

**PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP VOLUME GAS BIO
DAN PENYISIHAN COD DENGAN METODE PERLAKUAN AWAL
MENGUNAKAN KALIHIDROKSIDA (KOH)
PADA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)**

Setiaty Pandia, Amin Trisnawati*

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155, Indonesia

*Email : amintrisnawati@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek metode pre-treatment alkali terhadap kualitas dan kuantitas gas bio. Penelitian dilakukan pada eceng gondok dan KOH yang difermentasi pada konsentrasi 6,7 M; 4 M; 3 M; dan 2,9 M, dicampur dengan air pada rasio eceng gondok : air 70:30 (v/v); 50:50 (v/v); 30:70 (v/v) dan 100:0 (v/v) dan starter kotoran sapi didalam digester anaerobik sistem *batch* kapasitas 2,5 L. Pada penelitian ini produksi gas bio tertinggi terjadi pada konsentrasi KOH 4 M dengan rasio perbandingan eceng gondok : air 50:50 (v/v) dihasilkan volume gas bio 449 mL. Pada penelitian ini persentase penyisihan COD sebesar 86,52% dan penyisihan TSS sebesar 92,42%. Sedangkan hasil minimum terjadi pada konsentrasi KOH 6,7 M dengan rasio perbandingan eceng gondok : air 70:30 (v/v) dihasilkan volume gas bio 132 mL dan persentase penyisihan COD sebesar 86,55% dan penyisihan TSS sebesar 88,65%.

Kata kunci: eceng gondok, perlakuan awal, digester anaerobik, starter, KOH

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of alkali pre-treatment methods on the quality and quantity of biogas. The study was done by fermentation process the water hyacinth with KOH in a concentration of 6,7 M; 4 M; 3 M; and 2,95 (M) with water in ratio hyacinth: water 70:30; 50:50; 30:70 and 100:0 (v/v) mixed with cow dung starter in an anaerobic digester batch system of 2,5 L capacity. In this study the highest biogas production at KOH concentration 4 M was in ratio of 50:50 (v/v) with yield biogas volume 449 mL and 86,52% of COD removal, 92,42% of TSS removal. The lowest biogas production at KOH concentration 6,7 M was in ratio of 70:30 (v/v) with yield biogas volume 132 mL and 86,55% of COD removal and 88,65% of TSS removal.

Keywords: *hyacinth, pre-treatment, anaerobic digesters, starter, KOH*

Pendahuluan

Gas bio dapat dibuat dari eceng gondok, tetapi kendala yang dihadapi dalam pengolahan eceng gondok menjadi gas bio adalah keberadaan lignin dan hemiselulosa serta struktur dari selulosa yang sulit untuk diuraikan. Oleh karena itu perlu dilakukan *pre-treatment* untuk menguraikan lignin dan hemiselulosa dalam lignoselulosa [1]. Agar bakteri metagenik mampu tumbuh dan berkembang dengan baik dilakukan penambahan *buffer* untuk meningkatkan alkalinitas yaitu menggunakan Na_2CO_3 [12]. Reaksi antara penyangga dengan asam adalah reaksi reversible (kesetimbangan) sehingga ketika terjadi kelebihan asam akan langsung dinetralkan oleh *buffer* (penyangga) [15]. Pre-treatment alkali dengan Kalium Hidroksida (KOH) bertujuan untuk memutuskan lignin pada eceng gondok dan mempercepat proses hidrolisis sehingga proses pembentukan gas metana lebih cepat, sedangkan penambahan natrium karbonat (Na_2CO_3) bertujuan untuk menetralkan pH (5-7) pada slurry eceng gondok dengan proses anaerobik terhadap gas bio

yang dihasilkan dan mempercepat proses pembentukan metana (CH_4) [4]. Untuk mengoptimalkannya dilakukan semacam pre-treatment yaitu dengan cara pengeringan dan memotong bahan baku lebih kecil [17].

Eceng gondok merupakan tanaman yang termasuk dalam *family Pontederiaceae*. Tanaman ini hidup di daerah tropis maupun subtropis. Eceng gondok digolongkan sebagai gulma perairan yang mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan dan berkembang biak secara cepat [20]. Pertumbuhan eceng gondok dapat mencapai 1,9% per hari dengan tinggi antara 0,3-0,5 m [21]. Perkembangbiakan dengan cara vegetatif dapat melipat ganda dalam waktu 7-10 hari [4]. Eceng gondok ini biasanya tumbuh di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, tempat penampungan air dan sungai [7]. Di beberapa negara eceng gondok yang berhasil digunakan untuk produksi gas bio, Hasil penelitian mereka menunjukkan besar potensi eceng gondok sebagai sumber energi non - konvensional. Mereka memperkirakan bahwa 1 ton eceng gondok kering

dapat menghasilkan 370.000 liter gas bio [19]. Pada prinsipnya biomassa gulma berpotensi sebagai bahan untuk pembuatan bioenergi, seperti gas bio. [21].

Teori

Gas bio merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjawab kebutuhan dan energi alternatif yang ramah lingkungan dapat digunakan sebagai sumber energi penggerak generator listrik dan dibakar seperti gas elpiji (LPG) [20]. Gas bio ini dihasilkan dari anaerobik, dimana anaerobik adalah proses biologi dimana mikroba mendegradasi bahan organik tanpa adanya oksigen bebas dengan mencampurkan limbah hewan seperti kotoran sapi [9]. Digesti anaerobik dapat dilakukan dengan satu tahap dan dua tahap. Pada proses satu tahap keempat proses yaitu, hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis dilakukan pada reaktor yang sama [10].

Hasil dari pembuatan gas bio dapat dijadikan sumber energi serta sisa keluaran berupa lumpur (*sludge*) dapat dijadikan pupuk siap pakai sehingga dapat menambah penghasilan [17]. Gas bio terdiri dari campuran metana CH₄ sekitar 55-70%, senyawa CO₂ sekitar 25-50%, kandungan H₂O sekitar 1-5%, kandungan H₂S sekitar 0-0,5%, kandungan N₂ sekitar 0-5% dan kandungan NH₃ sekitar 0-0,05% [11]. Pada tabel 1 dapat dilihat komposisi dari eceng gondok (berat kering) [23].

Tabel 1. Komposisi Berat Kering Eceng Gondok

Senyawa Kimia	Persentasi (%)
Selulosa	20
Hemiselulosa	48,7
Lignin	3,55
Silika	5,56
Abu	13,4
Total Solids (TS)	5,0-7,6
Moisture	95,5

Teknologi pretreatment yang dilakukan pada dasarnya adalah untuk mengubah atau memindahkan komposisi dan struktur yang menghalangi proses hidrolisis yang bertujuan untuk meningkatkan laju aktivitas enzimatis dan hasil fermentasi yang menghasilkan glukosa dari selulosa atau hemiselulosa [4]. Bakteri pembentuk metan sangat peka terhadap tingkat keasaman atau sangat sensitif dengan pH yang rendah. Penurunan pH ini akan mengganggu kinerja bakteri pembentuk metan yang belum

sempat berkembang. Adanya alkalinitas dalam reaktor dengan konsentrasi tertentu dapat menjadi penyangga (*Buffer*) agar pH tetap pada kondisi netral apabila terjadi penambahan asam, sehingga kesetimbangan proses secara keseluruhan dapat tetap berjalan dengan normal [16].

Lignin dalam hal ini dapat mempengaruhi waktu fermentasi dalam proses pembentukan gas bio oleh karena itu dilakukan proses treatment dengan Kalium Hidroksida (KOH) dan Asam Sulfat (H₂SO₄). Kalium Hidroksida dan Asam Sulfat membantu dalam proses hidrolisis dimana Kalium Hidroksida dan Asam Sulfat dapat membantu memecah lignin dan dinding sel serta melepaskan semua nutrisi dan bahan yang mudah dicerna dalam waktu yang singkat [15].

Metodologi Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah eceng gondok dan air, sebagai bahan pembantu digunakan glukosa dan mikroorganisme yang berasal dari kotoran sapi yang di campur dengan air dengan perbandingan 1: 1 yaitu 25% dari volume *digester* terisi (2 L). Alat utama yang digunakan ialah rangkaian alat *digester* anaerobik.

Prosedur Percobaan

Sampel (eceng gondok) dipotong 2 cm dan dikeringkan, ditreatment dengan KOH kemudian dinetralisasi dengan H₂SO₄ di campur air dalam rasio 70:30; 50:50; 30:70 dan 100:0 (w/w), kemudian ditambahkan *starter* (kotoran sapi) yang telah diaklimatisasi serta glukosa. Bahan isian dimasukkan ke dalam *digester* sebanyak 80% dari volume *digester* (2,5 L) yaitu sebanyak 2 L. Selanjutnya difermentasikan hingga tercapai keadaan tunak. Tangki *digester* dihubungkan ke alat pengukur volume biogas, dimana volume gas diukur setiap tiga hari.

Pada tahap ini percobaan dilakukan pada *digester* anaerobik sistem *batch*. Dengan pH dijaga konstan antara 6,2 – 8, dan pada temperatur lingkungan (25–30 °C). Diamati parameter-parameter percobaan yaitu pH, COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), dan volume biogas hingga tercapai keadaan tunak, kemudian dilakukan uji nyala. Periode pengamatan dilakukan setiap 3 hari.

Hasil Penelitian

Karakteristik Limbah Eceng Gondok

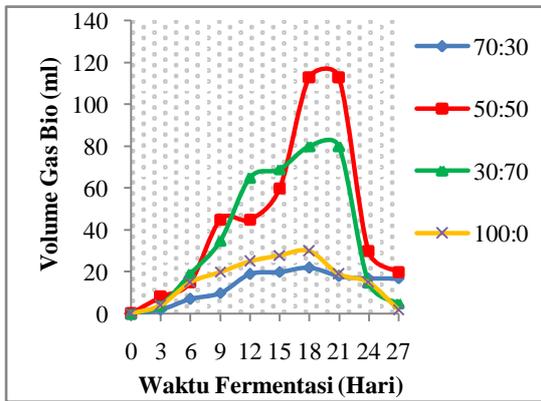
Nilai COD dan TSS yang besar menunjukkan tingginya kandungan zat organik di dalam limbah eceng gondok. Hal ini menunjukkan bahwa limbah ini bersifat mudah terbiodegradasi untuk

dijadikan sebagai salah satu bahan baku pembuatan gas bio [5]. Adapun karakteristik dari limbah eceng gondok sebelum fermentasi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Limbah Eceng Gondok Sebelum Fermentasi

Eceng gondok: Air	pH	TSS (mg/L)	COD (mg/L)
70 : 30	8	1850	15200
50 : 50	7,5	1980	17800
30 : 70	7	1600	14300
100 : 0	8	2100	21970

Pembahasan
Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Volume Gas Bio



Gambar 2. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Volume Gas Bio

Dari gambar 2 di atas, dapat dilihat bahwa volume gas bio yang dihasilkan cenderung mengalami kenaikan kemudian menurun untuk setiap sampel. Pada penelitian ini perolehan gas bio paling maksimum dihasilkan pada konsentrasi KOH 4 M pada hari ke-18 menghasilkan gas bio 113 mL. Sedangkan gas bio paling minimum diperoleh pada konsentrasi KOH 6,7 M pada hari ke -18 menghasilkan gas bio 22 mL. Menurut Teori, semakin besar nilai COD pada suatu sampel maka gas bio yang dihasilkan semakin besar [5], namun pada grafik dapat dilihat COD tertinggi yaitu 21970 mg/L tidak menghasilkan gas bio tertinggi.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan dengan variabel berubah yang digunakan adalah konsentrasi KOH pada proses *pre-treatment*, yaitu 0, 0,5, 1, 3, dan 5 wt%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi KOH pada proses *pre-treatment* yang paling optimum adalah konsentrasi 3 wt%, hal ini berarti bahwa bakteri memiliki titik jenuh pada konsentrasi

KOH tertentu yang mengakibatkan bakteri tidak dapat bekerja dengan baik [10,15].

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa produksi gas bio maksimum pada hari ke-18 hal ini menunjukkan bahwa bakteri metanogenik bekerja secara maksimum pada hari ke-18, pada awal proses fermentasi bakteri pembentuk biogas (metanogen) mengalami masa penyesuaian dengan keadaan di dalam bahan baku, kemudian mengalami pertumbuhan karena adanya pemanfaatan nutrisi hingga dihasilkan produksi biogas maksimal [22]. Pada tahap akhir, fermentasi memasuki fase stasioner dimana bakteri mulai kekurangan nutrisi dan mengalami kematian sehingga produksi biogas cenderung konstan dan mulai menurun [2].

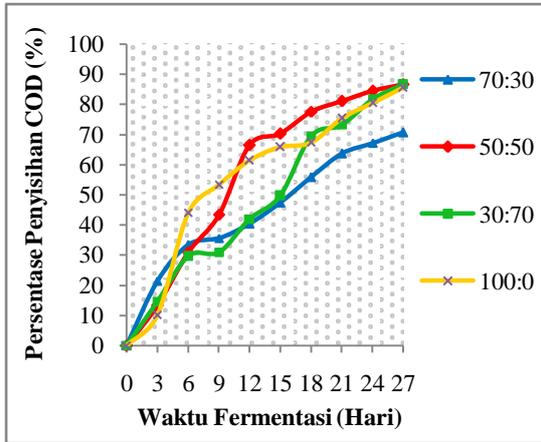
Efek metode *pre-treatment* pada eceng gondok adalah mempercepat proses hidrolisis pada proses fermentasi sehingga proses asidogenensis, asetogenensis dan metanogenesis dapat berlangsung lebih cepat, dalam penelitian kali ini proses pembentukan gas bio diamati dalam waktu 27 hari karena gas bio maksimum pada hari ke-18 dan menurun dalam waktu 27 hari tersebut. Dalam hal ini, pada konsentrasi KOH 4 M menghasilkan gas bio maksimum yaitu 573 mL dalam waktu 27 hari. Berdasarkan penelitian terdahulu, tanpa proses *pre-treatment* dibutuhkan waktu 31 hari [15]. Oleh karena itu, pembuatan gas bio dengan proses *pre-treatment* memiliki potensi yang cukup bagus dibandingkang tanpa *pre-treatment* dari segi waktu yang singkat sehingga biaya yang dikeluarkan lebih sedikit.

Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Persentase Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD)

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa persentase penyisihan COD pada beberapa konsentrasi KOH cenderung semakin meningkat. Persentase penyisihan COD maksimum terjadi pada perbandingan eceng gondok : air 50:50 (v/v) dengan konsentrasi KOH 5,39 M pada hari ke- 27 persentase penyisihan COD sebesar 86,55 %. Untuk persentase penyisihan COD paling minimum terjadi pada perbandingan eceng gondok : air 70:30 (v/v) pada konsentrasi KOH 6,7 M hari ke-27 dengan persentase penyisihan COD sebesar 70,63%.

Nilai COD yang besar menunjukkan tingginya kandungan zat organik di dalam limbah eceng gondok. Hal ini menunjukkan bahwa limbah ini bersifat mudah terbiodegradasi untuk dijadikan sebagai salah satu bahan baku pembuatan gas bio [5]. Hasil penelitian menunjukkan pada beberapa komposisi sampel persentase penyisihan COD terus meningkat setelah hari ke-18 dimana produksi biogas maksimum. Dapat dikatakan pada saat produksi

biogas optimum telah dicapai, bakteri tetap mampu mendegradasi senyawa organik meskipun volume biogas menurun. Oleh karena itu hasil penelitian yang diperoleh belum sesuai dengan teori yang ada.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Persentase Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Beberapa Sampel

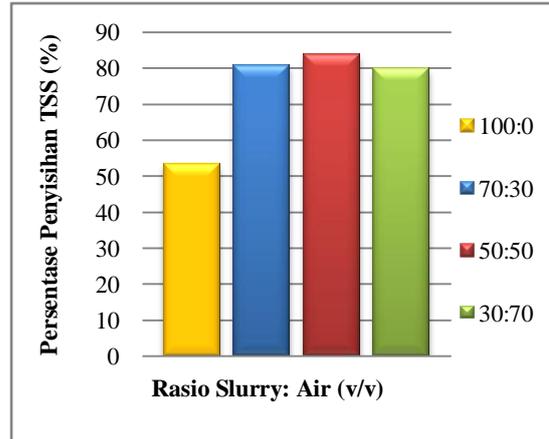
Menurut PERMENLH No. 5/ 2014 tentang baku mutu air limbah bahwa limbah belum layak dilepaskan ke perairan lepas, apabila nilai CODnya lebih besar dari pada 200 mg L^{-1} . Pada penelitian ini, nilai COD terendah dihasilkan pada konsentrasi KOH 4 M dimana jumlah COD sebesar 2045 mg L^{-1} dengan persentase penyisihan COD sebesar 86,55% pada hari ke-27.

Pengaruh Rasio Slurry dan Air Terhadap Persentase Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS)

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa air yang digunakan akan mempengaruhi persentase penyisihan TSS. Pada penelitian ini persentase penyisihan paling maksimum diperoleh pada rasio eceng gondok : air 50:50 (v/v) konsentrasi KOH 4 M (molaritas), persen penyisihan TSS terbesar terjadi pada hari ke-21 yaitu 83,79%. Untuk persentase penyisihan paling minimum diperoleh pada perbandingan eceng gondok : air 100:0 (v/v) konsentrasi KOH 3 M dimana persentase penyisihan TSS juga terjadi pada hari ke-21 yaitu sebesar 53,33%.

Menurunnya nilai TSS diakibatkan karena bahan-bahan organik mengalami degradasi pada saat proses pembentukan gas bio. Dimana molekul kompleks yang ada dipecah menjadi molekul yang lebih kecil [24]. Namun setelah hari ke-21 pada beberapa komposisi nilai persentase penyisihan TSS cenderung stabil dan menurun disertai dengan menurunnya produksi gas bio. Hal ini menunjukkan untuk beberapa komposisi pada saat fermentasi mencapai tahap akhir zat padat organik tidak mampu lagi didegradasi secara

maksimal oleh bakteri akibat jumlah nutrisi pada bahan baku yang semakin berkurang [50].



Gambar 4. Pengaruh Rasio Slurry dan Air Terhadap Persentase Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) Pada Beberapa Sampel

Menurut PERMENLH No. 5/ 2014 tentang baku mutu air limbah bahwa limbah belum layak dilepaskan ke perairan lepas, apabila nilai TSS nya lebih besar dari pada 100 mg L^{-1} . Pada penelitian ini, nilai TSS akhir belum ada yang memenuhi standard pada semua sampel.

Hasil Uji Nyala Gas Bio

Hasil uji nyala gas bio pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Uji Nyala Gas Bio Pada Beberapa Perbandingan Sampel

Eceng Gondok : Air	Hasil Uji Nyala
70:30	Api berwarna biru
50:50	Api berwarna biru
30:70	Api berwarna biru
100:0	Api berwarna biru

Metan (CH_4) adalah komponen penting dan utama dari gas bio karena memiliki kadar kalor yang cukup tinggi dan jika gas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerob ini dapat terbakar, berarti sedikitnya mengandung 45% metan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan nyala api membuktikan berwarna biru. Apabila gas yang dihasilkan adalah CO_2 , api yang dinyalakan akan mati [2].

Kesimpulan

Volume gas bio maksimum diperoleh pada rasio eceng gondok : air 50:50 (v/v) dengan konsentrasi KOH 4 M pada hari ke-18 dengan volume total gas bio sebesar 573 mL. Hasil analisa uji nyala gas bio pada setiap

variasi menunjukkan nyala api biru yang menandakan gas metan lebih dari 45%. Proses pre-treatment kalium hidroksida dan asam sulfat pada bahan baku mengakibatkan waktu fermentasi lebih cepat (27 hari) daripada tanpa proses pre-treatment (31 hari).

Daftar Pustaka

- [1] Abdillah, Jaka dan Gawa Reza Mahadin, Kalium Hidroksida (KOH) Sebagai Hidrolisa Basa dalam Pre-Treatment Produksi Biogas dengan Bahan Baku Eceng Gondok, Skripsi, Teknik Kimia, Institut Teknologi Semarang, 2011.
- [2] Agustina, Fransiska, Aplikasi Parameter Produk Biogas Dari Limbah Cair Industri Tapioka Dalam Bioreaktor Anaerobik 2 Tahap, Tesis Magister Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [3] Agustira, Riyanda, Kajian Beberapa Karakteristik Kimia Air, Fisika Air Dan Debit Sungai Pada Aliran Limbah Pabrik Tapioka Kawasan Das Padang Dan Sekitarnya, Skripsi, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2012.
- [4] Amriani, Feni, Praperlakuan Fisik dan Biologi Terhadap Biomassa Eceng Gondok untuk Produksi Enzim Selase oleh *Aspergillus Niger* dan *Trichoderma Reesei*. Tesis Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2013.
- [5] Clinton, Deril, Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Komposisi Limbah Kulit Buah Aren (*Arenga Pinnata*) Dengan Starter Kotoran Sapi Terhadap Biogas Yang Dihasilkan Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2015.
- [7] Dewi, Yusriani Septa, Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart) Dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik, Jurnal Teknik Lingkungan, ISSN 1441-318X, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta, 2012.
- [8] Erdi Suroso, Model Proses Industri Tapioka Ramah Lingkungan Berbasis Produksi Bersih (Studi Kasus di Provinsi Lampung), Tesis, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011.
- [9] Ehiri, R.C., I.I. Ikelle., C. Mgbabor dan C.C. Ogbuanu, Kinetics of Biogas Production from a Mixture of Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) and Fresh Rumen ISSN 0976-2612, Vol 2, Issue 1, pp 143-147, 2011.
- [20] Patil, Jagadish H, MALourdu Antony Raj., P. L. Mularidhala, S. M. Desai dan G. K. Mahadeva Raju, Kinetics of Anaerobic Residue, Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC) e-ISSN: 2278-5736, Volume 7, Issue 7 Ver. III, PP 36-39, 2014.
- [10] Fikri, Adrianto Ahmad dan Sri Rezeki Muria, Pengaruh Perbandingan Eceng Gondok dengan Air Terhadap Penyisihan COD dan Padatan pada Produksi Biohidrogen secara Fermentasi Anaerob Batch Tahap Asidogenesis, Skripsi, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, 2015.
- [11] Haryati, Tuti, *Biogas* : Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif, Balai Penelitian Ternak / PO Box 221, Bogor, 2006.
- [12] Herawati, Dewi Astuti dan Andang Arif Wibawa, Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch, Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 4, No. 1, 2010.
- [13] Khaerunnisa, Gita dan Ika Rahmawati, Pengaruh pH Dan Rasio COD:N Terhadap Produksi Biogas Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (*Vinasse*), Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol.2, No.3, Hal : 1-7, 2013.
- [14] Mulyani, Sasongko, dan Soetrisnanto. Pengaruh Preklorinasi Terhadap Proses Start Up Pengolahan Limbah Cair Tapioka Sistem Anaerobic Baffled Reactor, Tesis Magister Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang, Vol. 8, No. 1: 21- 27, April 2012.
- [15] Ofoefule, A. U, E. O. Uzodinma dan O. D. Onukwuli, Comparative study of the effect of different pretreatment methods on biogas yield from water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*), International Journal of Physical Sciences Vol. 4 (8), pp. 535-539, 2009.
- [16] Padang, Yesung Allo., Nurchayati dan Suhandi, Meningkatkan Kualitas Biogas Dengan Penambahan Gula Increasing Biogas Quality With Addition Sugar, Jurnal Teknik Rekayasa, Vol. 12 No. 1, 2011.
- [17] Padmono, Djoko, Kemampuan Alkalinitas Kapasitas Penyangga (Buffer Capacity) Dalam Sistem Anaerobik Fixed Bed, Jurnal Teknik Lingkungan, 8 (2): 119-12, 2007.
- [19] Patil, Jagadish H, MALourdu Antony Raj dan C C Gavimath, Study On Effect of Pretreatment Methods On Biomethanation of Water Hyacinth, International Journal of Advanced Biotechnology and Research Digestion of Water Hyacinth Using Poultry Litter as Inoculum, International Journal of Environmental Science and Development, Vol.2, No.2, 2012.

- [21] Sabour, M.F.Abdel, Water Hyacinth: Available And Renewable Resource, Electric Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry,ISSN :1579-4377, Vol.9 (11).Hal : 1746-1759, 2010.
- [22] Soemarno, Rancangan Teknologi Proses Pengolahan Tapioka dan Produk-Produknya,TesisMagister Teknik Kimia, Universitas Brawijaya, Malang, 2007.
- [23] Singh, Lalit K, Gaurav Chaudhary, C. B, Majumder dan Sanjoy Ghosh, Utilization of hemicellulosic fraction of lignocellulosic biomaterial for bioethanol production, Advances in Applied Science Research, 2 (5):508-521, 2011.
- [24] S. A Hauster,D. Dieter, Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction(Singapore: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA,Weinheim), 2008.