

PENGARUH *F/M RATIO* PADA PRODUKSI BIOGAS DARI DAUN ECENG GONDOK DENGAN METODE *LIQUID ANAEROBIC DIGESTION (L-AD)*

Lathifah Laksmi Pradita^{*)}, Syafrudin^{**)}, Winardi Dwi Nugraha^{**)}

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email*: lathifahlp@gmail.com

Abstrak

Persebaran eceng gondok (Eichhornia crassipes), secara umum dianggap sebagai gulma air, yang telah menjadi masalah yang merusak lingkungan, sistem irigasi dan pertanian. Akan tetapi eceng gondok dapat dimanfaatkan dalam produksi biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa yang cukup besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari rasio F/M terhadap produksi biogas dari daun eceng gondok dengan metode Liquid Anaerobic Digestion (L-AD). Seperangkat alat percobaan pada laboratorium menggunakan biodigester 1500 ml yang dioperasikan pada kondisi anaerobik di suhu ruang. 200 gram eceng gondok dimasukkan ke dalam setiap biodigester dan dicampur dengan rumen sebanyak 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat eceng gondok (50 ml, 100 ml, 150 ml, dan 200 ml). Kandungan total solid dari eceng gondok dan rumen masing-masing adalah 13,52 dan 1,35. Dari kombinasi tersebut, rasi F/M yang digunakan di setiap reaktor adalah 39,76; 20,03; 13,32; dan 10,01. Proses degradasi selesai dalam 60 hari. Hasil menunjukkan bahwa rasio F/M berpengaruh terhadap produksi biogas. Hasil produksi biogas terbaik dari penelitian ini akan diperoleh jika rasio F/M berada dalam rentang 10,01-20,03 (sesuai dengan 25%-50% rumen) dengan eceng gondok sebagai substrat utama.

Kata kunci: *Produksi biogas, Rasio F/M, Eceng Gondok, Liquid Anaerobic Digestion (L-AD)*

Abstract

Distribution of water hyacinth (Eichhornia crassipes), generally considered as a water weed, that has been a problem which can harm the environment, irrigation system, and agriculture. However water hyacinth can be used in biogas production because it has large enough amount of hemicellulose contents. The purpose of this study was to know the effect of F/M ratio to biogas production from water hyacinth waste with Liquid Anaerobic Digestion (L-AD) method. A series of laboratory experiments using 1500 ml biodigester were performed in batch anaerobic operation at room temperature. Given 200 grams of water hyacinth was fed into each biodigester and mixed with rumen fluid which has 25%, 50%, 75%, and 100% from water hyacinth mass in each reactor (50 ml, 100 ml, 150 ml, and 200 ml). Total solid content from water hyacinth and rumen fluid were 13.52 and 1.35. From those combination, F/M ratio that used in each reactor was 39.76; 20.03; 13.32; and 10.01. Degradation process was done in 60 days. The result showed that F/M ratio effects to the biogas production. The best performance of biogas production from this research will be obtained if F/M ratio is in the range of 10,01-20,03 (correspond to 25%-50% of rumen fluid) with water hyacinth as the main substrate.

Keywords: *Biogas production, F/M Ratio, Water Hyacinth, Liquid Anaerobic Digestion (L-AD)*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia saat ini tergantung pada sumber fosil (minyak mentah, lignit, batubara, gas alam). Ini adalah sisa-sisa fosil tumbuhan dan hewan yang mati, yang telah terkena panas dan tekanan dalam kerak bumi selama ratusan juta tahun. Karena alasan inilah, bahan bakar fosil adalah sumber daya tak terbarukan dimana cadangannya akan jauh lebih cepat habis daripada yang baru terbentuk (Al Seadi, et al., 2008).

Persebaran eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), secara umum dianggap sebagai gulma air, yang telah menjadi masalah yang merusak lingkungan, sistem irigasi dan pertanian (Chuang, et al., 2011). Eceng gondok merupakan jenis gulma yang pertumbuhannya sangat cepat. Pertumbuhan eceng gondok dapat mencapai 1,9% per hari dengan tinggi antara 0,3-0,5 m. (Yonathan, et al., 2013). Menurut Malik (2006) eceng gondok mengandung 95% air dan menjadikannya terdiri dari jaringan yang berongga, mempunyai energi yang tinggi, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar dalam menghasilkan biogas (Chanakya et al., 1993 in Yonathan, et al., 2013). Eceng gondok dapat dimanfaatkan dalam produksi biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa yang cukup besar dibandingkan komponen organik tunggal lainnya. Hemiselulosa adalah polisakarida kompleks yang merupakan campuran polimer yang jika dihidrolisis menghasilkan produk campuran turunan yang dapat diolah dengan metode *anaerobic digestion* untuk menghasilkan dua senyawa campuran sederhana berupa metan dan karbon dioksida yang biasa disebut biogas (Ghost, et al., 1984 in Yonathan, et al., 2013).

Anaerobic digestion (AD) secara ekstensif telah digunakan untuk mengubah aliran limbah organik dari berbagai macam sumber, seperti pertanian, industri, dan sampah kota, menjadi biogas. Proses AD bias dioperasikan dengan *liquid* maupun padatan dalam hal *total solid* (TS). *Liquid anaerobic digestion* (L-AD) digunakan pada kandungan *total solid* antara 0,5-15%, sedangkan kandungan *total solid* >15% menggunakan proses *solid-state anaerobic digestion* (SS-AD) (Zhu, et al., 2014).

Beberapa penelitian tentang biogas menggunakan bahan eceng gondok dan juga menggunakan metode L-AD telah dilakukan antara lain : Hadiyanto, dkk (2015) melakukan penelitian biogas dengan menggunakan bahan baku limbah perikanan berupa jeroan, kotoran, dan insang. Produksi biogas yang diperoleh pada rasio F/M 0,2 dengan total maksimum metana hasil 164,7 l / kg CODMn. Selain itu, rasio F/M memberikan pengaruh yang signifikan pada waktu retensi (HRT). Waktu retensi yang diperoleh rasio F/M 0,2, 0,4, dan 0,6 masing-masing 36, 13 dan 19 hari. Larasita Gumilang K. (2016) juga melakukan penelitian biogas dengan *F/M ratio* dengan bahan baku sekam padi dan didapatkan hasil produksi biogas tertinggi diperoleh pada rasio F/M 50%. Produksi biogas spesifik pada F/M dari 25, 50, 75 dan 100% adalah 8.03, 12.62, 11.71 dan 11.78 ml/grTS.

Nathoa, dkk (2014) melakukan penelitian produksi hidrogen dan metana dari kulit pisang. Hasil yang didapat adalah kinerja terbaik satu fermentasi fase metana diamati pada F/M dari 5.0. Pada kondisi ini, yield metana, tingkat produksi, dan potensi masing-masing adalah 251,3 mL g⁻¹ VS, 2.05 mL h⁻¹, dan 352,9 mL. Hidrogen dan metana hasil dari 209,9 dan 284,1 mL g⁻¹

VS mL g-1 VS dicapai pada F/M dari 5.0 dalam proses tahap dua.

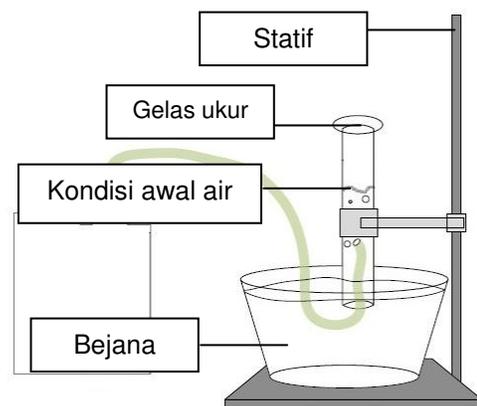
Chuang, et al (2011) telah melakukan penelitian mengenai produksi biohidrogen dan biometana dari eceng gondok. Dari penelitian tersebut didapat hasil produksi hidrogen maksimal terdapat di eceng gondok pada konsentrasi 40 g/L menghasilkan hidrogen 38,2 mmol H₂/L/d dan produksi metana maksimal terdapat pada eceng gondok pada konsentrasi 80 g/L menghasilkan metana 29,0 mol CH₄/L/d. Sedangkan O'Sullivan, dkk (2010) melakukan penelitian mengenai *anaerobic digestion* dengan bahan baku eceng gondok, cabomba, dan kiambang dan didapatkan hasil eceng gondok dan cabomba dengan mudah didegradasi, menghasilkan 267 L biogas/ kg VS dan 221 L biogas/ kg VS, dengan konten metana sebesar 50%. Sedangkan pada kiambang menghasilkan lebih sedikit didegradasi dengan hasil 155 L biogas/ kg VS pada kualitas metana 50%.

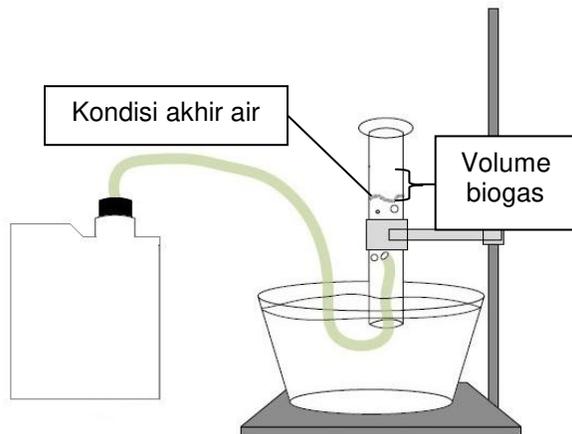
Penelitian mengenai penambahan rumen dalam produksi biogas juga dilakukan oleh Sunarso, dkk (2010) tentang pengaruh *F/I Ratio* pada Produksi Biogas dari Kotoran Sapi Menggunakan Rumen sebagai Inoculum dan didapatkan hasil bahwa produksi biogas terbaik terdapat pada *F/I ratio* di antara 17,64 ke 35,27 (sesuai dengan 25-50% cairan rumen). Hal tersebut juga diudukung oleh penelitian Budiyo, dkk (2014) yang menyatakan bahwa cairan rumen yang dimasukkan ke dalam reaktor secara signifikan berpengaruh terhadap produksi biogas. Produksi biogas terbaik terdapat pada cairan rumen dan TS di *range* 25-50% dan 7,4 dan 9,2%. TS antara 7-9% dan konten rumen 50% akan memberikan hasil terbaik pada produksi biogas. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada Pengaruh F/M Ratio terhadap Produksi

Biogas dari Daun Eceng Gondok dengan Metode *Liquid Anaerobic Digestion (L-AD)*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah eceng gondok dengan diameter 15 cm. Biodigester bervolume 2000 ml yang terbuat dari botol plastik ditutup dengan tutup karet yang kuat. Biodigester dilengkapi dengan valve untuk pengukuran biogas. Skema dari pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1. Rasio *Food to Microorganism* (rasio F/M) divariasikan dari 39,76; 20,03; 13,32; dan 10,01. Penelitian ini dimulai dengan menyiapkan substrat eceng gondok yang dipotong kira-kira 1-2 cm sesuai dengan Darnengsih, et al (2016) dan menyiapkan rumen, lalu melakukan penelitian terhadap kandungan total solid dan kadar air pada masing-masing bahan. Setelah itu menghitung variasi rasio F/M dan menyiapkan reaktor batch anaerobik. Kemudian, substrat dicampur dengan cairan rumen sapi. Sampel yang sudah disiapkan dapat dimasukkan ke dalam reaktor, kemudian ditutup untuk mengondisikan reaktor dalam keadaan anaerobik, dan siap untuk dioperasikan. Selama proses penelitian berjalan, volume dari biogas yang dihasilkan diamati dengan interval dua hari. Penelitian ini dilakukan selama 60 hari.





Gambar 1. Skema Penelitian Biogas dengan Metode L-AD

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Rasio F/M terhadap Produksi Biogas dengan Metode L-AD

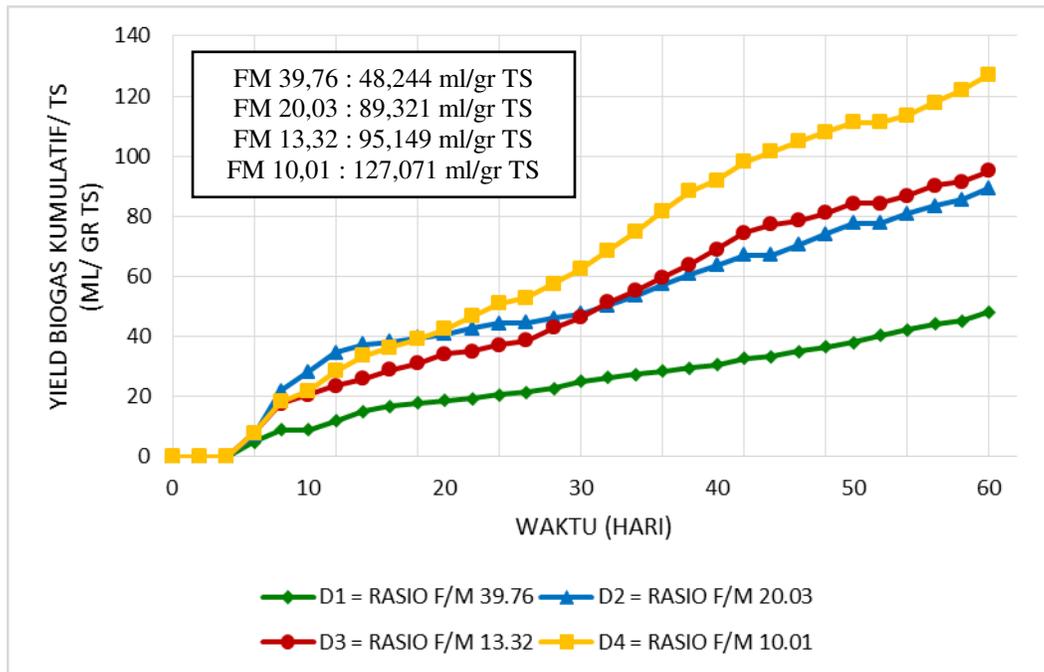
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio F/M terhadap produksi biogas dari daun eceng gondok dengan metode L-AD. Dalam produksi biogas secara anaerobik, nilai dari F/M menunjukkan perbandingan antara jumlah substrat yang terdapat dalam limbah (media) dan jumlah mikroorganisme yang digunakan (Hadiyanto, et al., 2015). Variasi rasio F/M dihasilkan dari adanya variasi volume rumen dan total solid dari masing-masing bahan. TS awal daun eceng gondok adalah 13,52. Ketika sudah dicampur dengan volume rumen yang berbeda-beda di setiap reaktor, TS daun eceng gondok berubah seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Total Solid Daun Eceng Gondok Awal dan Akhir

Nama Reaktor	TS Awal (%)	Volume Rumen (ml)	TS Akhir (%)
--------------	-------------	-------------------	--------------

D1 = Rasio F/M 39,76	13,52	50	10,82
D2 = Rasio F/M 20,03	13,52	100	9,06
D3 = Rasio F/M 13,32	13,52	150	7,73
D4 = Rasio F/M 10,01	13,52	200	6,76

Jika dilihat dari variasi TS yang ada, dari keempat reaktor tersebut yang menghasilkan *yield* biogas terbanyak yaitu terdapat pada reaktor D4 dengan *yield* biogas sebesar 127,071 ml/ gr TS pada TS 6,76%. Berdasarkan (Ardinata, 2016) pada kandungan TS yang lebih tinggi memungkinkan mikroba untuk mendegradasi substrat yang lebih banyak sehingga biogas yang dihasilkan lebih tinggi. Sedangkan menurut Brown, *et al* (2012), kandungan pada TS yang lebih tinggi memiliki efek minimal pada efisiensi TS dan penurunan dalam produksi biogas. Karena pada kandungan TS yang terlalu tinggi dapat menyebabkan inhibisi pada tahap hidrolisis yang disebabkan oleh transfer massa yang terbatas antara mikroba dan bahan baku. Produk dari tahap hidrolisis telah berakumulasi di permukaan substrat karena transfer massa yang terbatas, akhirnya menghambat penyerapan enzim hidrolitik. Transfer massa yang terbatas membuat jumlah produk hidrolisis yang tersedia untuk mikroba acidogenic terbatas sehingga menurunkan jumlah produk yang dihasilkan pada tahap acidogenesis untuk dikonversi menjadi biogas pada tahap metanogenesis (Sheets et al., 2015). Grafik dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Yield Biogas Kumulatif per TS

Setelah penelitian dilakukan, terbukti bahwa adanya variasi pada rasio F/M berpengaruh nyata terhadap produksi biogas. Penelitian mengenai pengaruh rasio F/M terhadap produksi biogas pernah dilakukan oleh Sunarso, et al (2010) dengan bahan baku pupuk. Pada penelitian tersebut, terdapat empat variasi *F/M* yang digunakan yaitu 17,64; 23,51; 35,27; dan 70,54. Dan diketahui bahwa pada variasi 17,64-35,27 menghasilkan biogas paling optimum. Pada penelitian ini juga digunakan empat variasi *F/M* yaitu 10,01; 13,32; 20,03; dan 39,76 dengan bahan baku daun eceng gondok. Dan diketahui bahwa pada variasi *F/M* tersebut, produksi biogas yang paling optimum berada pada rasio *F/M* 10,01. Variasi *F/M* optimum pada kedua penelitian ini berbeda karena adanya perbedaan bahan baku yang

digunakan, sehingga variasi *F/M* juga berbeda.

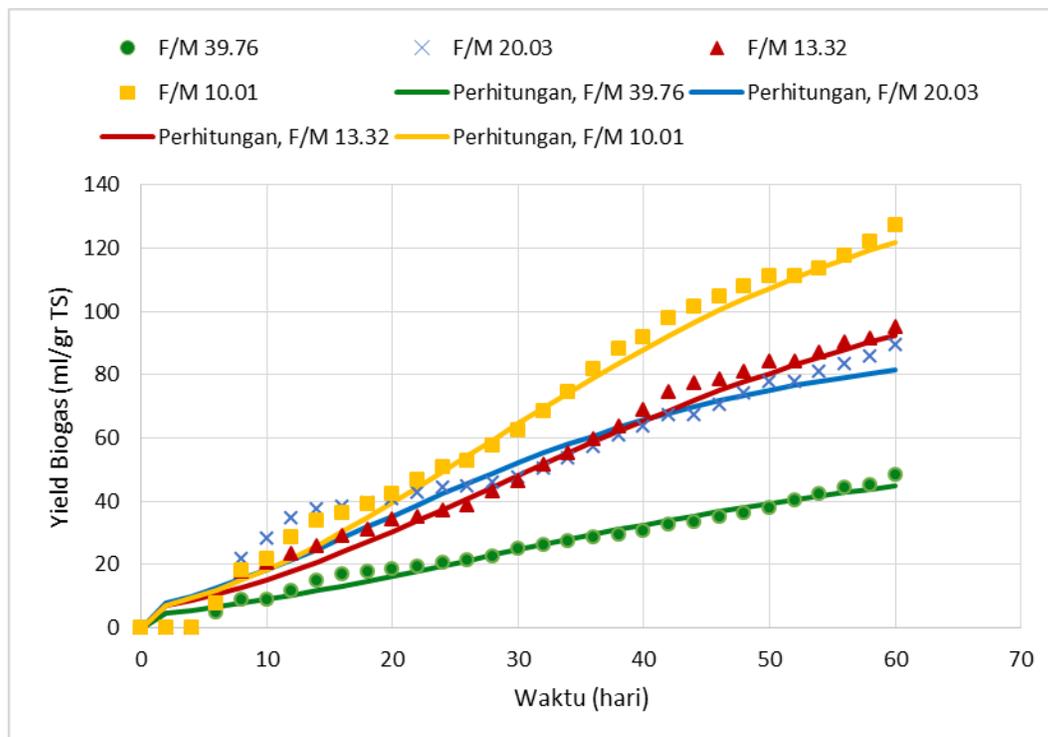
3.2 Laju Produksi Biogas dari Daun Eceng Gondok dengan Metode L-AD

Pada Tabel 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa adanya variasi rasio *F/M* memberikan pengaruh terhadap konstanta kinetika produksi biogas. Secara berturut-turut konstanta kinetika biogas yang terbentuk dengan perlakuan tersebut adalah produksi biogas harian (*A*), laju produksi biogas (*U*), dan waktu minimum terbentuknya biogas (λ). Pada rasio *F/M* 39,76 adalah 59,20737 ml/ gr TS; 0,833386 ml/ gr TS, dan 0,411285 hari. Pada rasio *F/M* 20,03 adalah 91,37601 ml/ gr TS; 1,771815 ml/ gr TS, dan 0 hari. Selanjutnya pada rasio *F/M* 13,32 adalah 121,4831 ml/

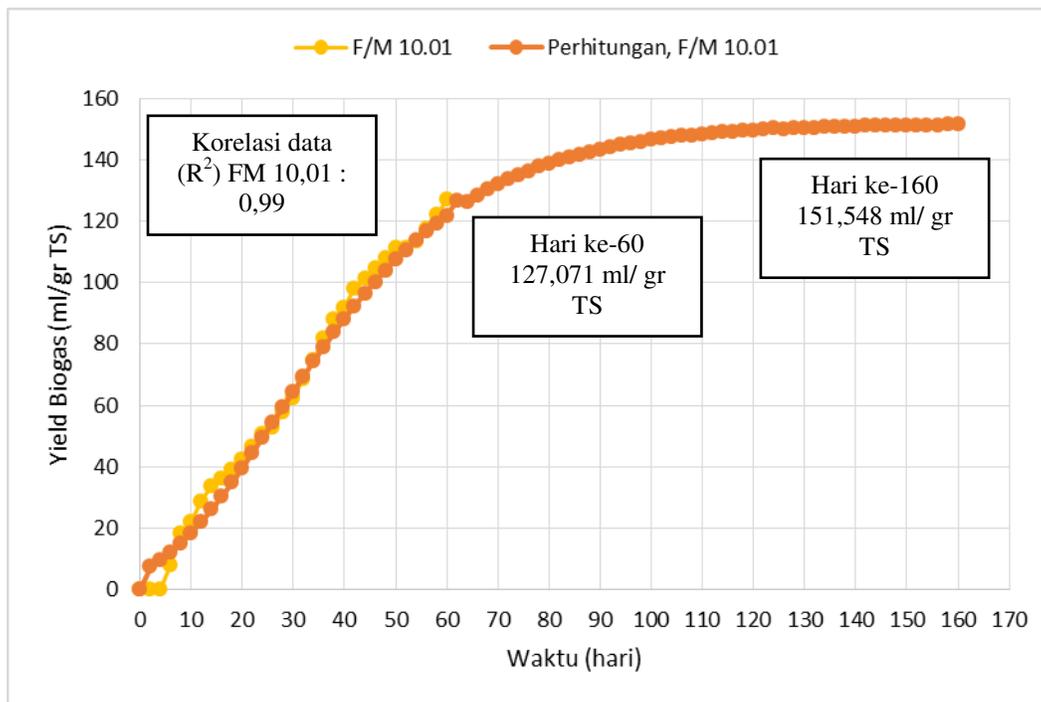
gr TS; 1,878257 ml/ gr TS, dan 3,320958 hari. Dan yang terakhir adalah pada rasio F/M 10,01 adalah 151,9104 ml/ gr TS; 2,623592 ml/ gr TS, dan 4,448214 hari.

Tabel 2 Konstanta Kinetika pada Penelitian Pengaruh F/M Ratio terhadap produksi Biogas

Konstanta	Rasio F/M			
	39,76	20,03	13,32	10,01
A, ml/(grTS)	59,207 37	91,376 01	121,48 31	151,91 04
U, ml/(grTS. hari)	0,8333 86	1,7718 15	1,8782 57	2,6235 92
λ , hari	0,4112 85	0	3,3209 58	4,4482 14



Gambar 3. Hubungan antara Data Percobaan dengan Hasil Perhitungan pada Penelitian Pengaruh F/M Ratio terhadap Produksi Biogas



Gambar 4. Data Hasil Perhitungan pada Penelitian Pengaruh F/M ratio 39,76 terhadap Produksi Biogas

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan *Polymath 6.0*, dapat diketahui *yield* biogas maksimum yang dapat diproduksi dan dapat diketahui pula pada hari ke berapa biogas tersebut berhenti untuk diproduksi. Dari data yang sudah ada sebelumnya, diketahui bahwa *yield* biogas maksimum terdapat pada rasio F/M 10,01 sebesar 127,071 ml/ gr TS dan dari data pada Gambar 4 diketahui bahwa pada rasio F/M 10,01, pada hari ke-60 menghasilkan *yield* biogas sebesar 127,071 mg/ gr TS dan pada hari ke-160 masih terus menghasilkan biogas sebanyak 151,548 ml/ gr TS.

Setelah dilakukan permodelan pada rasio F/M 10,01, didapatkan *yield* biogas pada hari ke-160 adalah sebesar 151,548 ml/ gr TS. Dari *yield* biogas tersebut, dapat dimanfaatkan untuk listrik dari konversi 1m³ biogas. Setelah mengetahui konversi dari

setiap 1m³ biogas, maka dapat dihitung untuk kebutuhan listrik yang dapat dihasilkan dari 151,458 ml/ gr TS *yield* biogas. Diketahui bahwa jika terdapat daun eceng gondok sebesar 1 ton, maka *yield* biogas yang dihasilkan adalah sebanyak 151.548.000 ml atau 151,548 m³. Dari *yield* biogas tersebut dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik sebesar 712,276 kWh dengan biaya pengelolaan per 1 kWh sebesar Rp 1.460,00.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berikut kesimpulan yang dapat diperoleh, yaitu:

1. Pada penelitian ini, dari keempat variabel rasio F/M yang telah diteliti yaitu rasio F/M 39,76; 20,03; 13,32; dan 10,01, rasio F/M yang optimum ada pada rasio F/M 10,01 dengan *yield* biogas sebesar 127,071 ml/ gr TS dan TS optimum pada 6,76%.
2. Laju produksi biogas terbesar terdapat pada rasio F/M 10,01 dengan *yield* biogas sebesar 127,071 ml/ gr TS mulai terbentuk pada hari keempat. Konstanta produksi harian (A), konstanta laju produksi biogas (U) dan waktu minimum terbentuknya biogas; 151,9104 ml/ gr TS ; 2.624 ml/ gr TS; 4,448 hari. Serta konversi energi dari *yield* biogas sebanyak 151.548.000 ml atau 151,548 m³ dapat menghasilkan listrik 712,276 kWh dengan biaya yang diperlukan untuk mengelola 1 kWh sebesar Rp 1.460,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Kottner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., & Janssen, R. (2008). *Biogas Handbook*. Esbjerg: University of Southern Denmark Esbjerg.
- Brown, D., Shil, J., & Li, Y. (2012). Comparison of Solid-State to Liquid Anaerobic Digestion of Lignocellulosic Feedstocks for Biogas Production. *Bioresource Technology*, 379-386.
- Budiyono, Widiyasa, I., Johari, S., & Sunarso. (2014). Increasing Biogas Production Rate from Cattle Manure

Using Rumen Fluid as Inoculums. *International Journal of Science and Engineering (IJSE)*, 31-38.

- Chuang, Y.-S., Lay, C.-H., Sen, B., Chen, C.-C., K, G., Wu, J.-H., . . . Lin, C.-Y. (2011). Biohydrogen and Biomethane from Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Fermentation : Effects of Substrate Concentration and Incubation Temperature. *International Journal of Hydrogen Energy* 36, 14195-14203.
- Darnengsih, Nurjannah, & Ifa, L. (2016). Pengaruh Perbandingan Bahan Baku terhadap Konsentrasi Biogas dari Eceng Gondok dengan Menggunakan Starter Kotoran Sapi. *Journal of Chemical Process Engineering*, 2527-4457.
- Hadiyanto, A., Budiyono, Johari, S., Hutama, I., & Hasyim, W. (2015). The Effect of F/M Ratio to The Anaerobic Decomposition of Biogas Production from Fish Offal Waste. *Waste Technology (WasTech)*, 58-62.
- Maier, R. M. (2009). *Environmental Microbiology*. Academic Press.
- Nathoa, C., Sirisukpoca, U., & Pisutpaisal, N. (2014). Production of Hydrogen and Methane from Banana Peel by Two Phase Anaerobic Fermentation. *Energy Procedia* 50, 702-710.
- O'Sullivan, C., Rounsefell, B., Grinham, A., Clarke, W., & Udy, J. (2010). Anaerobic Digestion of Harvested Aquatic Weeds : Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*), Cabomba (*Cabomba Caroliniana*) and *Salvinia*



- (*Salvinia molesta*). *Ecological Engineering*, 1459-1468.
- Patil, J. H., AntonyRaj, M., BB, S., Shetty, M. K., & Kumar, B. P. (2014). Anaerobic Co-Digestion of Water Hyacinth and Sheep Waste. *Energy Procedia* 52, 572-578.
- Patil, J. H., Raj, M. A., Muralidhara, P., Desai, S., & Raju, G. M. (2012). Kinetics of Anaerobic Digestion of Water Hyacinth, Poultry Litter, Cow Manure and Primary Sludge: A Comparative Study. Proceeding of the 2nd International Conference on Biotechnology. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 3, No. 2.
- Sheets, J. P., Ge, X., & Li, Y. (2015). Effect of Limited Air Exposure and Comparative Performance between Thermophilic and Mesophilic Solid-State Anaerobic Digestion of Switchgrass. *Bioresource Technology*, 296-303.
- Sunarso, Johari, S., Widiassa, I., & Budiyo. (2010). The Effect of Feed to Inoculums Ratio on Biogas Production rate from Cattle Manure Using Rumen Fluid as Inoculums. *International Journal of Science and Engineering (IJSE)*, 41-45.
- Yonathan, A., Prasetya, A. R., & Pramudono, B. (2013). Produksi Biogas dari Eceng Gondok (*Eicchornia Crassipes*) : Kajian Konsistensi dan pH terhadap Biogas Dihasilkan. *Jurnal teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2, No. 2, 211-215.
- Zhu, J., Zheng, Y., Xu, F., & Li, Y. (2014). Solid-state Anaerobic Co-digestion of Hay and Soybean Processing Waste for Biogas Production. *Bioresource Technology*, 240-247.