

Pengaruh Pengendalian Temperatur Fermentasi Pada Biometanasi Eceng Gondok

Purwinda Iriani^a, Eza Anansa Storia^b

^aJurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : purwinda.iriani@polban.ac.id

^bJurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail: ezatria@gmail.com

ABSTRAK

Pengembangan teknik pembuatan biogas dengan kombinasi bahan baku biomassa dan kotoran sapi masih terus dilakukan. Eceng gondok sebagai salah satu biomassa yang tumbuh secara liar di perairan terbuka, mulai dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Pada penelitian ini digunakan pra-perlakuan (*pre-treatment*) secara kimiawi pada bahan baku eceng gondok yang selanjutnya dilakukan tahap biometanasi dengan menambahkan kotoran sapi dengan perbandingan 3:1. Pengujian proses biometanasi dikendalikan di temperatur 30°C dan 35°C. Sebagai pembanding, digunakan kontrol yaitu biometanasi eceng gondok yang temperaturnya menggunakan temperatur lingkungan sekitar (tidak dikendalikan). Kondisi pH awal bahan biometanasi adalah 7 dan difermentasi selama 27 hari. Hasil yang diperoleh dari pengamatan pada variabel temperatur adalah total volume biogas tertinggi ada pada temperatur 35 °C sebanyak 41.370 mL, sedangkan pada temperatur 30 °C sebanyak 20.740 mL dan temperatur lingkungan (kontrol) ebanyak 35.680 mL. Kandungan gas metan terbesar pada temperatur 35°C sebesar 78,82%, sedangkan pada temperatur 30 °C dan kontrol berturut-turut adalah 71,85% dan 41,37%. Potensi energi yang didapat pada digester kontrol, 30 °C dan 35 °C berturut-turut adalah 114,60 kJ, 149,46 kJ dan 229,54 kJ, dengan pembentukan gas metan di setiap perlakuan terjadi setelah hari ke-18 fermentasi.

Kata Kunci

Biometanasi,,eceng gondok,temperatur fermentasi,metan

1. PENDAHULUAN

Penggunaan sumber-sumber energi alternatif seperti air, matahari, angin dan biomassa sudah mulai diperhatikan. Pemanfaatan biomassa dari limbah organik dapat melalui proses biometanasi yang menghasilkan produk berupa biogas. Biometanasi merupakan proses pengubahan bahan organik dalam limbah menjadi biometana atau gas metan. Teknologi biometanasi sangat berguna bagi masyarakat karena teknologi ini relatif mudah diaplikasikan, murah dan ramah lingkungan. Dengan latar belakang negara Indonesia yang agraris dan sebagian besar masyarakat Indonesia merupakan peternak maka teknologi ini dapat dengan mudah diterapkan sehingga dapat menekan kebutuhan akan bahan bakar fosil. Selain itu, teknologi biogas memberikan peluang bagi masyarakat pedesaan yang memiliki usaha peternakan baik itu perseorangan maupun kelompok, untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari secara mandiri.

Pada saat ini, biometanasi mulai dikembangkan dengan tidak hanya menggunakan kotoran hewan ruminansia, namun juga dengan campuran penggunaan biomassa sebagai bahan baku. Biomassa yang umum digunakan adalah limbah hasil perkebunan atau pertanian yang umumnya berupa hasil sisa produksi, seperti limbah kelapa sawit, tongkol jagung, ampas tebu, dan lain-lain[5]. Selain itu, biomassa dari tanaman yang tumbuh dalam populasi

tinggi dan hidup sebagai gulma juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Salah satu biomassa yang mudah didapat dan memiliki kelimpahan cukup tinggi adalah eceng gondok. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air mengapung yang hidup di perairan air tawar terbuka dan memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan biogas [6].

Pada sebelumnya, dilakukan optimasi mengenai pra-perlakuan bahan baku berupa eceng gondok yang menghasilkan bentuk pra-perlakuan secara kimiawi dan menghasilkan produksi biogas tertinggi [4]. Terkait hasil penelitian tersebut, maka dilakukan penelitian lanjutan yang berhubungan dengan peningkatan produksi biogas dengan variasi parameter (kondisi fisik lingkungan) yang berbeda.

Hasil dari biometanasi eceng gondok yang dilakukan menggunakan sistem *plugflow* dengan digester 30 L di suhu ruang menunjukkan bahwa gas metan terbentuk setelah 20 hari fermentasi dengan total biogas yang dihasilkan 74,3 L [10]. Pada penelitian biometanasi dengan menggunakan eceng gondok di skala laboratorium (250 mL) yang menghasilkan komposisi metan hingga 69% [7]. Pada penelitian ini dilakukan biometanasi eceng gondok menggunakan pra-perlakuan kimiawi di rentang proses biometanasi yaitu 30°C - 35°C [8], untuk mengetahui waktu pembentukan biogas, profil volume dan komposisi biogas.

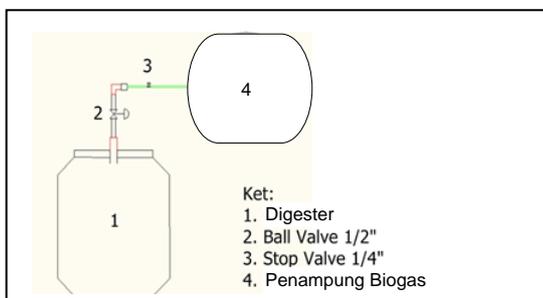
Penelitian biometanasi eceng gondok dengan pengendalian temperatur dilakukan pada skala pilot (digester 19 L).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan.

2.1 Preparasi Alat dan Bahan

Pada tahap ini dilakukan preparasi alat dan bahan, meliputi desain dan pembuatan digester plastik volume 19 L (galon air mineral) dengan tipe *batch feeding* (pemasukan bahan hanya satu kali). Digester dihubungkan melalui pipa PVC 1/2” yang kemudian disambungkan lagi dengan ball valve 1/2 dan sambungan pipa kembali. Pipa PVC kemudian disambungkan ke kuningan 1/2”x 1/4 melalui soket drat dalam. Pemasangan selang rajut 5/16” ke dalam nipple kuningan 1/4” dilanjutkan dengan pengencangannya menggunakan klem. Pada selang rajut tersebut dipasang stop kran 1/4 dan kembali disambung dengan selang rajut. Penampungan biogas menggunakan plastik HDPE yang dihubungkan ke dalam selang rajut sambungan dari stop kran yang sebelumnya dikencangkan dengan klem dan selotip (Gambar 1). Pengujian kebocoran dilakukan dengan menggunakan perendaman ke dalam air.



Gambar 1: Desain Digester Biogas

Pengaturan temperatur fermentasi dikondisikan pada 30°C dan 35°C dengan menggunakan inkubator digester. Inkubator dibuat dari bahan kayu triplek berukuran 60 cm x 100 cm x 60 cm (panjang, lebar, dan tinggi). Sumber panas pada inkubator diperoleh dari dua lampu pijar 60 Watt yang dipasang di dalam inkubator. *Termocouple* dimasukkan ke dalam digester dan tersambung pada sistem penyalan lampu dikendalikan oleh mikrokontroler *ATmega8* yang akan memerintahkan *relay* untuk menghidupkan atau mematikan lampu. Sensor yang digunakan yaitu sensor IC LM35 yang tegangan outputnya sebanding linier dengan input temperatur yang diterimanya

dan memiliki linieritas + 10 mV/°C.. Lapisan inkubator bagian dalam diberi lapisan aluminium foil dan *glasswool* untuk mempertahankan panas.

Eceng gondok diberi pra-perlakuan kimiawi dengan perendaman larutan NaOH 3% selama 48 jam di suhu 50°C. Bahan baku eceng gondok terlebih dahulu dihancurkan dengan menggunakan air dengan perbandingan eceng gondok dan air sebesar 1:3. Kemudian campuran eceng gondok dan air (EA) ditambahkan kotoran sapi (KS) dengan perbandingan EA dan KS sebesar 3 : 1. Campuran dimasukkan ke dalam digester dengan menyisakan 20% ruang kosong pada digester. Biometanasi dengan pengaturan temperatur akan dimasukkan ke dalam inkubator berlampu, sedangkan sebagai kontrol digunakan digester yang berada pada inkubator tanpa lampu pijar. Proses biometanasi dilakukan selama 27 hari.

2.2 Analisis Komposisi Kimia Bahan Baku

Komposisi kimia senyawa organik pada bahan baku akan mempengaruhi proses fermentasi yang berlangsung. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan tahap analisis komposisi kimia terhadap eceng gondok dan kotoran sapi. Analisis kimia tersebut meliputi kadar air, kadar abu, C-organik (karbon) dan Nitrogen. Pengujian kadar Nitrogen dilakukan dengan metode Khjedhal.

2.3 Pengambilan dan Analisis Data

Data hasil fermentasi diambil di periode 3-7 hari sekali pada setiap digester. Parameter yang diukur meliputi temperatur biometanasi, volume, dan komposisi biogas. Pada analisis komposisi gas, sampel akan dibawa dan diukur menggunakan *gas chromatography* (GC). Gas yang akan dideteksi oleh alat tersebut adalah CH₄, CO₂, H₂, dan N₂. Potensi energi diperoleh dari hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Energi biogas} = \text{volume gas} \times \text{nilai kalor CH}_4 \quad (1)$$

$$\text{Nilai kalor CH}_4 = \text{LHV CH}_4 \times \rho \text{ CH}_4 \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Kimiawi Bahan Baku Pembuatan Biogas

Bahan baku yang dipakai untuk pembuatan biogas ini adalah eceng gondok dan *sludge* kotoran sapi. Komposisi campuran bahan diperoleh dari karakteristik komposisi kimiawi kedua bahan diperlihatkan pada Tabel.1.

Tabel: Karakteristik Eceng Gondok

Parameter	Satuan	Hasil Analisa
C-Organik	%BK	50.88
NTK	%BK	0.78

Kadar Air	%BB	90.37
Berat Jenis	gr/cm ³	0.47
Kadar Abu	%BK	8.03

Catatan : BK = Berat Kering BB = Berat Basah

Kadar air yang dimiliki eceng gondok sangat besar yakni hingga 90,377%, dengan kadar C-Organik 50,88 %, dan kandungan Nitrogen 0,78%. Berat jenis eceng gondok adalah 0,47 gr/cm³ dengan kadar abu 8,03%.

Karakteristik kimia dari *sludge* kotoran sapi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2: Karakteristik Sludge Kotoran Sapi

Parameter	Satuan	Hasil Analisa
C-Organik	%BK	59.34
NTK	%BK	1.28
Kadar Air	%BB	83.79
Berat Jenis	gr/cm ³	1.03
Kadar Abu	%BK	12.84

Catatan : BK = Berat Kering BB = Berat Basah

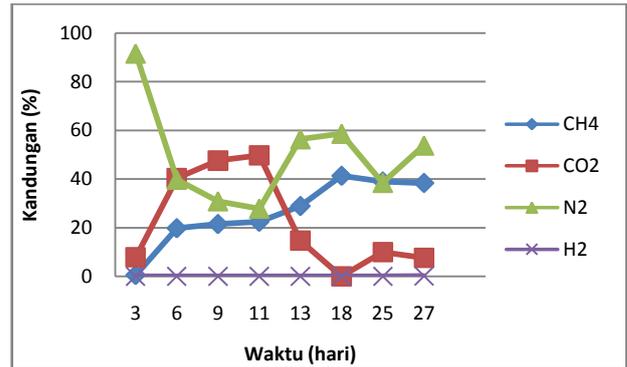
Pada Tabel 2 dapat dilihat karakteristik dari *sludge* kotoran sapi yang akan digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biogas. Terlihat bahwa *sludge* kotoran sapi memiliki kadar air sebesar 83.79%, C-Organik 59.34%, NTK 1,28%.

Nilai rasio C/N dari campuran bahan adalah 58,55. Nilai rasio tersebut lebih besar dari nilai rasio C/N yang optimum untuk proses fermentasi anaerobik, yaitu 25-30. Kadar air yang terkandung pada eceng gondok dan kotoran sapi cukup tinggi, berada di kisaran 90%, dimana nilai tersebut baik untuk pembuatan biogas. Kandungan air yang terlalu sedikit dapat menyebabkan akumulasi asam asetat yang kemudian menghambat proses fermentasi dan produksi biogas, sedangkan kandungan air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan produksi biogas per unit volume [1].

Pemberian pra-perlakuan terhadap eceng gondok bertujuan untuk mempermudah proses hidrolisis secara enzimatik oleh bakteri penghasil biogas [2]. Secara fisik, perubahan dapat dilihat dari adanya perubahan warna eceng gondok dari warna hijau segar menjadi cokelat gelap. Tekstur eceng gondok melunak setelah perendaman menggunakan NaOH 3%. Penggunaan basa kuat pada proses hidrolisis eceng gondok mampu memecah struktur selulosa dan lignin yang berada di dalamnya. Selulosa sebagai polimer glukosa, terhidrolisis menjadi dimer dan monomer gulasederhana, sedangkan ikatan antar pembentuk lignin juga terpisah dan menghasilkan warna gelap pada eceng gondok. Proses pemberian pra-perlakuan dapat mempermudah proses penggunaan gula-gula sederhana oleh mikroorganismepenghasil biogas, maupun mempercepat proses hidrolisis secara enzimatik oleh mikroorganismetersebut.

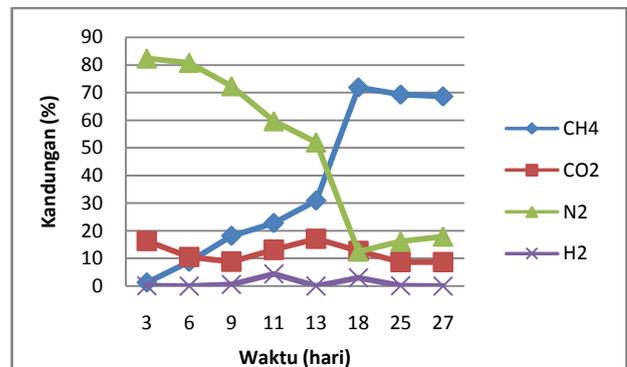
3.2 Komposisi Biogas pada Kontrol dan Perlakuan

Hasil proses biometanasi pada eceng gondok selama 27 hari dapat dilihat melalui komposisi dari jenis dan kandungan gas-gas yang dihasilkan. Pada Gambar 2 dapat dilihat hasil biometanasi pada digester yang menggunakan temperatur lingkungan sebagai temperatur fermentasi (kontrol).



Gambar 2: Komposisi Gas pada Hasil Biometanasi di Digester Kontrol

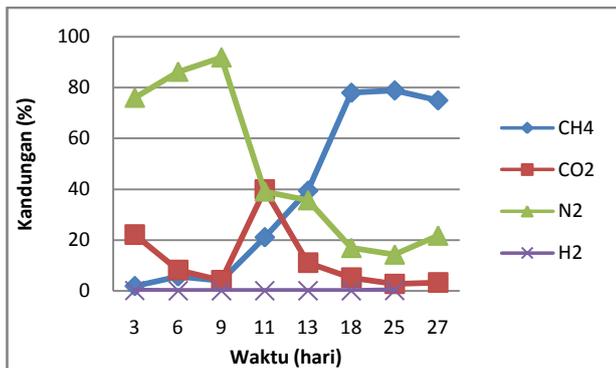
Dari grafik Gambar 2 dapat diketahui bahwa produksi gas metan (CH_4) mulai dihasilkan setelah hari ke-3 dan terus mengalami kenaikan hingga mencapai 41.37% di hari ke-18. Profil produksi metan mengalami sedikit penurunan setelah hari ke-18, dimana pada hari ke-25 dan ke-27 masing-masing menghasilkan 39% dan 38,42% metan. Kenaikan gas metan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO_2 selama biometanasi. Pada hari ke-3 hingga ke-11, CO_2 yang dihasilkan terus mengalami kenaikan hingga 49,74% yang kemudian diikuti penurunan yang cukup signifikan hingga 7,64% di hari ke-27. Gas N_2 yang terkandung pada biogas mengalami fluktuatif prosentase dan gas H_2 hanya dihasilkan pada hari ke-27 yakni 0,17%.



Gambar 3: Komposisi Gas pada Hasil Biometanasi di Temperatur 30 °C

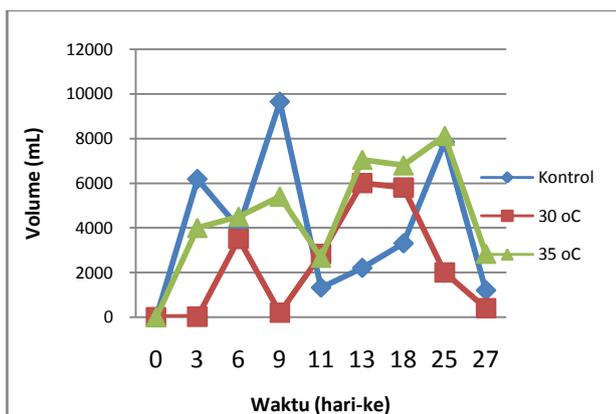
Pada hasil biometanasi pada temperatur 30 °C , diperoleh komposisi CH_4 yang meningkat hingga hari ke-18 (71,85%) dan cenderung stabil di hari ke 25 dan 27 dengan nilai

masing-masing persen metan 69,27% dan 68,61% (Gambar 3). Kandungan CO₂ berada pada kisaran 8,7% hingga 17,11% selama fermentasi, sedangkan gas Nitrogen mengalami penurunan yang cukup signifikan, yaitu dari 82,36% di hari ke-3 menjadi 12,73% di hari ke-18. Gas Hidrogen merupakan gas yang kandungannya sangat kecil, yaitu 4,42% di hari ke-11 dan 3% di hari ke-18.



Gambar 4: Komposisi Gas pada Hasil Biometanasi di Temperatur 35 °C

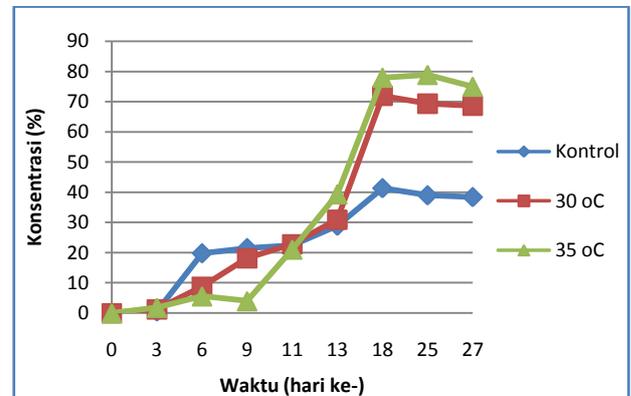
Profil komposisi gas yang serupa diperoleh juga oleh biometanasi pada temperatur 35 °C (Gambar 4), dimana komposisi CH₄ meningkat cukup signifikan hingga hari ke-18 (77,90%) dan hari ke-25 (78,82%) yang kemudian mengalami sedikit penurunan menjadi 74,92% di hari ke-27. Kandungan CO₂ menunjukkan nilai yang fluktuatif, dimana paling tinggi dihasilkan pada hari ke-9 (39,84%) dan cenderung mengalami penurunan hingga 3,32% di hari ke-27. Kandungan gas Nitrogen mengalami penurunan yang cukup signifikan, yaitu dari 75,99% di hari ke-3 menjadi 14,31% di hari ke-25. Kandungan gas Hidrogen tidak ditemukan kecuali pada hari ke-25 yaitu 0,16%.



Gambar 5: Produksi Biogas pada Biometanasi Digester Kontrol, 30 °C dan 35 °C

Volume biogas yang dihasilkan selama proses biometanasi menunjukkan profil yang berbeda-beda pada setiap perlakuan (Gambar 5) namun pada kandungan gas metan

antar perlakuan menunjukkan profil yang serupa (Gambar 6).



Gambar 6: Kandungan Gas Metan Hasil Biometanasi Kontrol, 30 °C dan 35 °C

Total volume biogas tertinggi diperoleh pada temperatur 35 °C , yaitu sebanyak 41.370 mL, sedangkan pada temperatur 30 °C sebanyak 20.740 mL dan temperatur kontrol sebanyak 35.680 mL Kedua data tersebut (volume biogas dan kandungan metan) merupakan parameter yang dapat menunjukkan potensi energi yang dihasilkan dari proses biometanasi pada perlakuan di temperatur ruang (kontrol), 30 °C dan 35 °C .

Pada Tabel 3 diperlihatkan bahwa pengendalian temperatur biometanasi eceng gondok di temperatur 35°C selama 27 hari menghasilkan total potensi enegi dua kali lipat dibandingkan pada biometanasi menggunakan temperatur ruang dan pada 30°C. Potensi energi paling tinggi diperoleh pada temperatur 35°C di hari ke-25 dengan nilai 229,54 kJ, sedangkan pada digester kontrol adalah 109,67 kJ pada hari yang sama. Pada temperatur 30°C, potensi energi paling tinggi adalah 149,46 kJ di hari ke-18.

Tabel 3: Potensi Energi Biogas

Hari Ke-	Potensi Energi (kJ)		
	Kontrol	30 °C	35 °C
0	0	0	0
3	1.28	0.01	2.63
6	28.43	10.95	9.04
9	74.44	1.30	7.73
11	10.63	23.04	20.08
13	22.83	66.51	99.49
18	48.96	149.46	189.98
25	109.67	49.69	229.54
27	16.53	9.84	76.31
Total	312.78	310.80	634.80

Proses biometanasi pada temperatur ruang (kontrol), 30 °C dan 35 °C, menunjukkan profil volume dan komposisi biogas yang berbeda-beda. Volume biogas yang dihasilkan pada ketiga digester selama fermentasi menunjukkan hasil yang berfluktuatif di setiap periode pencuplikan. Pada akumulatif volume biogas, biometanasi di temperatur 35°C menunjukkan nilai volume biogas paling tinggi dibandingkan kontrol dan 30°C. Komposisi metan tertinggi turut diperoleh pada temperatur 35°C. Volume biogas dan komposisi metan sangat dipengaruhi oleh temperatur biometanasi. Ketiga digester menunjukkan *trend* kenaikan gas metan yang diikuti oleh penurunan gas karbondioksida. Produksi gas yang optimal berada pada daerah mesofilik (20°C-40°C). Biogas yang dihasilkan pada kondisi diluar temperatur tersebut mempunyai kandungan karbondioksida yang lebih tinggi [3]. Kenaikan yang *steady* pada produksi biogas berada pada temperatur 35 °C dan 40 °C dimana maksimum kumulatif gas terjadi pada temperatur 40 °C [9]. Kenaikan aktivitas mikroorganisme mesofilik pada fase metanogenesis diikuti dengan kenaikan temperatur lingkungannya, sehingga proses pembentukan gas metan semakin meningkat. Hasil dari proses metanogenesis adalah gas metan dan karbondioksida. Pada penelitian diperoleh bahwa konsentrasi gas metan pada perlakuan di temperatur 30°C dan 35°C relatif lebih tinggi dibandingkan digester tanpa perlakuan. Hal tersebut menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme pembentuk metan lebih tinggi dibandingkan pada digester kontrol.

4. KESIMPULAN

1. Total volume biogas tertinggi diperoleh pada temperatur 35 °C yaitu sebanyak 41.370 mL, sedangkan pada temperatur 30 °C sebanyak 20.740 mL dan temperatur kontrol sebanyak 35.680 mL
2. Proses biometanasi eceng gondok pada suhu 35⁰C menghasilkan volume biogas dan kandungan metan lebih tinggi dibandingkan suhu 30⁰C dan suhu ruang (kontrol), dimana potensi energi tertinggi diperoleh pada 35⁰C sebesar 634,8 kJ/L, sedangkan suhu 30⁰C dan kontrol berturut 310.80 kJ/L dan 312.78 kJ/L
3. Pembentukan biogas di setiap perlakuan relatif terjadi di waktu yang sama yaitu setelah hari ke-3 fermentasi dengan nilai tertinggi gas metan pada hari ke-18 fermentasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

- UPPM Politeknik Negeri Bandung, atas kesempatan pendanaan penelitian skim PEMULA dengan no : 805.10/PL1.R5/PL/2013.
- Laboratorium B3 Jurusan Teknik Lingkungan dan Laboratorium Teknik Kimia ITB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Doerr, Beth dan Nate Lehmkuhl, *Methane Digesters*. Florida: Echo , 2008.
- [2] Hanjie, Zhang, *Sludge Treatment To Increase Biogas Production*. Trita-LWR Degree Project 10-20. Sweden, 2010.
- [3] Haryati, Tuti, *Biogas: Limbah Peternakan Menjadi Sumber Energi Alternatif*. Wartazoa. 16: 160-169, 2006.
- [4] Iriani, Purwinda, *Pemberian Pra-Perlakuan (Pre-Treatment) Pada Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan Biogas*. UPPM Poban. Bandung. (unpublished). 2012.
- [5] Mahajoeno, Edwi, *Pengembangan Energi Terbarukan Dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit*, Institut Pertanian Bogor, 2010.
- [6] Ofoefule1 A. U , E. O. Uzodinma1 And O. D., 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, September, 2009.
- [7] Patil J.H., Molayan Lourdu, Antony Raj, Shetty Vinaykumar, Hosur Manjunath And Adiga Srinidhi, Biomethanation Of Water Hyacinth, Poultry Litter, Cow Manure And Primary Sludge: A Comparative , Analysis, *Research Journal Of Chemical Sciences* Vol. 1(7), 22-26, 2011.
- [8] Schnürer, Anna and Åsa Jarvis, *Microbiological Handbook for Biogas Plants*. Swedish Waste Management U2009:03. Avfal Sverige. Sweden, 2010.
- [9] Uzodinma, E.O.U., dkk.. Optimum Mesophilic Temperature of Biogas Production from Blends of Agro-Based Wastes. *Academic Journals*. 1: 39-44, 2007.
- [10] Winarni, Panggih .Yulinah Trihadiningrum, Soeprijanto, *Produksi Biogas Dari Eceng Gondok*. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2011.