

KAJIAN AKLIMATISASI PROSES PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK SAGU SECARA ANAEROB

Agus Priyono, Adrianto Ahmad, Bahruddin

Laboratorium Rekayasa Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
JL. HR. Subrantas Km 12,5 Kampus Bina Widya Panam Pekanbaru 28293
adriantounri@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Kepulauan Meranti known as one of Indonesia's largest producer of sago. Kabupaten Kepulauan Meranti produce 202,181 tonnes of sago starch year. In producing sago will produce 40,000 liters of wastewater effluent sago/ton starch, so it can be expected to produce Kabupaten Kepulauan Meranti sago wastewater 22,156 kLiters/day. Sago effluent composition of organic matter (carbohydrates, proteins, fats and oils) are high, so that if discharged to water, it will cause water pollution and contaminate the surrounding environment. Efforts can be made to the anaerobic treatment. Anaerobic treatment is basically the help of bacteria. Bacteria need to do the breeding and acclimatization prior to anaerobic digestion. This study aims to determine the effect of acclimation time on biogas production, pH and biomass concentration (VSS), determine the optimal timing of the acclimatization process, and determine the kinetics of growth. The study was conducted using an anaerobic bioreactor with a volume of 20 L at room temperature operating conditions. The results showed that the acclimatization process lasts for 11 days, and the average pH of 6.8 to 7.2. Average biomass concentration during acclimatization of 0.212 g / L. Biogas produced an average of 1895 mL, while the specific growth rate (μ) of 0.0905. Thus, anaerobic bacteria used in wastewater treatment processes sago.

Keywords: *acclimatization, biogas, biomass concentration (VSS), pH, sago*

1. Pendahuluan

Kabupaten Kepulauan Meranti terkenal sebagai salah satu penghasil tepung sago terbesar di Indonesia. Kabupaten Kepulauan Meranti memproduksi 202.186 ton sago/tahun [Anonim, 2012] Dalam memproduksi sago menghasilkan 40.000 liter limbah cair sago/ton sago [Subha dan Muthukumar, 2011]. Jadi dapat diperkirakan Kabupaten Kepulauan Meranti menghasilkan limbah cair sago 22.156 kLiter/hari. Limbah cair sago yang dihasilkan memiliki kandungan bahan organik yang tinggi [Aww-Adeni *et al*, 2010]. Jika limbah cair yang memiliki kandungan bahan organik di buang ke permukaan air, maka akan menurunkan kualitas perairan dan mencemari lingkungan. Dampak yang akan terjadi yaitu

terjadinya pembusukan pada permukaan air dan pada selang waktu tertentu akan mengeras sehingga menutupi permukaan air, akibatnya menghambat kontak antara air dengan udara bebas sekitarnya yang akan mempengaruhi kehidupan biota di permukaan air tersebut. Terhambatnya kontak antara air dengan udara bebas akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air, akhirnya akan mempengaruhi terhadap kehidupan biota yang ada di dalam air tersebut [Ahmad, 1992]. Untuk itu, maka diperlukan pengolahan limbah cair sago, salah satunya caranya yaitu dengan pengolahan secara anaerob. Pengolahan secara anaerob pada dasarnya atas bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme

yang digunakan dapat berasal dari bakteri, jamur dan protozoa, tetapi mikroorganismenya yang sering berperan dalam proses pengolahan limbah cair yaitu bakteri [Ahmad, 2001]. Bakteri tidak dapat digunakan secara langsung tetapi terlebih dahulu dilakukan pembibitan bakteri dan aklimatisasi bakteri. Tujuan dari pembibitan yaitu untuk menumbuhkan bakteri yang akan digunakan dalam proses anaerob [Ahmad, 1992]. Sedangkan proses aklimatisasi bertujuan untuk mengembangbiakkan bakteri pada substrat tertentu. Bakteri yang telah mengalami proses aklimatisasi selanjutnya dapat digunakan untuk mengolah limbah cair yang mengandung bahan-bahan organik yang tinggi [Ahmad, 2004]. Makalah ini bertujuan untuk menentukan pengaruh waktu aklimatisasi terhadap produksi biogas, terhadap nilai pH dan konsentrasi biomasa (VSS), serta untuk menentukan waktu yang optimal untuk proses aklimatisasi dalam mengolah limbah cair sagu dan juga untuk menentukan kinetika pertumbuhan bakteri.

2. Metodologi

Metoda penelitian yang diuraikan dibawah ini mencakup Karakteristik limbah cair, sumber biomasa dan aklimatisasi, bioreaktor dan metoda analisa

Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah cair sagu yang berasal dari PT Siberida Wahana Sejahtera (SWS) yang terletak di Desa Lalang Tanjung, Kecamatan Tebing Tinggi, Kabupaten Kepulauan Meranti.

Tabel 1 Karakteristik Limbah Cair Sagu

Parameter	Nilai	Baku Mutu Lingkungan*)
pH	5,6	6-9
COD	50.000 mg/L	3000 mg/L
VSS	0,34 g/L	-

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

Sumber Biomasa Dan Aklimatisasi

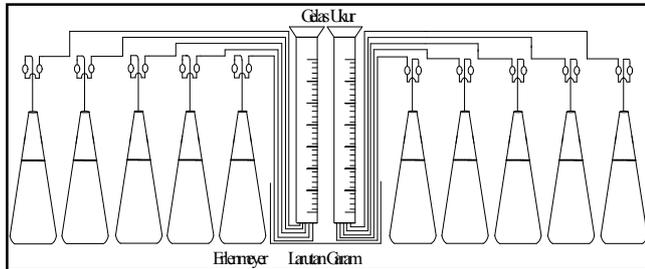
Biomasa yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari ekstrak kotoran sapi. Biomasa tersebut diberikan perlakuan pendahuluan sebagai berikut:

Lumpur biomasa yang berasal dari ekstrak kotoran sapi diambil sebanyak 1 L kemudian setiap hari ditambahkan 100 mL limbah cair sagu yang akan digunakan hingga volume 2 L. Proses ini berlangsung selama 10 hari, selanjutnya baru dimulai proses aklimatisasi. Proses aklimatisasi biomasa digunakan untuk biodegradasi kandungan bahan-bahan organik pada limbah cair sagu. Proses aklimatisasi dilakukan dengan metoda buang dan isi (*fill and draw*) yaitu mengambil sampel sebanyak 200 mL dan mengisi kembali dengan substrat yang baru (limbah cair sagu) sebanyak 200 mL setiap hari [Ahmad, 2004]. Proses aklimatisasi berlangsung pada kondisi operasi suhu ruang. Selama proses aklimatisasi, sampel sebanyak 200 mL dilakukan analisa terhadap nilai pH dan konsentrasi biomasa yang dinyatakan sebagai VSS (*Volatile Suspended Solid*), sedangkan produksi biogas yang terbentuk dilakukan dengan menghubungkan selang dari gelas ukur ke leher angsa. Analisa sampel ini dilakukan setiap harinya. Proses aklimatisasi dapat dihentikan jika laju produksi biogasnya berfluktuasi kurang lebih dari 10 %.

Bioreaktor

Aklimatisasi biomasa dilakukan pada bioreaktor anaerob. Bioreaktor anaerob ini menggunakan gelas erlenmeyer dengan volume 2 L yang ditutupi dengan penutup karet dan dilengkapi dengan leher angsa. Jumlah erlenmeyer yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 10 buah, dengan volume total 20 L. Leher angsa berfungsi sebagai tempat keluarnya biogas yang terbentuk [Ahmad, 2004]. Pada bioreaktor anaerob juga dipasang penutup karet, yang berfungsi untuk membuka dan menutup bioreaktor anaerob. Bioreaktor anaerob dibuka untuk mengambil sampel untuk dianalisis serta mengalirkan gas nitrogen yang berfungsi sebagai pengusir oksigen, setelah dialirkan gas nitrogen kemudian penutup karet ditutup

kembali agar oksigen tidak masuk ke bioreaktor. Bioreaktor anaerob digunakan pada tahap pembibitan dan aklimatisasi. Rangkaian alat bioreaktor anaerob sistem *batch* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bioreaktor Anaerob Sistem *Batch*

Metoda Analisis

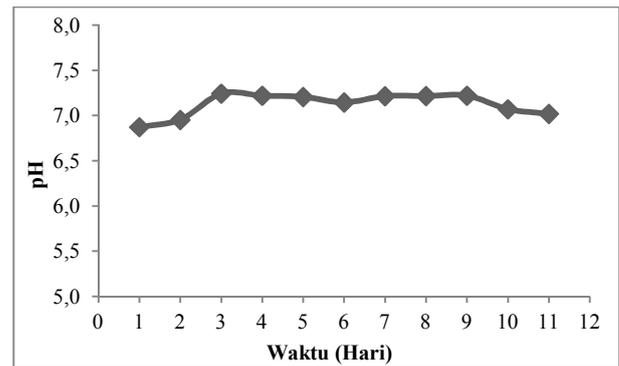
Konsentrasi biomasa yang dinyatakan sebagai VSS (*Volatile Suspended Solid*). Analisis VSS dilakukan sesuai dengan *Standard Methods* [APHA, AWWA dan WPCF, 1992]. Laju produksi biogas dapat dilihat dengan melihat berkurangnya larutan garam pada gelas ukur yang dihubungkan ke bioreaktor anaerob. Sementara pengukuran pH dapat menggunakan pH meter.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang dipaparkan antara lain perubahan pH selama proses aklimatisasi, konsentrasi biomasa, laju produksi biogas dan menentukan kinetika pertumbuhan bakteri

Perubahan pH Selama Proses Aklimatisasi

Pada tahap aklimatisasi perlu dilakukan pengamatan terhadap pH keluaran bioreaktor anaerob untuk mengetahui kondisi mikroorganisme di dalam bioreaktor anaerob [Febyanti, 2011]. Untuk melihat perubahan pH selama tahap aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Perubahan pH Selama Proses Aklimatisasi

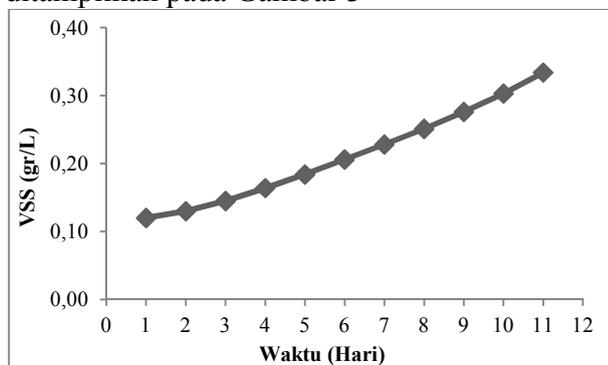
Gambar 2 dapat dilihat bahwa tingkat keasaman bahan yang baru masuk rata-rata berada pada rentang pH 6,87, kemudian semakin lama pH yang berada di dalam bioreaktor anaerob mengalami kenaikan menjadi 7,2. Tetapi secara keseluruhan, rentang pH selama proses aklimatisasi ini berada pada 6,8-7,2. Dari hasil pengukuran, mula-mula pH 6,8 kemudian naik hingga hari ketiga menjadi pH 7, hal ini disebabkan karena proses degradasi bahan organik (karbohidrat, protein, minyak-lemak) menjadi karbondioksida (CO₂) dan metana sehingga pH perlahan meningkat hingga 7 [Amaru, 2004]. Setelah pada hari ketiga, pH menjadi konstan pada nilai 7-7,2. Hal ini disebabkan karena ketika campuran (ekstrak kotoran sapi dan substrat) menjadi berkurang keasamannya maka fermentasi metanalah yang mengambil alih proses degradasi bahan organik, sehingga nilai pH meningkat di atas pH netral. Setelah itu campuran menjadi *buffer* mantap (*well buffered*), dimana bila dimasukkan substrat (limbah cair sagu) yang mengandung asam, maka pH campuran akan menjadi konstan [Amaru, 2004]. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian Ahmad [2004], juga didapatkan hasil pH berkisar 5,4-7,7, kemudian menyimpulkan dalam proses anaerobik pH untuk mikroorganisme anaerobik yang digunakan di dalam bioreaktor dapat berkembang dengan optimum pada pH antara 5,8-7,2

Secara keseluruhan rentang nilai pH selama proses aklimatisasi pada penelitian ini berkisar antara pH 6,87-7,2. Hal ini terjadi akibat asam-asam volatil yang terbentuk mampu disangga oleh unsur alkali yang

terdapat di dalam limbah cair. Unsur alkali yang terbentuk berasal dari hasil reaksi antara karbondioksida yang berasal dari biogas dengan air, sehingga membentuk asam karbonat. Selanjutnya asam karbonat berdisosiasi membentuk ion-ion hidrogen dan ion-ion bikarbonat. Ion-ion inilah yang bertindak sebagai buffer [Ahmad, 1992].

Konsentrasi Biomasa Selama Aklimatisasi

Proses aklimatisasi berlangsung selama 11 hari secara *batch*. Biomasa yang digunakan berasal dari ekstrak kotoran sapi. Profil konsentrasi biomasa yang berasal dari ekstrak kotoran sapi dalam substrat limbah cair sagu ditampilkan pada Gambar 3



Gambar 3 Hubungan Konsentrasi Biomasa Terhadap Waktu Aklimatisasi

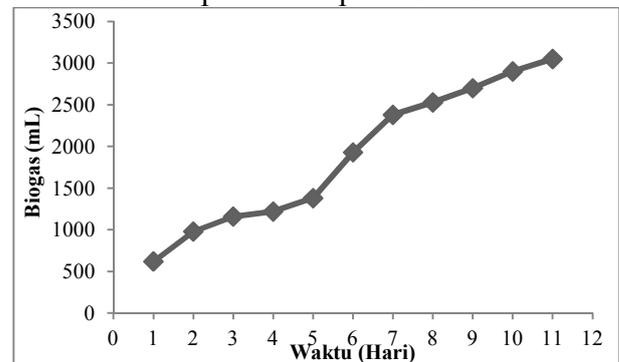
Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi biomasa pada masing-masing erlenmeyer mengalami kenaikan dari hari ke hari, dari hari pertama dengan konsentrasi biomasa rata-rata sebesar 0,12 gr/L, kemudian mengalami peningkatan hingga hari ke-11 dengan rata-rata konsentrasi biomasa sebesar 0,334 gr/L. Meningkatnya nilai konsentrasi biomasa disebabkan karena substrat (limbah cair sagu) 95 % diubah menjadi biogas, sedangkan 5 % diubah menjadi biomasa [Hamonangan, 2001], hal inilah yang menyebabkan konsentrasi biomasa meningkat dari hari ke hari. Hasil ini juga sesuai dengan penelitian Ahmad [2004] yang juga mengalami peningkatan konsentrasi biomasa, peningkatan konsentrasi biomasa menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri anaerob cukup baik, hal ini menggambarkan bahwa bakteri yang ada di dalam bioreaktor mampu bertahan hidup, selanjutnya

berkembang biak dan menyesuaikan diri dengan substratnya.

Nugrahini *et.al* [2008] menyatakan peningkatan konsentrasi biomasa berkaitan dengan banyaknya nutrisi yang ada dalam sistem, walaupun dengan menggunakan nutrisi alami tetapi konsentrasi biomasanya tinggi. Dengan peningkatan konsentrasi biomasa, pembebanan organik berarti meningkatkan pasokan makanan yang diperlukan oleh bakteri anaerob dengan sendirinya kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan bakteri dapat dipenuhi sehingga pertumbuhan bakteri anaerob lebih baik dibandingkan dengan pasokan makanan yang rendah.

Produksi Biogas Selama Aklimatisasi

Produksi biogas merupakan salah satu indikator yang menunjukkan apakah tahap aklimatisasi telah tercapai atau tidak. Pengukuran produksi biogas dilakukan untuk mengetahui perkembangan mikroorganisme selama proses aklimatisasi [Ahmad, 2004]. Untuk melihat produksi biogas selama proses aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Produksi Biogas Selama Waktu Aklimatisasi

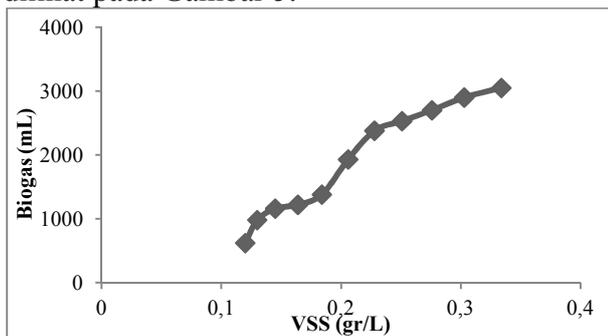
Gambar 4 menunjukkan bahwa produksi biogas selama proses aklimatisasi yang dilakukan pada suhu ruang meningkat setiap harinya, dari pertama sebesar 620 mL hingga hari ke-11 yaitu sebesar 3050 mL. Meningkatnya laju produksi biogas disebabkan karena substrat (limbah cair sagu) memiliki kandungan bahan organik, yang mana bahan organik itu 95 % diubah menjadi biogas [Hamonangan, 2001], hal inilah yang menyebabkan laju produksi biogas meningkat dari hari ke hari. Hasil ini sesuai dengan

Ahmad [2004] yang juga mengalami peningkatan produksi biogas, kemudian menyimpulkan bahwa, kenaikan produksi biogas menunjukkan proses biodegradasi limbah cair sagu yang memiliki kandungan substrat kompleks seperti karbohidrat, protein dan lemak berlangsung dengan baik sehingga menghasilkan gas metan (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂). Dengan demikian bahwa bakteri anaerob mampu berkembang-biak dengan baik

Mulyadi [2006] menyatakan bahwa produksi biogas menandakan aktivitas metabolisme, dengan demikian bentuk kurva produksi biogas menandai tingkat degradabilitas susbtrat. Suatu substrat yang mudah tebiodegradasi mempunyai periode awal (aklimatisasi) yang singkat, yang diikuti tahap pertumbuhan yang bersifat eksponensial. Aklimatisasi dihentikan pada hari ke-11 karena pada saat itu laju produksi biogas telah mencapai fluktuasi sebesar 10 %, jadi waktu optimum untuk proses aklimatisasi ini adalah selama 11 hari.

Pengaruh Konsentrasi Biomasa Terhadap Produksi Biogas

Profil hubungan antara konsentrasi biomasa terhadap produksi biogas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Hubungan Antara Produksi Biogas dengan Konsentrasi Biomasa

Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi biomasa (VSS) maka semakin besar produksi biogas. Hal ini disebabkan karena substrat yang mengandung bahan organik seperti karbohidrat, protein dan lemak, 95 % nya diubah menjadi biogas sedangkan 5 % nya diubah biomasa. Hal inilah yang menyebabkan produksi biogas berbanding lurus dengan konsentration biomasa

[Hamonangan, 2001]. Selain itu juga disebabkan karena bakteri untuk dapat bertahan hidup memerlukan nutrisi, nutrisi itu ada di dalam limbah cair sagu yang mengandung karbohidrat, protein dan lemak. Sehingga bakteri akan melakukan proses degradasi bahan organik itu untuk memperoleh nutrisi, untuk dapat hidup dan berkembang biak. Dalam proses degradasi itu, akan menghasilkan produk akhir yaitu biogas [Ahmad, 2004]. Hal inilah yang menyebabkan konsentrasi biomasa meningkat dengan meningkatnya produksi biogas.

Kinetika Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan bakteri dinyatakan dengan waktu yang diperlukan untuk menggandakan massa sel atau jumlah sel. Kinetika reaksi pertumbuhan bakteri diamati dengan menghitung laju pertumbuhan spesifik (μ). Laju pertumbuhan spesifik dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{dx}{dt} = \mu x \quad (1)$$

Setelah diintegrasikan maka,

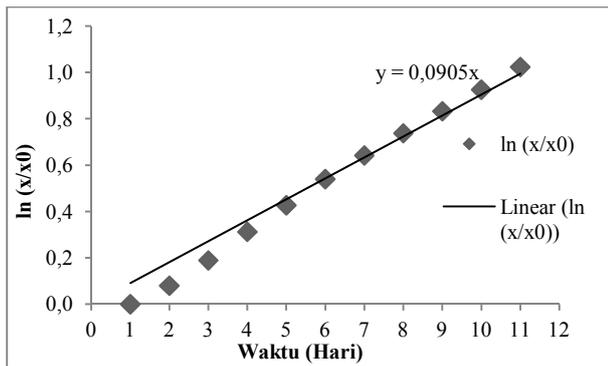
$$\ln x = \mu t + \ln x_0 \quad (2)$$

$$\ln \frac{x}{x_0} = \mu t \quad (3)$$

Dari persamaan (3) maka dapat dibuat kurva antara $\ln \frac{x}{x_0}$ dengan t, dari kurva tersebut dapat di cari nilai μ (laju pertumbuhan spesifik).

Tabel 2 Laju Pertumbuhan Bakteri Anaerob

Waktu (hari)	$\ln \frac{x}{x_0}$
1	0
2	0,080
3	0,189
4	0,312
5	0,427
6	0,540
7	0,642
8	0,738
9	0,833
10	0,926
11	1,024



Gambar 6. Hubungan Antara $\ln (x/x_0)$ dengan Waktu

Dari Gambar 6 didapatkan persamaan $y = 0,0905x$. Dari persamaan tersebut maka diketahui laju pertumbuhan spesifik bakteri yaitu sebesar 0,0905 (nilai slope). Nilai μ merupakan konstanta kecepatan pertumbuhan yang berlaku, yang digunakan untuk memperkirakan kecepatan pertumbuhan populasi dari masing-masing aktivitas sel individu dan dapat digunakan untuk mengetahui dinamika pertumbuhan secara teoritis. Sementara Pramono *et.al* [2003] mendapatkan nilai μ yaitu sebesar 0,1919 dengan meneliti laju pertumbuhan spesifik bakteri *Lactobacillus plantarum* FNCC 250. Perbedaan ini disebabkan karena nilai μ merupakan nilai yang spesifik dan sangat ditentukan oleh jenis mikroorganisme serta kondisi fermentasi [Supriasi, 2008].

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan dan saran yaitu :

Kesimpulan

1. Selama proses aklimatisasi, rentang pH berada di 6,8-7,2. Rentang pH ini masih memenuhi nilai pH yang harus dipertahankan dalam proses anaerob yaitu 6,6-7,6.
2. Selama proses aklimatisasi, konsentrasi biomasa yang dinyatakan sebagai VSS (*Volatile Suspended Solid*) tertinggi pada hari ke-11 yaitu sebesar 0,334 gr/L
3. Selama proses aklimatisasi, laju produksi biogas diperoleh nilai tertinggi yaitu pada hari ke-11 dengan nilai 3050 mL

4. Proses aklimatisasi berlangsung selama 11 hari, jadi waktu yang optimal selama proses aklimatisasi yaitu selama 11 hari.
5. Laju pertumbuhan spesifik bakteri (μ) diperoleh nilai 0,0905.

Saran

Adapun saran dari penelitian ini, supaya penelitian selanjutnya dapat lebih baik yaitu untuk melihat pengaruh jenis bakteri terhadap aklimatisasi dengan menggunakan limbah cair sagu, maka perlu dilakukan dengan menggunakan sumber bakteri dari yang lain, contohnya dengan menggunakan ekstrak kotoran kuda, atau ekstrak kotoran kambing.

Daftar Pustaka

- Ahmad, A., 1992, *Kinerja Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap dalam Mengolah Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit*, Laporan Magang Pusat Antar Universitas-Bioteknologi ITB, Bandung
- Ahmad, A., 2001, *Biodegradasi Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit Dalam Sistem Pembangkit Biogas Anaerob*, *Disertasi*, Program Pascasarjana ITB, Bandung.
- Ahmad, A., 2004, *Studi Komperatif Sumber dan Proses Aklimatisasi Bakteri Anaerob Pada Limbah Cair Yang Mengandung Karbohidrat, Protein dan Minyak-Lemak*, *Jurnal Sains dan Teknologi* Vol 3, No 1, Hal 1-10.
- Amaru, K., 2004, *Rancang Bangun dan Uji Kinerja Biodigester Plastik Polyethylene Skala Kecil (Studi Kasus Ds. Cidatar Kec. Cisarupan Kab. Garut)*, *Skripsi*, Program Studi Teknik Pertanian, UNPAD, Bandung.
- Anonim, 2012, *Meranti Dalam Angka, Luas Areal dan Produksi Perkebunan di Kepulauan Meranti*, <http://www.merantikab.go.id>. Diakses 11 Agustus 2012.
- APHA, AWWA dan WCPF., 1992, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, Washington DC.

- Awg-Adeni, D.S., S. Abd-Aziz., K. Bujang dan M.A. Hassan., 2010. Bioconversion of Sago Residue Into Value Added Products”, *African Journal of Biotechnology* Vol. 9 (14). Hal 2016-2021.
- Febyanti, A., 2010, Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Ananerob Bermedia Batu, *Skripsi*, Program Studi Teknik Kimia UNRI, Pekanbaru.
- Hamonangan, D.S.S., 2001. Pengolahan Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit Dengan Gabungan Proses Anaerob-Membran. *Tesis*. Jurusan Teknik Kimia Program Pascasarjana ITB, Bandung.
- Keputusan Menteri KLH. Nomor KEP 51/MENKLH/10/1995 tentang *Baku Mutu Limbah cair bagi Kegiatan Industri*.
- Mulyadi, A.H., 2006, Uji Potensi Proses Anaerobik Terhadap Air Limbah Industri Biodiesel, *Tesis*, Program Studi Teknik Kimia ITB, Bandung.
- Nugrahini, P., T.M.R. Habibi dan A.D. Safitri, 2008, Penentuan Parameter Kinetika Proses Anaerobik Campuran Limbah Cair Industri Menggunakan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008*, No III, Hal 521-532, Universitas Lampung.
- Pramono,B,Y., E. Harmayani, T.Utami, 2003, Kinetika Pertumbuhan *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus sp* Pada Media MRS Cair, *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol XIV, No.1.
- Subha, B dan M. Muthukumar., 2011, Optimization of Ozonation Process for the Reduction of Excess Sludge from Activated Sludge Process of Sago Industry Wastewater Using Centra; Composite Design, *Enviromental Engineering and Technology Laboratory*, Universitas Bharathiar, India.
- Supariasih, D., 2008, Penapisan Mikrob Pendegradasi 2-(3-Benzoilfenil)-Propionitril dan Karakteristik Nitrilase dari Isolat Terpilih, *Skripsi*, Program Studi Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB.