

Kajian Aklimatisasi Proses Pengolahan Limbah Cair Pabrik Sagu Secara Anaerob

Agus Priyono, Adrianto Ahmad, Bahrudin

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
adriantounri@gmail.com

Abstrak

Kabupaten Kepulauan Meranti terkenal sebagai salah satu penghasil tepung sagu terbesar di Indonesia. Kabupaten Kepulauan Meranti memproduksi 440.000 ton tepung sagu/tahun. Setiap 1 ton tepung sagu menghasilkan 200.000 liter limbah cair sagu/ton tepung sagu, sehingga diperkirakan akan menghasilkan limbah cair sagu 88.000.000 liter/tahun. Limbah cair sagu memiliki komposisi bahan organik yang tinggi, sehingga jika dibuang ke perairan maka akan menyebabkan pencemaran air dan menurunkan kualitas perairan. Upaya tersebut dapat dilakukan dengan penanganan secara anaerob. Pengolahan secara anaerob pada dasarnya atas bantuan bakteri. Bakteri perlu dilakukan proses pembibitan dan aklimatisasi sebelum dilakukan pengolahan anaerob. Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh waktu aklimatisasi terhadap produksi biogas, pH, konsentrasi biomassa (VSS), dan kinetika pertumbuhan. Penelitian dilakukan menggunakan bioreaktor anaerob dengan volume 20 L pada kondisi operasi suhu ruang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses aklimatisasi berlangsung selama 11 hari dan pH rata-rata 7,2. Konsentrasi biomassa rata-rata selama proses aklimatisasi sebesar 0,212 g/L. Biogas yang dihasilkan rata-rata sebesar 1895 mL/hari, sedangkan laju pertumbuhan spesifik (μ) sebesar 0,0931. Dengan demikian, bakteri anaerob dapat digunakan pada proses pengolahan limbah cair sagu.

Kata kunci : Aklimatisasi, Biogas, Konsentrasi biomassa (VSS), pH, Sagu

1 Pendahuluan

Kabupaten Kepulauan Meranti terkenal sebagai salah satu penghasil tepung sagu terbesar di Indonesia. Kabupaten Kepulauan Meranti memproduksi 440.000 ton tepung sagu/tahun [Riaupos, 2011]. Dalam memproduksi tepung sagu menghasilkan 40.000 liter limbah cair sagu/1ton sagu [Subha dan Muthukumar, 2011]. Dalam 1 ton sagu dapat menghasilkan sekitar 200 kg tepung sagu [Amos, 2010], jadi dapat diperkirakan Kabupaten Kepulauan Meranti menghasilkan limbah cair sagu 88.000.000 liter/tahun. Limbah cair sagu yang dihasilkan memiliki kandungan bahan organik yang tinggi [Awg-Adeni *et al*, 2010]. Jika limbah cair ini dibuang ke perairan maka akan terjadinya pembusukan pada permukaan air, akibatnya menghambat kontak antara air dengan udara bebas sekitarnya yang akan mempengaruhi kehidupan biota di perairan tersebut [Ahmad, 1992]. Untuk itu, maka diperlukan pengolahan limbah cair sagu, 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 mikroorganisme 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 biomassa (VSS), serta menentukan kinetika pertumbuhan bakteri.

2 Metodologi

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

2.1 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	4,5	6-9

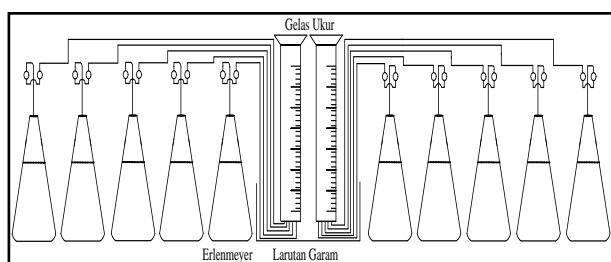
Sumber Biomassa Dan Aklimatisasi

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

Lumpur biomassa 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 biomassa 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 biomassa 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 %.

2.2 Bioreaktor

Aklimatisasi biomassa 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



Gambar 1. Bioreaktor Anaerob Sistem *Batch*

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.

2.3 Metoda Analisis

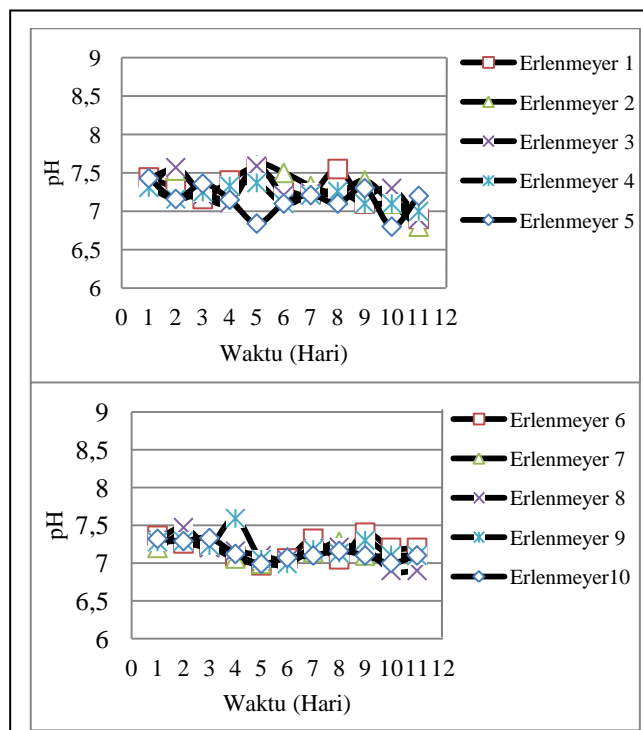
Konsentrasi biomassa yang dinyatakan sebagai VSS (*Volatile Suspended Solid*). Analisis VSS dilakukan sesuai dengan *Standard Methods* [APHA, AWWA dan WPCF, 1992]. Laju produksi biogas dapat dilihat dengan melihat berkurangnya larutan garam pada gelas ukur yang dihubungkan ke bioreaktor anaerob. Sementara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

3 Hasil dan Pembahasan

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

3.1 Perubahan pH Selama Proses Aklimatisasi

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



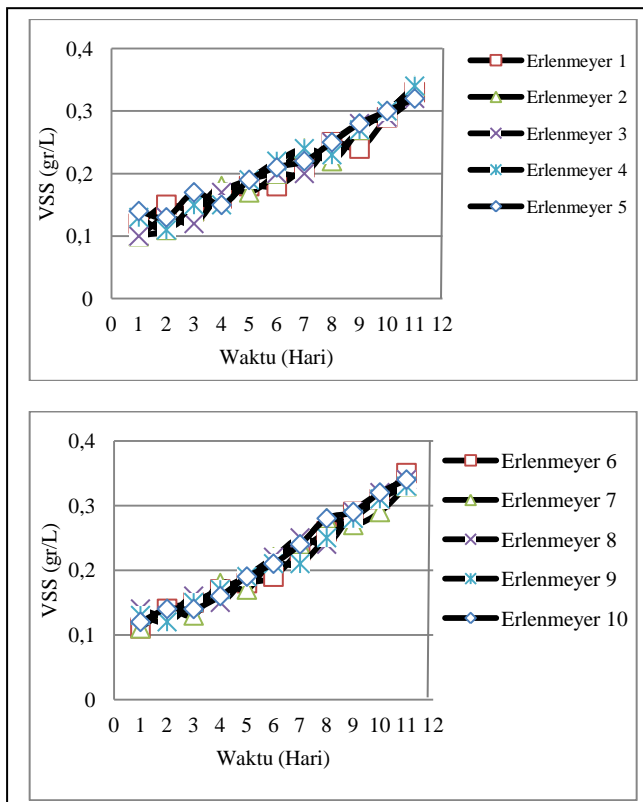
Gambar 2. Perubahan pH Selama Aklimatisasi

Gambar 2 dapat dilihat bahwa tingkat keasaman bahan yang baru masuk rata-rata berada pada rentang pH 7-7,6, kemudian semakin lama pH tetap berada pada nilai pH yang berkisar 7, hanya ada di beberapa

erlenmeyer yang mengalami penurunan hingga menjadi 6,8. Tetapi secara keseluruhan rentang nilai pH dari berkisar antara pH 6,8-7,6. Adapun penyebab terjadinya rentang pH berada di pH 6,8-7,6 disebabkan akibat asam-asam volatil yang terbentuk mampu disangga oleh unsur alkali yang terdapat di dalam limbah cair. Alkalinitas yang terbentuk pada limbah cair berasal dari CO₂ yang bersenyawa dengan air membentuk asam karbonat. Selanjutnya asam karbonat berdisosiasi membentuk ion-ion hidrogen dan ion-ion bikarbonat. Ion-ion inilah yang bertindak sebagai buffer [Grady dan Lim, 1980]. Rentang pH 6,8-7,6 masih memenuhi nilai pH yang harus dipertahankan dalam proses anaerob yaitu 6,6-7,6 [Saragih, 2010], tetapi bakteri metanogenik laju pertumbuhan optimumnya berlangsung pada rentang pH 6,8 hingga pH 7,2 [Ahmad, 2004].

3.2 Konsentrasi Biomassa Selama Aklimatisasi

Proses aklimatisasi berlangsung selama 11 hari secara *batch*. Biomassa yang digunakan berasal dari ekstrak kotoran sapi. Profil konsentrasi biomassa yang berasal dari ekstrak kotoran sapi dalam substrat limbah cair sugu ditampikan pada Gambar 3



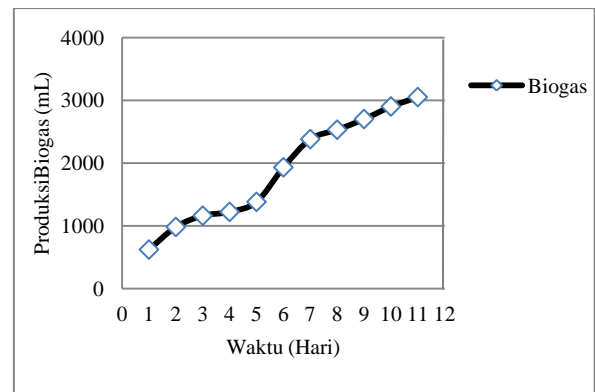
Gambar 3. Hubungan Konsentrasi Biomassa Terhadap Waktu Aklimatisasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi biomassa pada masing-masing erlenmeyer mengalami kenaikan dari hari ke hari, dari hari pertama dengan konsentrasi biomassa rata-rata sebesar 0,12 gr/L meningkat hingga hari ke-11 dengan rata-rata

konsentrasi sebesar 0,334 gr/L. Peningkatan ini 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 [Ahmad, 2004]. Konsentrasi biomassa diperoleh nilai maksimum pada hari ke-11 dengan rata-rata konsentrasi sebesar 0,334 gr/L, hal ini menunjukkan bahwa bakteri anaerob mampu bertahan dalam substrat yang diberikan. Artinya bakteri dapat bertahan di dalam bioreaktor anaerob relatif lebih banyak [Ahmad, 2004].

3.3 Produksi Biogas Selama Proses 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

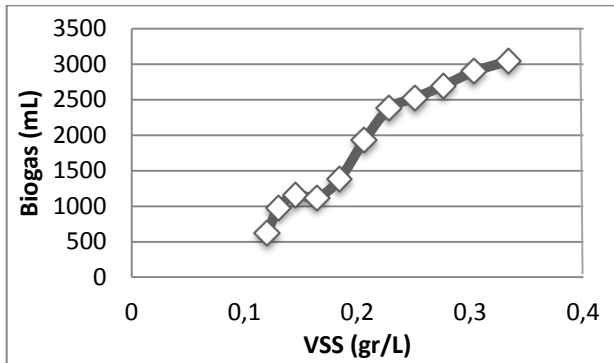


Gambar 4. Produksi Biogas Selama Waktu Aklimatisasi

Gambar 4 menunjukkan bahwa produksi biogas meningkat setiap harinya, dari pertama hingga hari ke-11, dan produksi biogas mencapai nilai maksimum pada hari ke-11 dengan produksi biogas sebesar 3050 mL. Hal ini menunjukkan bahwa proses biodegradasi limbah cair sugu 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 [Ahmad, 2004], artinya pada saat inilah waktu aklimatisasi optimal dan proses aklimatisasi dapat dihentikan. Selain itu sebagian biogas diproduksi pada 10-20 hari pertama, dan pada hari ke-10 adalah puncak dari jumlah relatif gas yang diproduksi [Fry, 1973], dan pada hasil penelitian ini produksi maksimum pada hari ke-11. Penelitian ini dihentikan pada hari ke-11, karena laju produksi biogas telah mencapai fluktuasi sebesar 10 %, jadi waktu optimum untuk proses aklimatisasi ini adalah selama 11 hari.

3.4 Pengaruh Konsentrasi Biomassa Terhadap Produksi Biogas

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



Gambar 5. Hubungan Antara Produksi Biogas dengan VSS

Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi biomassa (VSS) maka semakin besar produksi biogas. Hal ini menandakan bahwa bakteri yang ada di dalam bioreaktor anaerob semakin hari semakin bertambah, ditandai dengan jumlah produksi biogas yang meningkat, karena bakteri membutuhkan nutrisi untuk berkembang biak. Nutrisi yang dibutuhkan itu ada di dalam limbah cair sagu yang mengandung karbohidrat, protein dan lemak sehingga bakteri dapat berkembang-biak dengan baik. Bakteri yang telah berkembang-biak akan mengeluarkan gas metan dan karbon dioksida (CO₂), gas inilah yang disebut dengan biogas [Ahmad, 2004]

3.5 Kinetika Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan bakteri dinyatakan dengan waktu yang diperlukan untuk menggandakan massa sel atau jumlah sel. Pembuatan kurva pertumbuhan bakteri, bertujuan untuk mengetahui dimana bakteri tersebut mengalami pertumbuhan dengan cepat, yaitu fasa logaritmik, karena pada fasa logaritmik bakteri akan terus melakukan pembelahan sampai pasokan nutrisi yang essensial habis atau timbul produk toksik yang terakumulasi menjadi penghambat (*inhibitor*) bagi pertumbuhan bakteri dan pada fase inilah tercapainya laju pertumbuhan optimum [Ahmad, 2001]. Setelah diketahui nilai konsentrasi biomassa, maka dapat dicari nilai laju pertumbuhan spesifik bakteri (μ), untuk lebih jelas nilai laju pertumbuhan spesifik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Laju Pertumbuhan Bakteri Anaerob

Waktu (hari)	Laju Pertumbuhan
1	0
2	0,0400

3	0,0630
4	0,0781
5	0,0855
6	0,0901
7	0,0917
8	0,0923
9	0,0923
10	0,0926
11	0,0931

Laju pertumbuhan spesifik (μ) bakteri tertinggi terdapat pada hari ke-11 dengan nilai (μ) sebesar 0,0931 seperti yang terlihat pada Tabel 1. Pada hari ke-11 ini pertumbuhan bakteri berada pada fasa logaritmik, yaitu suatu kondisi dimana laju pertumbuhan bakteri sedang berada dalam puncak metabolismenya [Ahmad, 2001].

4 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Selama proses aklimatisasi, rentang pH berada di 6,8-7,6. Rentang pH ini masih memenuhi nilai pH yang harus dipertahankan dalam proses anaerob yaitu 6,6-7,6.
- Selama proses aklimatisasi, nilai konsentrasi biomassa (VSS) meningkat dari hari ke hari. Peningkatan ini 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
- Produksi biogas selama proses aklimatisasi meningkat dari hari ke hari. Hal ini menunjukkan bahwa proses biodegradasi limbah cair sagu yang memiliki substrat kompleks seperti karbohidrat, protein, lemak berlangsung dengan baik sehingga menghasilkan gas metan (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) yang disebut biogas. Dengan demikian bahwa bakteri anaerob mampu berkembang-biak..
- Proses aklimatisasi berlangsung selama 11 hari. Jadi, waktu yang optimal selama proses aklimatisasi yaitu selama 11 hari. Hal ini dikarenakan pada hari ke-11 laju produksi biogas telah berfluktuasi sebesar 10%.
- Laju pertumbuhan spesifik bakteri (μ) diperoleh nilai yang maksimum pada hari ke-11 yaitu sebesar 0,0931.

Daftar Pustaka

Ahmad, A., 1992. *Kinerja Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap dalam Mengolah Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit*. Pusat Antar Universitas – Bioteknologi, Institut Teknologi Bandung.

Ahmad, A., 2001, *Biodegradasi Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit dalam Sistem Bioreaktor*

- Anaerob, Disertasi-S3, Institut Teknologi 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.
- Amos., 2010, Dampak Limbah Pengolahan Sagu Skala Kecil Terhadap Mutu Air Anak Sungai Di Kelurahan Cibuluh Bogor, *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*
- APHA, AWWA dan WPCF., 1992, *Standard Method 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 2016-2012.
- Febiyanti, A., 2010, Pengaruh Laju Alir Umpan Terhadap Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Ananerob Bermedia Batu, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Fry, L.J., 1973. *Methane Digesters For Fuel Gas and Fertilizer With Complete Instructions For Two Working Models*. Eighth Printing, Santa Barbara, California.
- Grady, Jr, C.P.L dan H.C. Lim. 1980. *Biological Wastewater Treatment: Theory and Application*, 2nd ed, Maroel Dekker, New York.
- RiauPos, 2011, “Merangka Pulau Membangun Riau”, Edisi 18 Desember 2011.
- Saragih, B.R., 2010, Analisa Potensi Biogas Untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal Pada Gedung Komersil di Daerah Perkantoran (Studi Kasus Pada Mal Metropolitan Bekasi), Tesis, Universitas Indonesia.
- 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*, Uinversitas Bharathiar, India.