas, maka usulan penelitian lanjutan tentang karakterisasi proses anaerobik perombak substrat multi-karbon dengan teknologi sel terimobilisasi UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) untuk mengkaji pengembangan IPAL *closed-circuit-off-factory* sangat layak untuk diperimbangkan.

1.2. Tujuan Khusus

- a) Menghasilkan nilai parameter kinetika pertumbuhan biologi (*yield coefficient, decay constant, half constant velocity, growth rate* dan laju utilisasi substrat) yang berguna untuk menghasilkan desain *scale-up* sistem pengolahan gabungan limbah cair tersebut
- b) Menghasilkan analisis kelayakan finansial terhadap kemungkinan aplikasi sistem pengolahan seperti tersebut

1.3. Urgensi Penelitian

Perombakan sistem pengolahan konvensional yang mengemisi gas metan dapat dilakukan dengan penerapan sistem aerobik (*full aerobic*), tetapi proses tersebut butuh aerasi dan menghasilkan lumpur dalam jumlah yang besar yang juga harus diolah lebih lanjut (Kiely, 1997), sehingga pembiayaan proses relatif tinggi. Alternatif lain adalah mengadopsi teknologi CIGAR (*covered in ground anaerobic reactor*) dengan mengisolasi kolam anaerobik dengan plastik, sehingga gas metan dapat diakumulasi (Plevin dan Donnelly, 2004). Tetapi proses CIGAR masih sangat baru. Proses evaporasi telah dikembangkan untuk pengolahan limbah cair pengolahan CPO (Ma, 2000), tetapi teknologi tersebut mengkonsumsi energi yang besar (Ahmad dkk, 2003). Demikian juga dengan teknologi membran (Wah dkk, 2002) yang cenderung mahal.

Alternatif lain yang dapat dilaksanakan adalah dengan mengolah ketiga jenis limbah cair tersebut dalam suatu unit IPAL khusus menggunakan teknologi proses sel terimobilisasi. Dengan cara tersebut, pihak industri hanya diwajibkan mengirim limbah ke komplek IPAL khusus, sehingga pabrik tidak akan terbebani biaya dan pengoperasian IPAL. Keuntungan yang akan diperoleh pihak pabrik adalah pembiayaan proses produksi pabrik dapat berkurang, sehingga harga jual produk pabrik ke masyarakat dapat diturunkan.

Penelitian awal (tahun I) tentang pengolahan limbah cair campuran dari tiga jenis industri tersebut dengan menggunakan teknologi proses anaerobik UASB telah dilakukan dan berjalan dengan baik (Agustian dkk, 2007). Pada tahun I tersebut, telah berhasil dieksplorasi kondisi operasi untuk pengolahan limbah cair gabungan. Reduksi COD limbah cair berada pada rentang yang baik, yaitu sekitar 67,07%-82,52% (rata-rata) dengan laju beban organik sebesar 6-36 kgCOD/m³/hari, sehingga proses degradasi limbah cair yang berasal dari campuran limbah cair industri menggunakan

bioreaktor UASB merupakan alternatif yang baik. Dalam eksperimen tersebut juga didapatkan bahwa pada kondisi pH-nutrisi alami dan nilai pH sekitar 5,5-6,5 proses degradasi COD limbah cair campuran berjalan lebih maksimal.

Walaupun proses biodegradasi limbah cair campuran telah bekerja dengan baik, proyeksi skala besar pengembangan bioreaktor UASB belum dapat dilakukan karena nilai parameter kinetika pada kondisi yang terbaik belum dikalkulasi. Maka berdasarkan uraian tersebut, adalah penting untuk mengkaji lebih lanjut pengembangan sistem IPAL khusus dengan teknologi sel terimobilisasi UASB lewat nilai parameter kinetika pertumbuhan biologi agar estimasi kelayakan finansial proses UASB pengolah campuran limbah cair industri tersebut dapat diaplikasikan di lapangan, sehingga upaya untuk mewujudkan suatu industri dengan prinsip *wastewater treatment, energy generation and water preparation* suatu saat dapat diterapkan.

BAB II. STUDI PUSTAKA

2.1. Bioreaktor UASB

Teknologi berbasis reaktor *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) sangat efektif dalam mengolah berbagai jenis limbah cair, seperti limbah cair industri makanan/minuman, pertanian, pulp/kertas, petrokimia dan farmasi (Fang dkk, 1995; Singh dkk, 1998). Reaktor UASB bergantung pada pengembangan konglomerat mikroba anaerobik (Lettinga dkk, 1980). Faktor limbah cair, kondisi operasi reaktor dan jenis inokulum juga mempengaruhi keberhasilan operasinya (Wu dkk, 1987).

2.1.1. Deskripsi Proses

Pada bioreaktor UASB, limbah cair yang akan diolah dialirkan dari bagian bawah reaktor dan mengalir keatas melalui *sludge bed* berbentuk granular atau partikel yang merupakan kumpulan mikroorganisme. Kontak kontinyu limbah cair dengan mikroba yang terimmobilisasi (*self-immobilised*) di reaktor memicu perombakan anaerobik (Schmidt dan Ahring, 1996). Proses asidogenesis dan metanogenesis berlangsung disepanjang reaktor (Annachhatre dan Amatya, 2000). Effluen dan gas akan keluar dari bagian atas reaktor. Selama degradasi anaerobik berlangsung, fluidisasi *sludge bed* dapat terjadi, yang disebabkan oleh aliran gas produk dan limbah cair. Aliran tersebut

mengakibatkan mikroba terdistribusi ke bagian atas reaktor. Konglomerat mikroorganisme dengan daya serap tinggi akan balik ke *sludge bed*, tetapi mikroba terflokulasi dan terdispersi akan mengalir bersama effluent ke peralatan hilir.

2.1.2. Start-Up Reaktor

Start-Up reaktor merupakan waktu awal untuk mencapai reduksi COD yang stabil (Ghangrekar dkk, 1996). Proses ini memegang peran signifikan untuk kestabilan operasi UASB (Lettinga dkk, 1980). Strategi inisiasi yang tepat merupakan syarat utama, sehingga harus dilakukan dengan hati-hati (Singh dkk, 1998). Reduksi waktu *start-up*, tetapi kultivasi dan granulasi mikroba berlangsung dengan baik akan meningkatkan kapabilitas sistem UASB, sehingga proses kontinyu dengan beban tinggi dapat dijalankan dengan segera (Ghangrekar dkk, 1996). Faktor berpengaruh meliputi jenis, kualitas dan aktivitas spesifik inokulum, faktor lingkungan dan operasi reaktor (Lettinga dkk, 1980; Wu dkk, 1987; Ghangrekar dkk, 1996).

Sludge inokulum yang digunakan untuk *start-up* reaktor dapat berasal dari berbagai sumber. Inokulum terbaik adalah sludge yang mempunyai kandungan ion-ion kalsium dan mikroba filamen serta polisakarida yang tinggi, tetapi *capillary suction time* (CST) yang rendah (Adebawale, 1990). Kuantitas inokulum yang kecil (kurang dari 30 %) dapat mengakibatkan terbentuknya konglomerat yang rapuh terhadap pembebanan mendadak (Adebawale, 1990; Fang dan Chui, 1993), namun jumlah yang besar cenderung mengarah pada penurunan ukuran konglomerat (Adebawale, 1990).

Peningkatan laju beban organik dilakukan secara bertahap setelah proses degradasi berlangsung stabil, yakni mencapai 80-90 % konversi influen (Lettinga dkk, 1980). Beberapa gas yang terbentuk dalam *sludge blanket* mengalir ke bagian atas reaktor dapat mengakibatkan *sludge blanket* terangkat dan rapuhnya konglomerat mikroba (Metcalf dan Eddy, 1991). Penambahan zat anti busa atau pendistribusian influen yang merata membantu membebaskan gas yang terjebak.

2.1.3. Lumpur Granular Terimobilisasi

Mekanisme granulasi dimulai ketika sel mikroba menempel pada permukaan sel lainnya atau bahan inert yang membentuk prekursor granular yang kemudian tumbuh menjadi lumpur mikroba granular (Schmidt dan Ahring, 1996 ; Pol dkk, 1982; Callander dan Barford, 1983). Konglomerat granular tersebut terbentuk pada kondisi

laju alir konstan. Granular mikroba merupakan butiran padat biofilm dengan ukuran diameter partikel sekitar 0,5-2 mm, dan 1 gram granular kering dapat mengkatalisis konversi 0,5-1 gram COD metan/hari (Anh, 1998). Lumpur granular tersebut tahan terhadap aliran zat di dalam reaktor sehingga mampu digunakan untuk beban tinggi (Ghangrekar dkk, 1996).

Granulasi dan immobilisasi sel ditentukan oleh faktor kecepatan supervisial, keberadaan elemen anorganik, penghambatan hidrogen (Uemura dan Harada, 1995), pH, inhibisi sulfat, efek *shock loading* (Blaszczyk dkk, 1994), suplai nutrisi, jenis nutrisi, laju pertumbuhan granular, tahanan geser, produksi polimer ekstraseluler, generasi gas, presipitasi zat anorganik (Grotenhuis dkk, 1991), jenis inokulum dan partikel pendukung (Wiegant dan de Man, 1980).

2.1.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi operasi reaktor UASB

2.1.4.1. Pengaruh Komposisi Limbah

Zat-zat yang ada didalam limbah cair didegradasi oleh mikroba dengan kecepatan yang berbeda. Mikroba anaerobik menguraikan karbohidrat dan protein dalam waktu kurang dari 1 hari, sedangkan asam lemak diuraikan dengan lambat dengan waktu sekitar 5 hari (Amatya, 1996). Dalam perkembangannya mikroorganisme akan memanfaatkan karbohidrat sebagai sumber energi (Amri, 1999). Mikroorganisme juga membutuhkan garam-garam organik untuk mensintesis bahan-bahan pembangun sel. Kandungan nitrogen dan fosfor yang rendah menghambat pertumbuhan sel karena nitrogen dan fosfor merupakan nutrisi utama bagi mikroba untuk perkembangan sel (Singh dkk, 1999).

2.1.4.2. Temperatur

Kebanyakan proses pengolahan limbah biologi menggunakan rentang suhu *mesophilic* dan *thermophilic*. Namun, pada prakteknya proses operasi lebih banyak berada pada rentang *mesophilic*, hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa kenaikan suhu hingga kondisi *thermophilic* tidak memberikan keuntungan signifikan dalam kinetika reaksi (Amatya, 1996).

2.1.4.3. pH dan Alkalinitas

Pada umumnya, bakteri *methanogenic* sangat sensitif terhadap perubahan pH. Bakteri sangat cocok tumbuh pada rentang pH antara 6,5-7,8, dan bakteri penghasil asam dapat bekerja optimum pada rentang pH 5-6, karena langkah metan merupakan langkah laju batas pH harus dapat dijaga sekitar 7 (Amatya, 1996). pH rendah akan menurunkan aktifitas mikroorganisme penghasil metan (Amatya, 1996), sedangkan bila pH terlalu tinggi akan mengakibatkan terjadinya perpindahan proton dari sel ke lingkungan, sehingga menurunkan aktifitas mikroorganisme. Pengaturan pH dapat dilakukan dengan penambahan soda kaustik (Fang dan Chui, 1993; Callander dkk, 1987), sodium karbonat atau kalsium hidroksida (Amatya, 1996).

2.1.4.4. Nutrisi

Berbagai komposisi dan kuantitas nutrisi dan *trace element* dapat digunakan sebagai suplemen limbah cair industri dengan sistem UASB, karena belum ada formulasi yang tepat (Singh dkk, 1999). Tetapi hal ini tergantung jenis *sludge* inokulum atau karakteristik limbah cair yang akan diproses (Metcalf dan Eddy, 1991).

Nutrisi utama yang dibutuhkan mikroorganisme adalah nitrogen dan fosfat yang disuplai dalam bentuk senyawa garam (Singh dkk, 1999). Rasio COD:N:P = 300:5:1 seringkali digunakan untuk mencukupi kebutuhan mikroorganisme sebagai fungsi *organic load* (Amatya, 1996). Selain itu perlu ditambahkan nutrisi lain berupa potassium, magnesium dan unsur-unsur lain seperti besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu), kobalt (Co), nikel (Ni), molybdenum dan selenium yang kuantitasnya sekitar 1 mL/L (Amatya, 1996; Singh dkk, 1999).

2.1.4.5. Zat-zat toksik

Proses anaerobik dipengaruhi oleh keberadaan zat-zat toksik, seperti kandungan hidrokarbon halogen, sianida, logam berat dan senyawa sulfur ammonia, dalam konsentrasi yang tinggi, tetapi kandungan zat asam volatil dan asam lemak yang tinggi di reaktor merupakan inhibitor yang potensial untuk tingkat toksitas dalam larutan limbah cair (Amatya, 1996).

2.1.4.6. Laju Alir Upflow

Reaktor UASB didesain dengan pengaliran limbah cair dari bagian bawah reaktor menuju ke atas (*up flow*) melalui *sludge bed* granular yang tertahan di dalam reaktor.

Laju alir *up flow* harus selalu dipertahankan stabil di dalam reaktor dengan tujuan membantu terjadinya kontak *sludge* dengan limbah cair (Amatya, 1996). Kecepatan *up flow* tergantung pada karakteristik pengendapan partikel granular dan air limbah. Kondisi kontak masih dapat terjadi pada kecepatan *up flow* 2-5 m/jam (Anh, 1998).

Laju beban organik ke reaktor harus tepat sehingga konglomerat terimmobilisasi berkembang dengan baik (Lettinga dkk, 1980). Laju beban organik merupakan efisiensi penggunaan volume reaktor yang tersedia (Pohland dan Malina, 1992). Faktor ini dibatasi oleh jumlah mikroba yang dapat bertahan di reaktor dan kontak efektif antara biomassa dan substrat (Fang dan Chui, 1993). Lettinga dkk (1980) menyarankan laju beban organik sebesar 10-12 kgCOD/m³/hari untuk eksperimen skala laboratorium.

2.1.4.7. Padatan Tersuspensi (*Suspended Solid*)

Pada umumnya, limbah cair mengadung padatan tersuspensi (*suspended solid/SS*) yang memberikan pengaruh antara lain: (1) menurunkan aktifitas metanogen spesifik, (2) kecenderungan terbentuknya lapisan busa yang mengakibatkan larutnya *sludge*, (3) kemungkinan kegagalan granulasi, dan (4) penghanyutan *sludge bed* secara tiba-tiba karena keberadaan busa dalam *sludge bed* (Lettinga dan Pol, 1986). Kandungan tersebut dapat dihilangkan dengan metode sedimentasi, koagulasi/flokulasi, *dissolved air flotation* (DAF), adsorbsi menggunakan karbon, filtrasi dan lain-lain. Batasan aman konsentrasi SS didalam influen limbah cair untuk umpan reaktor UASB adalah tidak lebih dari 1000 mg/L (Anh, 1998).

2.2. Hasil Yang sudah Dicapai dan Studi Pendahuluan

Beberapa hasil penelitian pengolahan limbah cair industri tapioka, gula tebu dan pabrik pengolahan minyak kelapa sawit secara anaerobik dapat diamati dalam Tabel 2.5. Pengolahan limbah cair dari ketiga jenis industri tersebut masih bersifat individu (*on-factory*). Dari tabel dapat diamati bahwa tingkat reduksi kandungan COD setiap limbah cair adalah sekitar 90%, yang mengindikasikan bahwa ketiga limbah cair dapat diolah dengan baik. Sampai saat ini belum ada hasil penelitian yang mengkombinasikan ketiga jenis limbah cair dalam suatu IPAL secara anaerobik.

Studi pendahuluan yang terkait dengan usulan penelitian ini yang telah dilakukan adalah:

- a) Penggunaan lumpur anaerobik asal pengolahan limbah cair pabrik pengolahan minyak sawit untuk degradasi limbah cair industri tapioka (Agustian dkk, 2006)

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/m³, 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

Tabel 2.5. Hasil penelitian terdahulu degradasi limbah cair industri

Jenis limbah	Tipe Proses	Karakter Operasi	Referensi
Limbah Cair Tapioka	UASB	COD inlet : 12.000-24.000 mg/L COD removal : > 95% OLR : 10-16 kg COD/m ³ /hari HRT : 0,5 m/hari	Annachhatre dan Amatya (2000)
	UASB	COD inlet : 9.630-13.760 mg/L COD removal : 82,5-90,7% OLR : <42 kg COD/m ³ /hari HRT : 8,3-8,4 jam	Ngoc (20006)
Limbah Cair Pabrik Pengolahan Minyak Sawit	UASFF	COD inlet : < 44.300 mg/L COD removal : 70-90% OLR : 2,45 L/hari HRT : 3 hari	Zinatizadeh dkk (2006)
	UAF	COD inlet : - COD removal : 90% OLR : 1,2-11,4 kg COD/m ³ /hari HRT : 6-15 hari	Borja dan Banks (1994)
Limbah Cair Pabrik Gula	UASB	COD inlet : 1.000 mg/L COD removal : > 95% OLR : 6,7 kg COD/m ³ /hari HRT : 4 jam	Ragen dkk (2001)
	AFB	COD inlet : 13.000-32.000 mg/L COD removal : > 80% OLR : 20-25 kg COD/m ³ /hari HRT : 15-20 jam	Kozarischuk (2002)

UAF = Upflow Anaerobic Filter; UASFF Upflow Anaerobic Sludge Fixed Film; AFBR = Anaerobic Fixed Bed; UASB = Upflow Anaerobic Sludge Blanket

- b) Karakterisasi proses anaerobik perombak substrat multikarbon dengan teknologi sel terimobilisasi UASB (Agustian dkk, 2007)

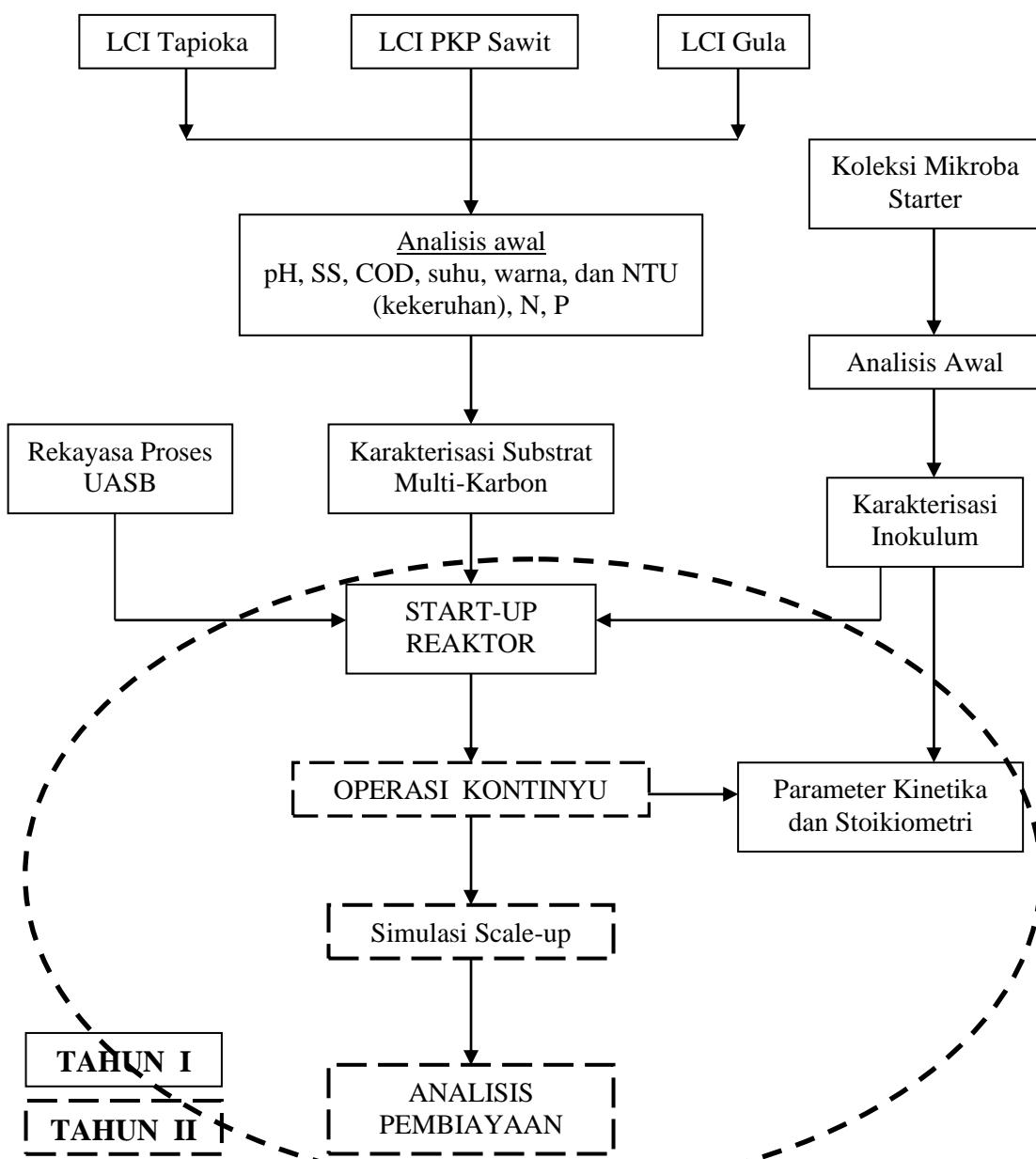
Pengolahan limbah cair secara biologi anaerobik dengan umpan campuran limbah cair dari industri tapioka, industri gula dan pabrik pengolahan minyak kelapa sawit merupakan proses pengolahan dengan prospek yang baik. Kandungan senyawa karbon dalam limbah cair ketiga industri tersebut cukup tinggi, sehingga dapat digunakan untuk membangkitkan biogas metan yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Umpan yang terdiri atas campuran limbah cair ketiga industri dengan perbandingan tertentu diolah dengan teknologi proses anaerobik sel terimobilisasi UASB. Reaktor UASB merupakan tipe reaktor yang mampu bekerja pada tingkat beban organik yang tinggi. Oleh karena itu kandungan COD yang besar yang ada dalam limbah cair akan dapat diolah dengan baik. Penelitian ini menggunakan reaktor UASB skala laboratorium. Variasi konsentrasi COD dengan beban maksimal 15.000 mg/L , waktu tinggal hidrolik cairan 10-20 jam, kondisi pH dan nutrisi umpan yang alami dan terkontrol dievaluasi dalam penelitian.

Dalam eksperimen digunakan perbandingan volume 1:1:12 agar diperoleh kandungan COD campuran awal diatas 15.000 mg/L. Campuran ketiga jenis limbah cair pada penelitian ini menghasilkan limbah cair yang berwarna coklat keruh dengan pH sekitar 5. Reduksi kandungan COD limbah cair pada setiap kelompok eksperimen berada pada rentang yang cukup baik, yaitu sekitar 67,07%-82,52% pada laju beban organik 6-36 kgCOD/m³/hari. Kondisi pH-nutrisi alami menghasilkan tingkat reduksi COD yang lebih besar daripada kondisi limbah cair yang memiliki pH dan nutrisi terkendali. Jumlah gas yang diakumulasi berada pada rentang rata-rata 140-370 mL/jam. Pada kondisi pH 5,5-6,5 proses degradasi COD limbah cair campuran berjalan lebih maksimal daripada biodegradasi dengan kondisi pH yang cenderung asam atau mendekati 7. Proses biodegradasi dengan pH kontrol menghasilkan reduksi COD sebesar 42-92%, sedangkan reduksi COD pada kondisi pH alami adalah lebih tinggi (sekitar 61-97%). Jika dibandingkan kedua kondisi diatas dapat ditemui bahwa pH alami 5,5 dan pH kontrol 6,5 memiliki nilai yang lebih baik dari kelompok pH lainnya, dengan tingkat reduksi berada pada rentang 70-80%. Mayoritas nilai pH effluen berada pada nilai diatas 6,0, sehingga proses hidrolisis-fermentasi dan metanasi berjalan dengan kesetimbangan yang baik. Kandungan TSS yang diumpulkan ke bioreaktor UASB adalah 553-6.350 mg/L,

yang masih dapat diolah oleh bioreaktor UASB dengan tingkat effisiensi yang cukup tinggi pada saat kandungan TSS > 4.000 mg/L. Kandungan nitrogen dan posfor yang terdapat dalam limbah cair (nutrisi alami) cukup menunjang aktivitas mikroorganisme anaerobik dalam mereduksi kandungan COD limbah cair gabungan. Kesimpulan yang didapat adalah bioreaktor UASB dapat beroperasi dengan baik dalam mengolah limbah cair campuran dari tiga jenis industri tersebut.

BAB III. METODE PENELITIAN

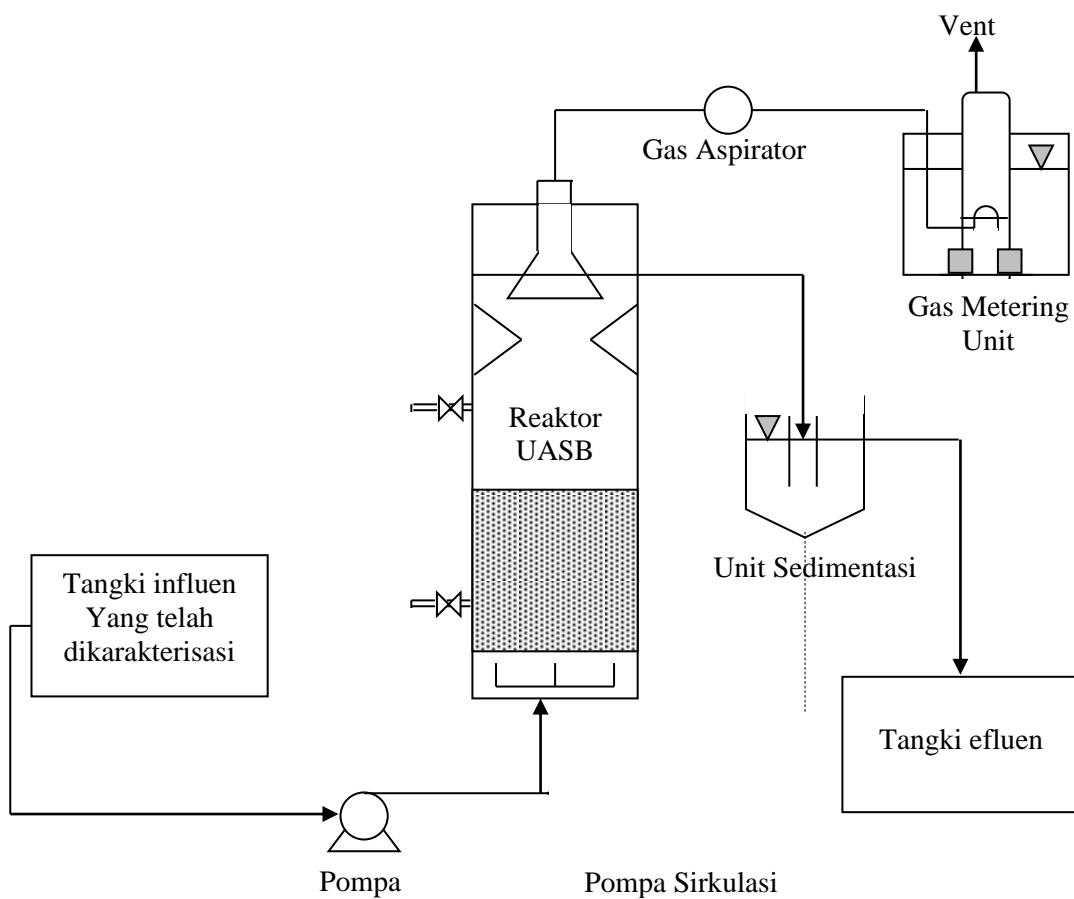
Penelitian lanjutan (tahun II) ini direncanakan dilaksanakan dalam jangka waktu 8 (delapan) bulan. Penelitian dilaksanakan secara berkesinambungan dengan tatalaksana penelitian keseluruhan disajikan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Diagram alir tatalaksana penelitian

3.1. Desain Sistem Proses UASB

Sistem proses yang akan digunakan terdiri atas tangki influen (1 unit, 20L), pompa peristaltik (2 unit), reaktor UASB (akrilik, 1 unit, 2,5 L, ϕ 10 cm), tangki settler (1 unit, 1 L), tangki effluent (1 unit, 20L) dan unit pengukur gas (1 unit, 1 L). Reaktor UASB dilengkapi dengan unit kolektor gas (1 unit), sampling ports dan baffle. Susunan proses anaerobik UASB yang digunakan diilustrasikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Susunan rangkaian sistem UASB

3.2. Analisis Awal Kondisi Limbah Cair

Setiap limbah cair diukur nilai suhu, pH, COD, kandungan zat padat (TSS, TDS), kandungan nitrogen (total nitrogen), kandungan fosfat (total fosfat) dan tingkat kekeruhan (APHA, 1992). Observasi inderawi juga dilakukan untuk mengetahui kondisi limbah cair secara cepat.

3.3. Karakterisasi Umpan

Stok limbah cair industri yang disimpan dalam tangki penampungan dicampur dengan perbandingan yang telah ditetapkan untuk umpan ke reaktor UASB, dan diatur pH-nya sekitar 6,5 (Metcalf dan Eddy, 1991) dengan penambahan sodium hidroksida 0,1 M (Fang dkk, 1993).

Umpan limbah cair campuran diatur pada beban konsentrasi proses yang diperoleh dengan pengenceran larutan stok campuran. Kandungan nutrisi umpan diatur pada rasio COD:N:P = 300:5:1 dengan penambahan urea dan TSP sebagai sumber nitrogen dan fosfat (Anh, 1998).

3.4. Lumpur Anaerobik Starter (Inokulum)

Lumpur berasal dari unit IPAL PPKS yang menggunakan proses anaerobik lagoon. Lumpur diambil dari bagian dasar dengan alat khusus sekitar 2 liter dan kemudian disimpan dalam jeriken yang ditutup rapat. Lumpur inokulum disimpan dalam lemari pendingin sebelum digunakan.

Analisis fisik dan kimia kondisi mikroba starter difokuskan pada suhu, observasi visual, *volatile suspended solids* (VSS), pH dan *particle velocity* (APHA, 1985). Uji specific methanogenic activity (SMA) dilakukan dengan mengikuti metode Sorensen dan Ahring (1993). Nilai VSS digunakan untuk menentukan parameter laju pertumbuhan spesifik mikroba anaerobik (μ).

3.5. Penentuan Parameter Kinetika dan Stoikiometri Proses

Beberapa parameter kinetika dan stoikiometri ditentukan berdasarkan hasil penelitian. Karena faktor kunci proses UASB adalah biomassa mikroba yang terimobilisasi dalam reaktor UASB, maka parameter yang ditentukan berkaitan dengan kinetika pertumbuhan biologi, yaitu *heterothrophic yield coefficient* (Y), *heterothrophic decay constant* (k_d), *half-constant velocity* (K_s), *laju utilisasi substrat* (k), *specific growth rate* (μ) dan *maximum specific growth rate* (μ_m).

Seluruh parameter kinetika dan stoikiometri ditentukan berdasarkan formulasi Metcalf dan Eddy (1991). Setiap parameter tersebut sangat penting karena akan berguna untuk menghitung dimensi luas dan tinggi reaktor UASB.

3.5.1. Yield coefficient (Y) dan Decay constant (k_d)

Dalam sistem kultur batch dan kontinyu, sebagian substrat akan dirombak oleh mikroba menjadi sel mikroorganisme baru, dan sebagian lagi dioksidasi menjadi produk organik dan anorganik. Jumlah massa sel baru berhubungan dengan jumlah substrat yang direduksi. *Yield coefficient* merupakan rasio jumlah massa sel yang terbentuk terhadap jumlah massa substrat yang dikonsumsi, sedangkan decay constant mengindikasikan jumlah sel yang mengalami penurunan karena kematian sel. Nilai Y dan k_d ditentukan dengan persamaan:

$$(1/\theta_c) = Y \{(S_o - S)/X\theta\} - k_d$$

3.5.2. Half constant velocity (K_s) dan laju utilisasi substrat (k)

K_s merupakan besaran yang mengindikasikan konsentrasi substrat pada waktu separuh pertumbuhan maksimum, sedangkan k didefinisikan sebagai laju utilisasi substrat maksimum terhadap jumlah massa mikroorganisms yang berkembang. Nilai kedua konstanta ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\{(k S)/(K_s + S)\} = (S_o - S)/X\theta$$

3.5.3. Growth rate (μ , μ_m)

Pertumbuhan mikroorganisme diestimasi dengan persamaan:

$$r_g = \mu X = - Y r_{su}$$

$$r_{su} = - (1/Y) \{(\mu_m S X)/(K_s + S)\}; \quad k = \mu_m / Y$$

3.6. Reaktor Start-Up

Seeding reaktor UASB dilakukan dengan menginokulasi lumpur inokulum sebesar 40-60% volume kerja reaktor. Selanjutnya umpan dengan konsentrasi awal sekitar 2.500 mg/L dengan pH sekitar 6,5 dialirkan secara batch recycle untuk jangka waktu 15 hari. Selama proses start-up tersebut, observasi difokuskan pada reduksi konsentrasi COD. pH influen diamati setiap hari, jika pH umpan kurang dari 5 maka dialirkan umpan baru kedalam reaktor UASB.

3.7. Operasi Kontinyu Variasi Kondisi Operasi

Proses kontinyu baru dapat dilaksanakan setelah perombakan kandungan karbon mencapai 80%. Dalam tahap ini, dilakukan beberapa variasi untuk dilihat pengaruhnya terhadap kinerja proses anaerobik UASB, yaitu:

- A. Konsentrasi COD umpan : 2.500, 5.000, 10.000, 15.000, 20.000
- B. Kandungan nutrisi : nutrisi alami
- C. Waktu tinggal hidrolik : 10 jam, 5 jam
- D. pH umpan : pH alami

Pengamatan selama proses beroperasi dilakukan setiap 3 hari sekali terhadap konsentrasi COD umpan, konsentrasi COD effluent, kandungan zat padat (total solids, total dissolved solids, total suspended solids dan volatile suspended solids), total nitrogen dan total fosfat. pH dan temperatur umpan dan effluent diobservasi setiap hari.

3.8. Simulasi untuk penggandaan skala

Simulasi dilakukan berdasarkan nilai parameter kinetika dan stoikiometri yang didapatkan dari hasil penelitian dan nilai asumsi. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ASIM atau perangkat lunak lainnya. Hasil simulasi ini digunakan untuk penggandaan skala dan aplikasi dari sistem UASB pada penanganan limbah cair industri tapioka, pengolahan kelapa sawit dan gula.

3.9. Kajian kelayakan finansial

Kelayakan finansial pengoperasian unit pengolahan limbah cair didasarkan atas metode yang diterapkan oleh Lettinga dkk (1980) dan Lettinga dan Pol (1986). Keluaran dari kajian ini adalah biaya per satuan m³ limbah yang diolah.

BAB IV. PEMBIAYAAN

Jenis Pengeluaran	Biaya yang Diusulkan		
	Tahun I	Tahun II	Jumlah
Honorarium Peneliti		12.000.000	
Sewa Alat		555.000	
Peralatan		1.800.000	
Bahan		18.425.000	
Perjalanan		4.300.000	
Lainnya		5.450.000	

TOTAL PEMBIAYAAN	42.530.000
-------------------------	-------------------

DAFTAR PUSTAKA

- Adebawale, A.A., 1990, *Doctorate Thesis: Biomass stabilisation in the UASB reactor*, UMIST, Manchester –England, p. 50-80, 265-275
- Agustian, J., Pramono, D., dan Ryan, A.S., 2006, *Continous start-upstrategies of UASB operation degrading tapioca wastewater*, Proc. HEDS Sem Sci Tech, Jakarta
- Agustian, J. dan Santoso, B.I., 2006, *Proses degradasi limbah cair substrat ganda secara biologi anaerobik*, Laporan Penelitian Mandiri, Universitas Lampung
- Ahmad, AL., Ismail, S. dan Bhatia, S., 2003, *Water recycling from palm oil mill effluent (POME) using membrane technology*, Desalination, 157, p. 87-95
- 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.
- Amri, K., 1999. *Biokonversi Penangkal Bau*. Majalah Intisari.
- Anh, N.T. 1998. *Methods for UASB Reactor Design*. Camber Southeast, Inc. <http://www.waterandwastewater.com>
- Anonim, 1997,
- Annachhatre, A. P. dan Amatya, P. L., 2000, *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*, 16th 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. dan Triet, T., 1994. *Tapioca-starch wastewater toxicity characterized by Microtox and Duckweed tests*, Ambio, 23(8), 473–477.
- BAPEDALDA Lampung, 2004, *Hasil analisis terhadap pengolahan gula di Lampung*, Lampung
- Borja, R.P. dan Banks, C.J., 1994, *Thermophilic semi-continous anaerobic treatment of palm oil mill effluent*, Biotech. Lett., Vol 15(7), pp. 761-766
- Blaszczyk, R., Gardner, D., dan Kosaric N., 1994, *Response and recovery of anaerobic granules from shock loading*, Wat. Res., Vol. 28(3), pp. 675-680
- Callander, I.J., Clark, T.A., dan McFarlane, P.N., 1987, *Anaerobic digestion of wood ethanol stillage using upflow anaerobic sludge blanket reactor*, Biotech. and Bioeng., Vol. 30, pp. 896-908
- Callander, I.J. dan Barford J.P., 1983, *Recent advances in anaerobic digestion technology*, Proc. Biochem., Vol. 8, pp. 24-30
- Chaiprasert, P., Nophanata, A., Chayawattana, T., Wangnai, C., Rukruem, W., Kullavanijaya, P., Bhumiratana, S., dan Tanticharoen, M., 2003, *The biogas planhts high rate anaerobic fixed film technology for agroindustrial wastewater*, KMUTT, Thailand
- Cohen, T., 2004, *Waste to energy: a waste solutions success in Thailand*, Press Release, Waste solutions Ltd., New Zealand

- Djarwati, Iffatul Fauzi, dan Sukani, 1993. *Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka Secara Kimia Fisika*, Laporan Penelitian. Departemen Perindustrian RI, Semarang
- Fang, H.H.P. dan 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., Li, Y.Y. dan 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_biotecnologies.htm
- Ghangrekar, M.M. dkk, 1996, "Experience with UASB Reactor Start-up Under Different Condition." *Wat.Sci.Tech.* 34 (5-6): 421-428.
- Grotenhuis, J.T.C., Kissel, J.C., Plugge, C.M., Stams, A.J.M., dan Zehnder, A.J.B., 1991, *Role of substrate concentration in particle size distribution of methanogenic granular sludge in UASB reactors*, Wat. Res. Vol. 25(1), pp. 21-27
- Hien, P.G., Viet, N.T., Oanh, L.T.K. dan Lettinga, G., 1996, *Closed wastewater system in the tapioca industry in Vietnam*, Wat. Sci. Tech., vol. 39(5), pp. 89-96
- Jeganaesan, J. dan Annachatre, A., 2002, *State of wastewater management in agro-based starch industry in Thailand*, WWTM Newsletter, March
- Kwong, T.S. dan Fang, H.H.P., 1996, *Anaerobic digestion of cornstarch in wastewater in two upflow reactors*, J. Env. Eng., Vol. 122(1). pp. 9-17
- Kiely, 1997. *Environmental Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Kozarischczuk, M., 2002, *PhD Thesis: Anaerobic digestion of sugar cane molasses in fixed bed reactors with different immobilisation materials*, Technical University of Berlin
- Lettinga, G. dan Pol, L.H., 1986, *Advanced reactor design, operation and economy*, Wat. Sci. and Tech., Vol. 18(12), pp. 99-108
- Lettinga, G., van Velsen, A.F.M., Hobma, S.W., de Zeeuw, W. dan 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
- Lespito, S.S. dan Rintala, A.J., 1997, *Start-up and operation of laboratory scale thermophilic upflow anaerobic sludge blanket reactors treating vegetable processing wastewaters*, J. Chem. Tech. Biotech., Vol 68, pp. 331-339
- Ma, A.N., 2000, *Palm Oil Developments*, Vol. 30, pp. 1-10
- 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.
- Metcalf dan 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.
- Ngoc, P.M.H., 2006, *Integrated treatment of tapioca processing industrial wastewater: based on environmental biotechnology*, Wageningen University Dissertation No. 4019
- Plevin, R. dan Donnelly, D., 2004, *Converting waste to energy and profit*, Renewable Energy World, September-October, p: 74-81
- Pohland, F.G. dan Malina Jr., J.F., 1992, *Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal waste*, Lancaster, Technomic Pub Co

- Pol, L.H., de Zeeuw, W., Dolfing, J., dan Lettinga, G., 1982, *Cultivation of well adapted pelletised methanogenic sludge*, Biotech. Lett., Vol. 4(5), pp. 329-332
- Pol, L.H., Euler, H., Scroth, S., Wittur, T. dan Grosganz, D., 1998, *GTS secroral project “promotion of anaerobic technology for the treatment of municipal and industrial wastes and wastewaters*, Proc. 5th Lat. Am. Worksh-Sem. “Wastewater Anaerobic Treatment, Chile
- Quang, N.T., 1986. *Tapioca starch Wastewater Treatment by Aerobic Fluidized Bed Process. Master Thesis*, AIT, Bangkok : EV 86-4.
- Ragen, A.K., Hoi, W.S. dan Ramjeawon, T., 2001, *Pilot plant investigation of the treatment of synthetic sugar factory wastewater using the upflow anaerobic sludge blanket (UASB) process*, AMAS Food and Agricultural Research Council, Mauritius
- Salim, J., 2001, *Developing national capability to implement clean development mechanism (CDM) in ASEAN*, ASEAN CDM Ins. Program, UNIDO
- Schmidt, J.E. dan Ahring, K., 1996, *Granular sludge formation in UASB reactors*, Biotech. Bioeng., Vol. 49, pp. 229-246
- Singh, R.P., Kumar, S. dan 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
- Singh, R.P., Kumar, S. dan Ojha, C.S.P., 1999, *Nutrient requirement for UASB process: A Review*, Biochem. Eng. J., Vol. 3, pp. 35-54
- Sutikno, Triwiyono, Irawan, B. dan Damayanthi, A., 1999, *Pembentukan pellet biomassa dan penurunan kadar pati media cair sintetis berakadar pati 0,5-2,5% oleh Aspergillus sp.*, J. Man. Kua. Ling., Vol 1(1), pp. 57-68
- Uemura, S. dan Harada, H., 1995, *Inorganic composition and microbial characteristic of methanogenic granular sludge grown in a thermophilic UASB reactor*, Appl. Micr. and Biotech., Vol. 43, pp. 358-364
- van Lier, J.B., 2006, *Anaerobic Industrial Wastewater Treatment: Prospectives for closing water and resource cycles*, Wageningen University and Lettinga Associates Foundation
- Wah, W.P., Sulaiman, N.M., Nachiappan, M., dan Varadaraj, B., 2002, *Pre-treatment and membrane ultrafiltration using treated palm oil mill effluent (POME)*, Songklanakarin J. Sci. Tech, Vol. 24 (suppl), pp. 891-898
- White, C. 2000. *Sewage Treatment-Solid in Wastewater*. Biotank Ltd. <http://biotank.co.uk>
- Wiegant, M.W. dan de Man, A.W.A., 1980, *Granulation of biomass in thermophilic UASB reactors treating acidified wastewaters*, Biotech. and Bioeng., Vol. 28, pp. 718-727
- Wu, W.M., Hu, J., Gu, X., Zhao, H. dan 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
- Zinatizadeh, A.A.L., Mohamed, A.R., Abdullah, A.Z., Mashitah, M.D., Isa, M.H., dan Najafpour, G.D., 2006, *Process modelling and analysis of palm oil mill effluent treatment in an up-flow anaerobic sludge fixed film bioreactor using response surface methodology (RSM)*, J. Wat. Res., Vol. 07(005), pp.

JUSTIFIKASI PEMBIAYAAN PENELITIAN

1. HONORARIUM PENELITI

TAHUN II

Nama	Peran	Jam/ Minggu	Jumlah Minggu	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Joni Agustian, ST. MSc.	Ketua	14	32	12,500	5,600,000
Panca Nugrahini, ST. MT.	Anggota	10	32	10,000	3,200,000
Lilis Hermida, ST. PG. Dipl.	Anggota	10	32	10,000	3,200,000
SUBTOTAL					12,00,000

2. SEWA PERALATAN

TAHUN II

Nama Alat	Kegunaan	Jumlah	Waktu	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
pH meter	Ukur pH	1	6 bulan	100,000	600,000
Pompa peristaltik cadangan	Cadangan pompa umpan	1	6 bulan	100,000	600,000
Pengaduk magnetik	Homogenisasi umpan	1	6 bulan	100,000	600,000
SUBTOTAL					1,800,000

3. PERALATAN

TAHUN II

Nama Alat	Spesifikasi	Kegunaan	Jumlah (unit)	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Lem Plastik	Waterproof glue	Penguat sambungan	3	35,000	105,000
Klem Pipa	Tembaga	Pengatur aliran	6	75,000	450,000
SUBTOTAL					555,000

4. BAHAN

TAHUN II

Nama bahan	Kegunaan	Kebutuhan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
BAHAN AUS				
Selang Peristaltik	Pompa Peristaltik	25 m	150,000	3,750,000
Propipet	Pembuatan reagen, sampling	2 buah	350,000	700,000
SUBTOTAL				4,450,000
BAHAN KIMIA				
Kertas Whatman	Analisa VSS, Preparasi Sampel	3 Kotak	350,000	1,050,000
Kertas Saring 1,5um	Preparasi sampel	3 Kotak	350,000	1,050,000
K2Cr2O7	COD	2 kg	450,000	900,000
Asam Ortofosfat	COD	7.5 L	175,000	1,312,500
HgSO4	COD	100 g	7,500	750,000
Indikator metil merah	Total N	5 g	100,000	500,000
Indikator metil biru	Total N	5 g	100,000	500,000
Akuades	Pengencer	500 L	2,500	1,250,000
NaOH	Analisa N total	2 kg	450,000	900,000
HCl	Analisa N total	5 L	275,000	1,375,000
Na2S2O3	COD	1 kg	650,000	650,000
Gliserin	Analisa fosfat	2 L	200,000	400,000
NH4Cl	Analisa N	100 g	3,000	300,000
KNO3	Analisa N	100 g	3,000	300,000
Urea	Nutrisi	1 kg	20,000	20,000
NPK	Nutrisi	1 kg	30,000	30,000
H2SO4	Analisa COD, N	7.5 L	175,000	1,312,500
Larutan buffer pH4	Kalibrasi pH-meter	250 mL	1,750	437,500
Larutan buffer pH7	Kalibrasi pH-meter	250 mL	1,750	437,500
Alat Tulis				500,000
SUBTOTAL				13,975,000
TOTAL BIAYA				18,425,000

5. PERJALANAN

TAHUN II

Tujuan	Keperluan	Jumlah	Harga Satuan (Rp.)	Harga Total (Rp)
Lokal	Peizinan, Pembelian bahan	4 OH	100,000	400,000
Lokal	Ambil lumpur anaerobik	4 OH	100,000	400,000
Lokal	Ambil limbah cair industri	20 OH	100,000	2,000,000
Jakarta	Seminar terpusat	3 OH	500,000	1,500,000
SUBTOTAL				4,300,000

6. LAINNYA

TAHUN II

Jenis pengeluaran	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
Pertemuan koordinasi tim & persiapan penelitian	1 unit	250,000	250,000
Pertemuan rutin untuk kemajuan penelitian	2 unit	250,000	500,000
Presentasi hasil	1 unit	250,000	250,000

Perawatan Lab (6 bulan)	6 bulan	100,000	600,000
Foto kopi pustaka	500 lembar	150	75,000
Kertas	5 rim	30,000	150,000
Perbanyakkan laporan	500 lembar	150	75,000
Penjilidan Laporan	10 eks	5,000	50,000
Sewa internet untuk pencarian pustaka	100 jam	5,000	500,000
Tinta printer canon Pixma iP 1000	5 unit	30,000	150,000
Flash Disc	1 unit	250,000	250,000
Disket biasa	2 kotak	50,000	100,000
Servis Peralatan	1 unit	750,000	750,000
Suku cadang pompa dan lain-lain	1 unit	1,000,000	1,000,000
Seminar	1 unit	750,000	750,000
SUBTOTAL			5,450,000

7. REKAPITULASI

No.	Pengeluaran	TAHUN I	TAHUN II	TOTAL
1	Honorarium tim peneliti		12,000,000	
2	Peralatan		555,000	
3	Sewa Peralatan		1,800,000	
4	Material		18,425,000	
5	Perjalanan		4,300,000	
6	Lainnya		5,450,000	
TOTAL			42,530,000	

DESKRIPSI KERJA TIM PENELITI

Project Title : **Karakterisasi Proses Anaerobik Perombak Substrat Multi Karbon Dengan Teknologi Sel Terimobilisasi**

Schedule : April – Desember 2007 (TAHUN I)
April – November 2008 (TAHUN II)

No	Nama	Aktivitas	Keterangan
1	Joni Agustian	<ul style="list-style-type: none">- Penyiapan bioreaktor UASB dan peralatan sistem proses- Analisis hasil akhir- Penyiapan limbah cair industri dan inokulum- Penyiapan laporan akhir	Ketua Peneliti
2	Panca Nugrahini F.	<ul style="list-style-type: none">- Penyiapan limbah cair industri dan inokulum- Simulasi hasil dan scale-up- Laporan kemajuan penelitian	Anggota Peneliti 1
3	Lilis Hermida	<ul style="list-style-type: none">- Analisis mutu limbah cair dan hasil- Preservasi limbah cair- Laporan kemajuan penelitian	Anggota Peneliti II

JUSTIFIKASI PEMBIAZAAN PENELITIAN (TAHUN II PENELITIAN)

1. HONORARIUM PENELITI

Nama	Peran	Jam/ Minggu	Jumlah Minggu	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Joni Agustian, ST. MSc.	Ketua	14	32	12,500	5,600,000
Panca Nugrahini F.	Anggota	10	32	10,000	3,200,000
Lilis Hermida, ST. PG. Dipl.	Anggota	10	32	10,000	3,200,000
SUBTOTAL					12,00,000

2. SEWA PERALATAN

Nama Alat	Kegunaan	Jumlah	Waktu	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
pH meter	Ukur pH	1	6 bulan	100,000	600,000
Pompa peristaltik cadangan	Cadangan pompa umpam	1	6 bulan	100,000	600,000
Pengaduk magnetik	Homogenisasi umpam	1	6 bulan	100,000	600,000
SUBTOTAL					1,800,000

3. PERALATAN

Nama Alat	Spesifikasi	Kegunaan	Jumlah (unit)	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Lem Plastik	Waterproof glue	Penguat sambungan	3	35,000	105,000
Klem Pipa	Tembaga	Pengatur aliran	6	75,000	450,000
SUBTOTAL					555,000

4. BAHAN

Nama bahan	Kegunaan	Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga (Rp)

			(Rp)	
BAHAN AUS				
Selang Peristaltik	Pompa Peristaltik	25 m	150,000	3,750,000
Propipet	Pembuatan reagen, sampling	2 buah	350,000	700,000
		SUBTOTAL		4,450,000
BAHAN KIMIA				
Kertas Whatman	Analisa VSS, Preparasi Sampel	3 Kotak	350,000	1,050,000
Kertas Saring 1,5um	Preparasi sampel	3 Kotak	350,000	1,050,000
K2Cr2O7	COD	2 kg	450,000	900,000
Asam Ortofosfat	COD	7,5 L	175,000	1,312,500
HgSO4	COD	100 g	7,500	750,000
Indikator metil merah	Total N	5 g	100,000	500,000
Indikator metil biru	Total N	5 g	100,000	500,000
Akuades	Pengencer	500 L	2,500	1,250,000
NaOH	Analisa N total	2 kg	450,000	900,000
HCl	Analisa N total	5 L	275,000	1,375,000
Na2S2O3	COD	1 kg	650,000	650,000
Gliserin	Analisa fosfat	2 L	200,000	400,000
NH4Cl	Analisa N	100 g	3,000	300,000
KNO3	Analisa N	100 g	3,000	300,000
Urea	Nutrisi	1 kg	20,000	20,000
NPK	Nutrisi	1 kg	30,000	30,000
H2SO4	Analisa COD, N	7,5 L	175,000	1,312,500
Larutan buffer pH4	Kalibrasi pH-meter	250 mL	1,750	437,500
Larutan buffer pH7	Kalibrasi pH-meter	250 mL	1,750	437,500
Alat Tulis				500,000
		SUBTOTAL		13,975,000
T O T A L B I A Y A				18,425,000

5. PERJALANAN

Tujuan	Keperluan	Jumlah	Harga Satuan (Rp).	Harga Total (Rp)
Lokal	Peizinan, Pembelian bahan	4 OH	100,000	400,000
Lokal	Ambil lumpur anaerobik	4 OH	100,000	400,000
Lokal	Ambil limbah cair industri	20 OH	100,000	2,000,000
Jakarta	Seminar terpusat	3 OH	500,000	1,500,000
		SUBTOTAL		4,300,000

6. LAINNYA

Jenis pengeluaran	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
Pertemuan koordinasi tim & persiapan penelitian	1 unit	250,000	250,000
Pertemuan rutin untuk kemajuan penelitian	2 unit	250,000	500,000
Presentasi hasil	1 unit	250,000	250,000
Perawatan Lab (6 bulan)	6 bulan	100,000	600,000
Foto kopi pustaka	500 lembar	150	75,000
Kertas	5 rim	30,000	150,000
Perbanyakkan laporan	500 lembar	150	75,000
Penjilidan Laporan	10 eks	5,000	50,000

Sewa internet untuk pencarian pustaka	100 jam	5,000	500,000
Tinta printer canon Pixma iP 1000	5 unit	30,000	150,000
Flash Disc	1 unit	250,000	250,000
Disket biasa	2 kotak	50,000	100,000
Servis Peralatan	1 unit	750,000	750,000
Suku cadang pompa dan lain-lain	1 unit	1,000,000	1,000,000
Seminar	1 unit	750,000	750,000
SUBTOTAL			5,450,000