

Efisiensi Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Limbah Cair Pabrik Sagu dan Produksi Biogas Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Pada Kondisi *Start Up*

Azian Lestari , Adrianto Ahmad, Ida Zahrina

Laboratorium Rekayasa Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Adriantounri@gmail.com

Abstrak

Perkembangan industri pati sagu diikuti dengan peningkatan limbah cair sagu yang dihasilkan. Dalam memproduksi pati sagu dibutuhkan 20.000 liter air per ton sagu, yang mana 94% air tersebut akan menjadi limbah cair sagu. Limbah cair sagu ini memiliki nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) mencapai 100.000 mg/l. Kondisi ini akan berdampak negatif terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Salah satu cara menurunkan kandungan COD yaitu dengan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob. Kondisi *Start up* merupakan salah satu kondisi yang penting dalam pengolahan limbah cair menggunakan bioreaktor hibrid anaerob, karena pada kondisi ini terjadi pengembangbiakan mikroorganisme untuk mencapai tunak. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian terhadap kondisi *start up* bioreaktor hibrid anaerob dengan mengamati parameter COD dan biogas yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan laju alir 2 l/hari pada suhu ruang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD yang terbesar diperoleh 92% dengan pH operasi 6,2 serta produksi biogas sebesar 14982 ml/hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *start up* bioreaktor hibrid anaerob berlangsung selama 57 hari.

Kata kunci : Anaerobik, biogas, bioreaktor hibrid, COD, limbah cair sagu.

1 Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat produksi sagu yang cukup besar, sekitar 60% area di Indonesia merupakan area produksi sagu [Adam et al , 2010]. Dalam memproduksi tepung sagu menghasilkan limbah berupa limbah cair, limbah cair sagu yang dihasilkan dari proses pengolahan tepung sagu biasanya langsung di buang ke sungai ataupun anak sungai [Amos, 2010]. Jika limbah cair yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi di buang ke badan air penerima maka akan menurunkan kualitas perairan dan lingkungan. Karakteristik limbah cair sagu dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1 Karakteristik Limbah Cair Sagu

No	Parameters	nilai
1	pH	7,2
2	COD (mgL ⁻¹)	5750

[Sumber: Banu et al , 2006]

Karakteristik limbah cair sagu menunjukkan bahwa parameter lingkungan melebihi kadar maksimum baku mutu limbah cair yaitu untuk COD kadar maksimum yang diizinkan adalah 300 mg/L (KEP 51-MENLH/10/1995). Salah satu upaya untuk menurunkan kandungan bahan organik dalam limbah

cair sagu dilakukan secara anaerob yaitu dengan menggunakan bioreaktor hibrid anaerob yang merupakan pengolahan limbah cair yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menghilangkan atau mengurangi kadar COD di dalam limbah cair industri (Banu et al , 2006).

Banu et al (2006) melakukan penelitian dengan menggunakan reaktor hibrid anaerob bermedia *plastic rings* dengan limbah cair sagu artifisial di daerah Talimandu, India 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 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%. Pada penelitian ini akan digunakan reaktor hibrid anaerob bermedia batu dengan limbah cair sagu sebagai umpan. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu Menentukan waktu

optimum terhadap penyisihan COD dan produksi biogas.

2 Metodologi

Metoda penelitian yang diuraikan di bawah ini mencakup karakteristik limbah cair, bioreaktor hibrid anaerob dan tahapan penelitian yakni start-up bioreaktor.

2.1 Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair sagu yang digunakan pada penelitian ini berasal dari limbah cair pabrik sagu PT. Siberida Wahana Sejahtera (SWS) yang terletak di Desa Lalang Tanjung, Kecamatan Tebing Tinggi, Kabupaten Kepulauan Meranti dengan karakteristik seperti yang ditampilkan dalam Tabel 2.

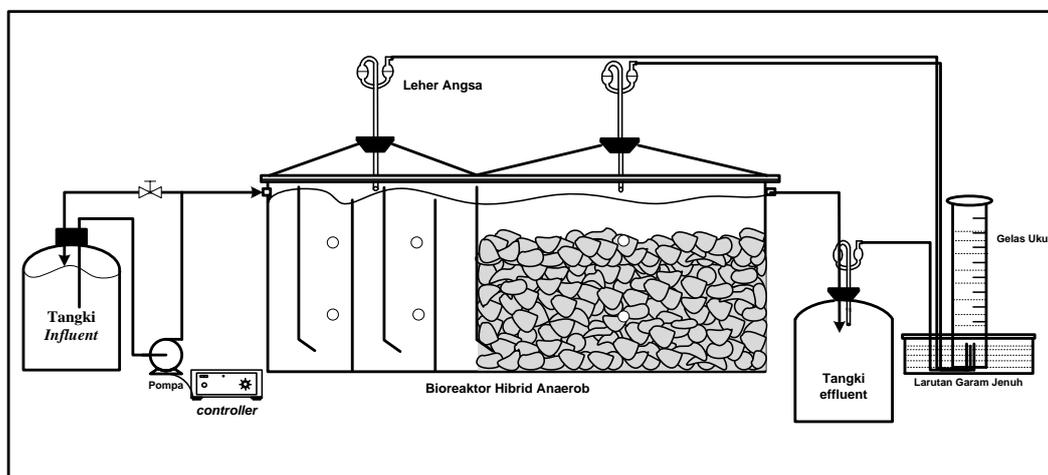
Tabel 2. Karakteristik Limbah Cair Sagu PT.SWS

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu *)
pH	-	5,6	6,0 - 9,0
COD	mg/L	50.000	350

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

2.2 Bioreaktor Hibrid Anaerob

Instalasi Pengolahan Limbah Cair pabrik sagu terdiri dari rangkaian bioreaktor dengan tangki umpan serta sebuah pompa *centrifugal* sebagai *controller* laju alir umpan. Gambar rangkaian bioreaktor hibrid anaerob dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Peralatan PengolahanLimbah Cair

Dari Gambar 1. dapat dilihat bahwa batu sebagai media melekat mikroorganisme dimasukkan ¾ tinggi cairan pada bagian yang tidak bersekat. Pada kolom tersuspensi dan melekat diisi kultur campuran yang telah diaklimatisasi sehingga volume reaktor efektif cairan 10 L. Kemudian diinjeksikan gas nitrogen ke dalam sistem yang bertujuan untuk mengusir oksigen yang terlarut dalam cairan. Sistem didiamkan selama 3 hari dengan tujuan untuk mengendapkan biomassa dari kultur campuran. Kemudian dialirkan limbah cair sagu dengan laju alir 2 L/hari dan diresirkulasi. Pola aliran mengikuti rezim aliran didalam bioreaktor hibrid anaerob. Aliran limbah cair sagu di dalam bioreaktor hibrid anaerob mengikuti sekat yang ada di dalam bioreaktor yaitu pola aliran naik dan turun yang kemudian aliran tersebut keluar menuju tangki *effluent*. Pada bagian atas bioreaktor hibrid anaerob terdapat pipa dan selang yang menuju ke tabung penampung biogas.

2.3 Start-up Bioreaktor Hibrid Anaerob

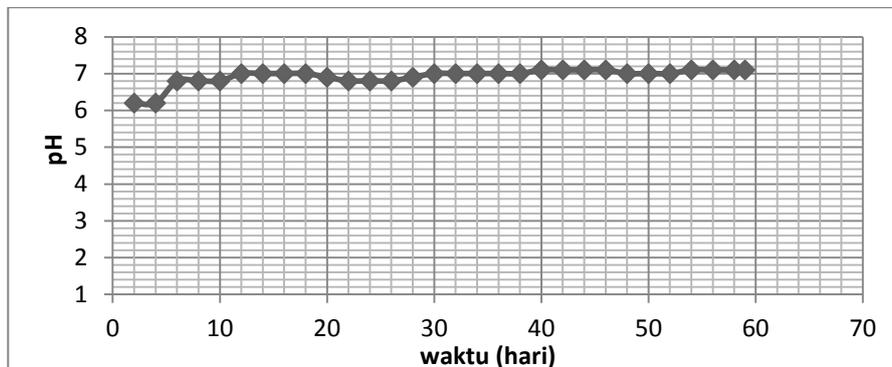
Selama proses *start-up* limbah cair pabrik sagu ditambahkan sebagai umpan sebanyak 2 L/hari. Kondisi operasi bioreaktor selama *start-up* dilakukan pada temperatur ruang. Sampel hasil keluaran bioreaktor diambil setiap 2 hari, dan dianalisa pH, temperatur dan kandungan COD. Proses *start-up* dihentikan jika tercapai keadaan tunak (*steady state*) dengan nilai COD dengan fluktuasi 10%.

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang dipaparkan antara lain : hubungan antara nilai COD, pH dan produksi biogas terhadap waktu *start-up*, serta melihat hubungan antara nilai COD beserta persentase efisiensi penyisihannya dan produksi biogas terhadap waktu *start-up* maupun pada kondisi tunak. Hasil ditampilkan dalam bentuk grafik.

3.1 Perubahan pH Selama Proses *Start-up*

Nilai pH yang diukur pada tahap *start-up* dapat dilihat pada Gambar 2.



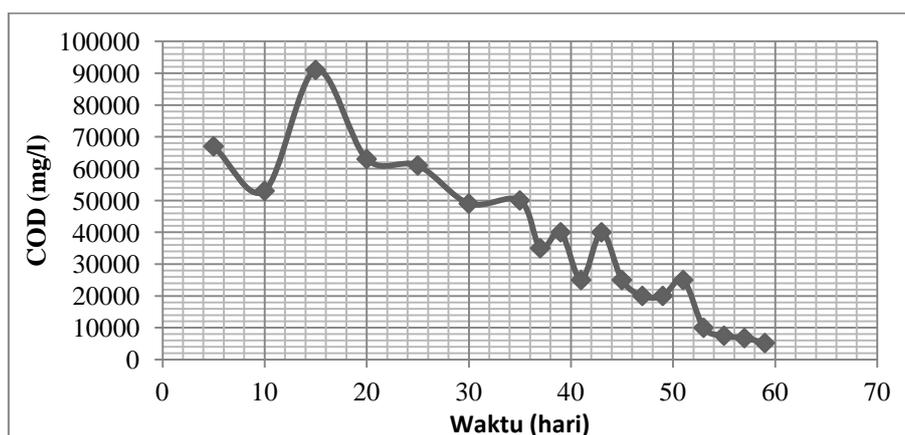
Gambar 2. Perubahan pH Selama *Start-up*

Gambar 2. menunjukkan bahwa nilai pH relatif konstan selama proses *start-up*, yaitu berkisar 6.2-7.1. Kestabilan pH ini disebabkan karena harga pH dalam bioreaktor dikendalikan oleh terbentuknya *buffer* bikarbonat hasil reaksi antara karbondioksida yang berasal dari biogas dengan unsur alkali yang terkandung di dalam limbah [Hamanongan, 2001]. Bakteri Metanogen merupakan bakteri yang sensitif terhadap perubahan pH. Bakteri metanogen dapat hidup pada rentang pH 6,4-7,8 [Firdha, 2010]. Rentang pH bioreaktor ini berada dalam rentang pH hidup bakteri metanogen. Selama proses *start-up* bioreaktor, fluktuasi nilai pH tidak dipengaruhi oleh peningkatan pembebanan organik [Ahmad, 1999]. Menurut Luturkey [2011] yang telah melakukan penelitian dengan

menggunakan bioreaktor yang sama dengan limbah cair industri minyak sawit dan media yang digunakan tandan kosong sawit didapatkan rentang pH pada kondisi *start-up* berkisar 6,3-8,1, sedangkan untuk media pelepah sawit didapatkan rentang pH pada kondisi *start-up* berkisar 6,4-7,5.

3.2 Nilai COD Pada Tahap *Start-up*

Hubungan antara perubahan nilai COD efluen pada bioreaktor hibrid anaerob terhadap waktu *start-up* ditampilkan dalam Gambar 3. Pada tahap *start-up* digunakan limbah cair sagu dari pabrik pengolahan sagu dengan kadar COD sebesar 60.000 mg/L setiap hari



Gambar 3. Hubungan Antara Waktu Terhadap Nilai COD Pada Tahap *Start-up* Bioreaktor

Gambar 3. dapat dilihat bahwa perubahan nilai COD cenderung menurun dan berfluktuasi. Menurut [Ahmad, 1992] bahwa selama masa *start-up* bioreaktor anaerob tetap dalam keadaan non tunak sampai *biofilm* berkembang secara penuh. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kondisi non tunak diperlihatkan dengan berfluktuasinya konsentrasi COD mulai dari

hari pertama hingga hari ke-53. Setelah hari ke-53 fluktuasi konsentrasi COD relatif kecil. Menurunnya nilai COD pada tahap *start-up* dari 67.000 mg/L menjadi 5.200 mg/L terjadi dalam waktu 2 bulan. Penurunan ini membuktikan bahwa pembentukan lapisan mikroorganisme pada media melekat berlangsung diikuti dengan degradasi senyawa-senyawa

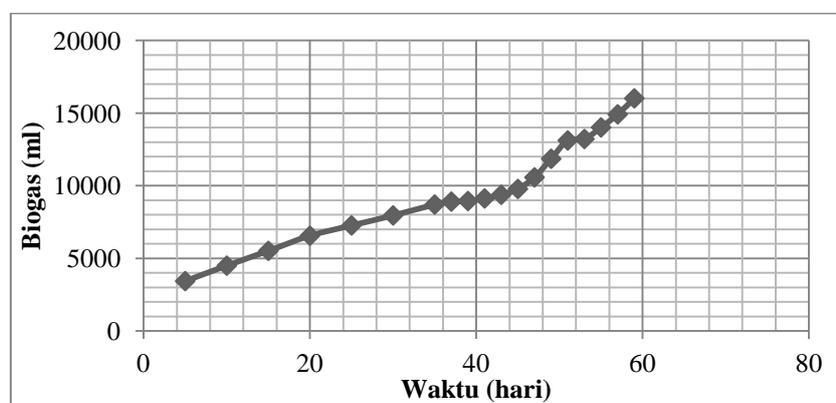
organik kompleks yang menghasilkan gas metan dan CO₂. Pendegradasian tersebut akan mempengaruhi terhadap nilai COD yang dihasilkan, berarti jika nilai COD rendah menunjukkan kandungan senyawa organik didalam air buangan akan rendah juga. Proses dapat dikatakan telah selesai apabila kondisi tunak (steady state) telah tercapai yakni nilai COD menunjukkan fluktuasi 10%. Pada hari ke-57, ke-58, dan ke-59, nilai COD menunjukkan fluktuasi 10 %, yaitu sebesar 7500 mg/L, 6750 mg/L dan 5200 mg/L. Bila ditinjau efisiensi penyisihan COD selama proses start-up akan didapatkan hasil sebesar 92,24 %.

Menurut Banu et al [2006] yang telah mengolah limbah cair sugu sintetis dengan media *plastic rings* didapatkan nilai COD terendah sebesar 2033 mg/L dengan lama waktu *start-up* yaitu 120 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. Firdha [2010] menggunakan media batu dan limbah cair sawit sebagai substrat didapatkan nilai COD terendah sebesar 8000 mg/L dengan lama waktu *start up* 10 hari.

3.3 Produksi Biogas Pada Tahap *Start-up*

Hubungan antara waktu start-up terhadap produksi biogas pada bioreaktor hibrid anaerob ditampilkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara Waktu Terhadap Produksi Biogas *Start-up* Bioreaktor

Dari Gambar 4. menunjukkan bahwa produksi biogas pada tahap start-up cenderung mengalami kenaikan yang berfluktuasi. Pada awal pengolahan (hari 1-30 *start-up*) relatif rendah karena degradasi senyawa organik berlangsung sedikit, ini digambarkan dengan rendahnya nilai COD. Hari ke-5 sampai ke-10, peningkatan biogas relatif konstan. Produksi biogas pada keadaan tunak dicapai sebesar 16015 mL/hari. Bila dibandingkan bioreaktor hibrid anaerob dengan bioreaktor unggun fluidisasi Ahmad, (1992) menghasilkan produksi biogas sebesar 20,9 L/hari dalam waktu 70 hari. Sementara dengan menggunakan bioreaktor berpenyekat anaerob Ahmad, (2001) menghasilkan produksi biogas sebesar 1800 mL/hari dalam waktu 47 hari. Jika dibandingkan dengan bioreaktor yang sama tetapi limbah dan medianya berbeda, Banu et al [2006] menggunakan media *plastic rings* dan limbah cair sugu sebagai substrat mendapatkan produksi biogas sebesar 30 L/hari dalam waktu 120 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 (CH₄ dan CO₂).

3.4 Kondisi Tunak

Proses start-up dianggap selesai setelah harga pH dan konsentrasi COD pada bioreaktor relatif stabil. Keadaan ini dapat dikatakan telah mencapai keadaan tunak (*steady state*). Berikut ini akan ditampilkan tabel nilai kondisi tunak pada pH, COD dan biogas.

Tabel 3. Nilai Kondisi Tunak pH, COD dan Biogas

No	Parameter	nilai rata-rata
1	pH	7,1
2	COD	6483,33
3	Biogas	14981,66

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa proses *start-up* berlangsung selama 59 hari. Pada kondisi ini, efisiensi penyisihan COD didapatkan sebesar 92% dengan rentang pH 6,2 hingga 7,1.

Menurut Bannu et al (2006) bioreaktor hibrid anaerob dengan limbah cair sagu memiliki waktu *start-up* selama 120 hari.

3.5 Studi Komparatif Efisiensi Penyisihan COD dalam Bioreaktor Hibrid Anaerob

Studi komparatif ditinjau dengan membandingkan hasil efisiensi penyisihan COD terbaik dan produksi biogas terbanyak dengan menggunakan bioreaktor yang sama yakni hibrid anaerob namun berbeda media melekat dalam mengolah limbah cair industrisawit [Atikalidia, 2010]. Perbandingan efisiensi penyisihan COD disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Efisiensi penyisihan COD Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Imobilisasi lainnya

Media Imobilisasi	Limbah	COD efluent (mg/l)	Efisiensi Penyisihan COD <i>start up</i> (%)	Pustaka
Batu	Molase	40.000	55	(Syafila et al, 2003)
Batu	Sawit	50.000	80	(Firdha, 2010)
Pelepah Sawit	Sawit	50.000	77	(Luturkey, 2011)
Tandan kosong sawit	Sawit	50.000	73,3	(Luturkey, 2011)
Cangkang sawit	Sawit	50.000	87	(Atikalidia, 2010)
<i>Plastic rings</i>	Sagu	5750	83	(Banu et al, 2006)
Batu	Sagu	60.000	92,24	(Penelitian ini, 2012)

Tabel 4. menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD tertinggi dengan bioreaktor hibrid anaerob mencapai 92 % pada WTH 5 hari (penelitian ini) yakni dengan menggunakan batu sebagai media imobilisasi. Pada penelitian ini dihasilkan efisiensi mencapai 92,24 % pada WTH 5 hari. Hal ini dikarenakan media batu yang merupakan bahan non organik bila dibandingkan pada penelitian lain, kemungkinan limbah cair sagu yang merupakan bahan organik dapat terurai dalam jangka waktu yang lama sehingga akan membentuk lapisan biofilm. Namun dengan hasil yang tidak berbeda secara signifikan, media cangkang membutuhkan waktu yang relatif lebih singkat dari media batu.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan yaitu :

- Selama proses *start-up* terbentuk biogas yang jumlahnya semakin meningkat.
- Mikroorganisme yang hidup dalam bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu adalah kelas mesofilik dengan rentang temperatur sistem selama *start-up* adalah 25- 29,5°C.
- Selama kondisi *start-up* terjadi penurunan COD yang menunjukkan bahwa mikroorganisme anaerobik dapat beraktifitas dengan baik dalam limbah cair sagu.
- pH operasi berkisar antara 6,8-7,1 dengan efisiensi COD yang didapatkan sebesar 92%.
- Kondisi tunak (*steady state*) tercapai setelah 59 hari.

Daftar Pustaka

- Adam, P. G. Arismoyo, dan I. M. I. Syihab, 2009, Pemanfaatan Limbah Produksi Sagu Sebagai Pupuk Kompos Herbisida, Program Kreatif Mahasiswa, <http://www.scribd.com/doc/49684951/Pemanfaatan-Limbah-Produksi-Sagu-Sebagai-Pupuk-Kompos-Herbisida.pdf>, 18 Oktober 2011.
- Ahmad, A, 1992, *kinerja Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap Dalam Mengolah Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit*, Laporan Magang Pusat Antar Universitas–Bioteknologi ITB, Bandung.
- Ahmad, A, T. Setiadi, M. Syafila dan O.B. Liang, 1999, Bioreaktor Berpenyakit Anaerob untuk Pengolahan Limbah Cair Industri yang Mengandung Minyak dan Lemak, *Prosiding Teknik Kimia*, Bioteknologi ITB, Bandung.
- Ahmad, A, 2009, *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair*, Diktat Kuliah, UR, Pekanbaru.
- Amos, 2010, Dampak Limbah Pengolahan Sagu Skala Kecil Terhadap Mutu Air Anak Sungai Di Kelurahan Cibuluh Bogor, *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, **20**(3), 45-50.
- Atikalidia, M, 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*, <http://www.resptitory.Upynk.ac.id>, 22 Februari 2012.
- Banu, J.R., S. Kaliappan, dan D. Beck, 2006, Treatment of Sago Wastewater Using Hybrid Anaerobic

- Reactor, *Water Qual. Res. J. Canada*, 2006
Volume 41, No. 1, 56–62
- 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.
- Hamonangan, S., 2001, Pengolahan Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit dengan Gabungan Proses Anaerob-Membran *Tesis Magister*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- 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.
- 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-II*, <http://www.scribd.com/doc/39177121/53>, 17 Oktober 2011.
- Syafila, M, A. H. Djadjadiningrat, dan M. Handajani, 2003. Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase, *Prosiding ITB Sains dan Teknik* Vol. 35 A No. 1 (2003) 19-31.