

PERBANDINGAN WET DAN DRY DIGESTER TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DENGAN SUBSTRAT SAMPAH RUMAH TANGGA PADA SISTEM BIOGAS RUMAH TANGGA MOBILE

COMPARISON OF WET AND DRY DIGESTER ON BIOGAS PRODUCTION WITH HOUSEHOLD WASTE SUBSTRATE IN MOBILE HOUSEHOLD BIOGAS SYSTEM

Handri Morteza¹, Drs. SUWANDI, M. Si.², Tri Ayodha Ajiwiguna, S.T., M.Eng.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

hndrmrtz@gmail.com¹, suwandi.sains@gmail.com², tri.ayodha@gmail.com³

Abstrak

Konstruksi biogas *mobile* menjadi salah satu solusi dalam penggunaan biogas skala rumah tangga yang murah dan mudah pengoperasiannya serta dapat digerakkan dengan bebas dan mudah. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan wet dan dry digester terhadap produksi biogas rumah tangga *mobile*. Dilakukan penelitian pendahuluan dengan tujuan untuk mengetahui temperatur yang dapat dicapai dengan menggunakan sistem *wet digester* dan *dry digester* dengan variasi dengan insulator dan tanpa insulator. Dry digester memiliki produksi biogas lebih tinggi dibandingkan dengan wet digester. Dry digester dengan insulator rockwool memiliki produksi biogas tertinggi sebesar 49,1 - 50,2 liter. Wet digester dengan insulator rockwool memiliki produksi biogas terendah sebesar 25,88 - 30,76 liter. Namun wet digester dengan insulator rockwool memiliki produksi gas methana tertinggi sebesar 31,76%. Digester dengan EM4 *weight ratio* 9% memiliki produksi biogas lebih tinggi dibandingkan dengan EM4 *weight ratio* 5 dan 7%. Wet dan dry digester dengan EM4 *weight ratio* 9% memiliki produksi biogas sebesar 30,76 - 31 liter dan 47,60 - 50,2 liter. Wet digester dengan EM4 *weight ratio* 9% memiliki produksi gas methana tertinggi sebesar 31,76%.

Kata Kunci: Biogas, Sampah Rumah Tangga, Biogas Mobile, EM4 (*Effective microorganisms*), Wet Digester, Dry Digester

Abstract

Biogas mobile construction is one of the solutions in using household scale biogas which is cheap and easy to operate and can be moved freely and easily. This research was conducted with the aim of comparing wet and dry digesters to biogas production of mobile households. Preliminary research was conducted with the aim to determine the temperature that can be achieved by using a wet digester and dry digester system with variations with insulators and without insulators. Dry digester has higher biogas production compared to wet digester. Dry digester with rockwool insulator has the highest biogas production of 49,1 - 50,2 liters. Wet digester with rockwool insulator has the lowest biogas production of 25,88 - 30,76 liters. However, wet digester with rockwool insulator has the highest methane gas production of 31,76%. Digester with an EM4 weight ratio of 9% has higher biogas production compared to EM4 weight ratio 5 and 7%. Wet and dry digester with an EM4 weight ratio of 9% has biogas production of 30,76 - 31 liters and 47,60 - 50,2 liters. Wet digester with an EM4 weight ratio of 9% has the highest methane gas production of 31,76%.

Keywords: Biogas, Household Waste, Mobile Biogas, EM4 (*Effective microorganisms*), Wet Digester, Dry Digester

1. Pendahuluan

Dengan menumpuknya limbah rumah tangga dan minimnya pemanfaatan maka dilakukan pengolahan, salah satunya dengan memanfaatkan limbah rumah tangga sebagai penghasil energi terbarukan. Ketersediaan limbah rumah tangga di Indonesia yang melimpah merupakan salah satu potensi sumber daya yang dapat digunakan untuk memproduksi biogas, yang jika dimanfaatkan secara maksimal akan berdampak besar dalam mengurangi pencemaran lingkungan [1]. Konstruksi sistem biogas yang pada umumnya permanen menjadi salah satu kendala yang besar dalam penggunaan biogas skala rumah tangga, baik dari sisi biaya, instalasi, operasi dan *maintenance*. Konstruksi biogas *mobile* menjadi salah satu solusi dalam penggunaan biogas skala rumah tangga yang murah dan mudah pengoperasiannya serta dapat digerakkan dengan bebas dan mudah. Proses pembuatan biogas terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *wet digester* dan *dry digester*. Dalam proses *wet digestion*, *total solid* yang digunakan kurang lebih 10%, sedangkan pada proses *dry digestion*, *total solid* yang digunakan diantara 25%. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat adakah perbandingan *wet digester* dan *dry digester* terhadap produksi biogas rumah tangga *mobile*. Hasil dari penelitian ini merupakan bagian dari topik Biogas

Rumah Tangga *Mobile* dan diharapkan dapat memberi masukan dalam menentukan sistem yang tepat agar dapat optimal dan efisien.

2. Dasar Teori

2.1 Prinsip Dasar Produksi Biogas

a. Hydrolysis

Selama proses hydrolysis, protein, karbohidrat dan lemak dipecah menjadi *monomers*/molekul kecil. Bakteri *hydrolytic* memproduksi enzim tertentu yang menyebabkan terjadinya dekomposisi. Pada tahap ini karbohidrat, lemak dan protein diubah menjadi glukosa, *long-chain fatty acids*, *amino acid*.

b. Acidogenesis dan Acetogenesis

Pada tahap acidogenesis, fermentasi substrat diubah menjadi *short-volatile fatty acids* (VFA) dan pada tahap ini juga terjadi penurunan pH. Sekitar 50% *monomers* (glukosa, *amino acid*) dan *long-chain fatty acids* (LCFA) dipecah menjadi *acetic acid* (CH_3COOH), 20% diubah menjadi karbon dioksida (CO_2) dan hydrogen (H_2), dan 30% dipecah menjadi *short-chain volatile fatty acids* (VFA). Pada tahap acetogenesis, produk pada tahap acidogenesis diolah lebih lanjut menjadi *acetic acid*, hidrogen, dan karbon dioksida.

c. Methanogenesis

Bakteri *acetotrophic methanogens* memecah *acetic acid* menjadi gas metana dan bakteri *hydrogenotrophic methanogens* memproduksi gas metana dari karbon dioksida dan hidrogen. Dalam kondisi stabil, sekitar 70% dari gas metana berasal dari *acetic acid* dan 30% berasal dari karbon dioksida dan hidrogen.

2.2. Faktor Yang Menentukan Produksi Biogas

Berikut adalah beberapa parameter yang dapat mempengaruhi produksi biogas, antara lain:

1. Temperatur

Secara umum ada tiga jenis bakteri *anaerobic* yang bekerja pada temperatur tertentu, yaitu:

- *Psychrophilic* 0 – 20°C
- *Mesophilic* 15 – 45°C
- *Thermophilic* 40 – 65°C

Secara umum bakteri *anaerobic* sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Seperti bakteri *mesophilic* yang bekerja pada suhu sekitar 37°C, memiliki toleransi perubahan suhu $\pm 2^\circ\text{C}$ dan bakteri *thermophilic* yang bekerja pada suhu sekitar 52°C, memiliki toleransi perubahan suhu $\pm 0,5^\circ\text{C}$ [2].

2. Bahan Baku

Bahan baku berupa sampah rumah tangga berpengaruh terhadap produksi biogas yang dihasilkan. Produksi biogas bergantung pada jumlah karbohidrat, protein dan lemak [3].

Tabel 2.1 Produksi Methana [2]

Substance	Gas Yield		CH ₄ (%)
	ml biogas/g	ml CH ₄ /g	
Cellulose	830	415	50
Protein	793	504	63,6
Fat	1444	1014	70,2

3. Inokulum

Effective microorganism adalah suatu bahan yang dikembangkan oleh Prof. Teruo Higa pada tahun 1970 yang berfungsi untuk mempercepat dekomposisi bahan organik. *Anaerobic digestion* merupakan suatu proses biologis yang kompleks dan performanya dipengaruhi oleh mikroba [4].

Tabel 2.2 Komposisi EM4

Jenis Bakteri	Jumlah (sel/ml)
Total Plate Count	$2,8 \times 10^6$
Bakteri Pelarut Fosfat	$3,4 \times 10^5$
<i>Lactobasillus</i>	$3,0 \times 10^5$
<i>Yeast</i>	$1,95 \times 10^3$
<i>Actinomycetes</i>	+
Bakteri Fotosintetik	+

Source: Analisa Lab. Fak. MIPA IPB 026/IPBCC/An-Mik/6/11. Lab. EMRO INC Japan 2011

2.3. Thermal Insulation

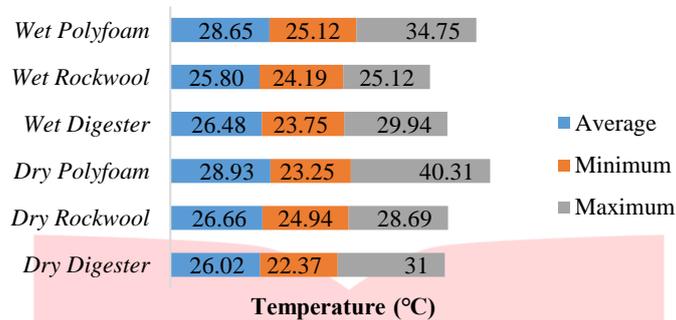
Bakteri *anaerobic* sangat sensitif terhadap perubahan temperatur, naik turunnya temperatur akan mempengaruhi kehidupan bakteri yang akan menyebabkan penurunan produksi biogas. Tanki penyimpanan dengan bahan insulasi *rockwool*, *armaflex* dan *polyfoam* memiliki nilai total Q_{loss} paling kecil daripada dengan

menggunakan bahan insulasi yang lain [5]. Kemampuan *thermal insulation* ditentukan oleh nilai *thermal conductivity* suatu bahan.

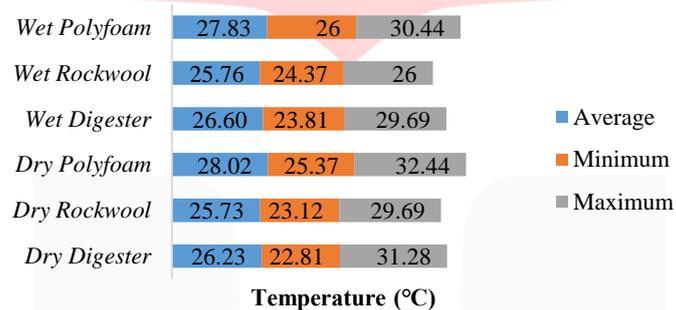
3. Pembahasan

3.1 Hasil Uji Pendahuluan

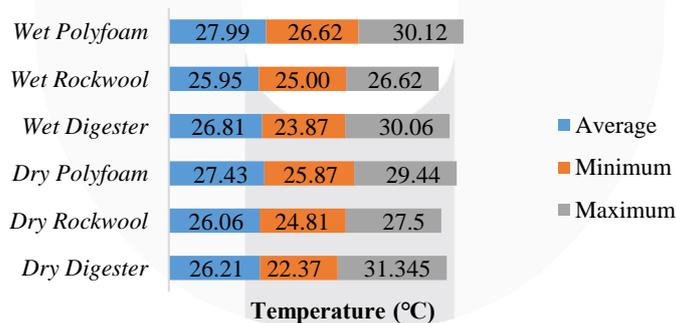
Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui temperatur yang dapat dicapai oleh digester dan kondisi temperatur yang bekerja pada digester.



Gambar 3.1 Temperatur Rata-Rata, Minimum dan Maksimum Digester Dengan Rasio EM4 5%



Gambar 3.2 Temperatur Rata-Rata, Minimum dan Maksimum Digester Dengan Rasio EM4 7%



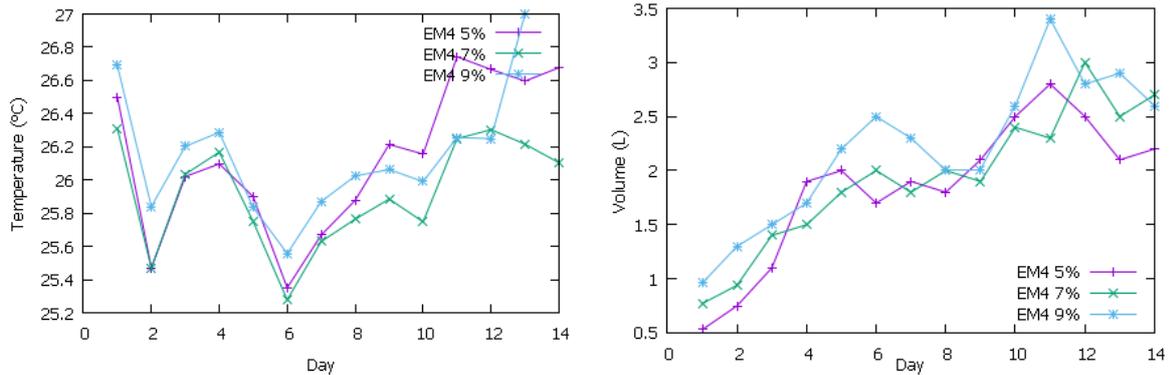
Gambar 3.3 Temperatur Rata-Rata, Minimum dan Maksimum Digester Dengan Rasio EM4 9%

Pada Gambar 3.1, 3.2 dan 3.3 menunjukkan digester dengan/tanpa insulator memiliki rata-rata temperatur sebesar 26 -29°C. Digester dengan insulator *polyfoam* memiliki rata-rata temperatur tertinggi dibandingkan dengan digester yang menggunakan insulator *rockwool* dan tanpa insulator. Digester dengan insulator *rockwool* memiliki fluktuasi temperatur terkecil dibandingkan dengan digester yang menggunakan insulator *polyfoam* dan tanpa insulator. Digester yang menggunakan insulator memiliki temperatur yang lebih stabil dibandingkan dengan digester tanpa insulator. Maka dari itu pada penelitian inti akan digunakan insulator dengan tujuan untuk menjaga temperatur digester agar tetap stabil.

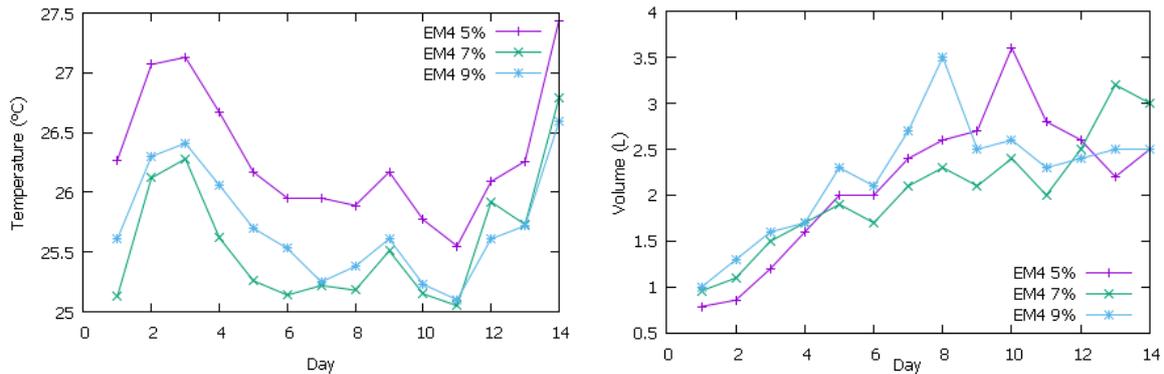
3.2 Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis digester, yaitu *wet digester* dan *dry digester*, dengan variasi insulator *rockwool* dan *polyfoam*.

3.2.1 Wet Digester



Gambar 3.4 Temperatur dan Produksi Biogas Wet Digester – Rockwool

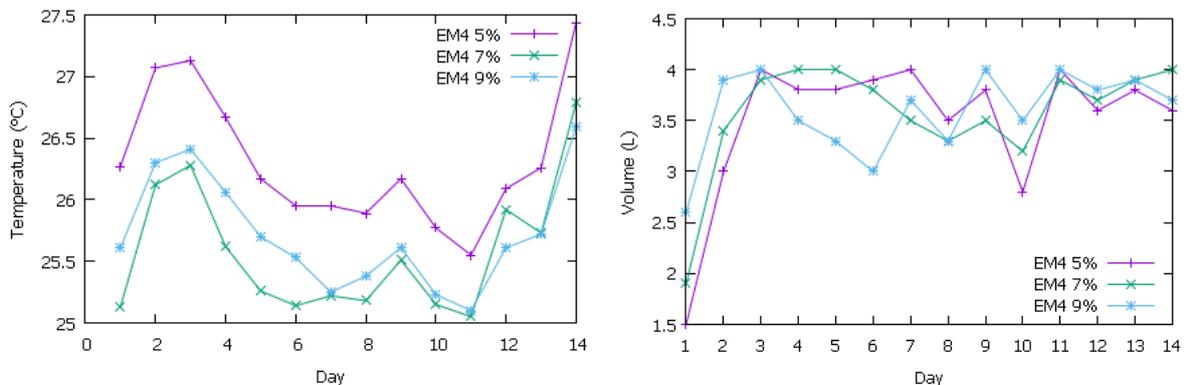


Gambar 3.5 Temperatur dan Produksi Biogas Wet Digester - Polyfoam

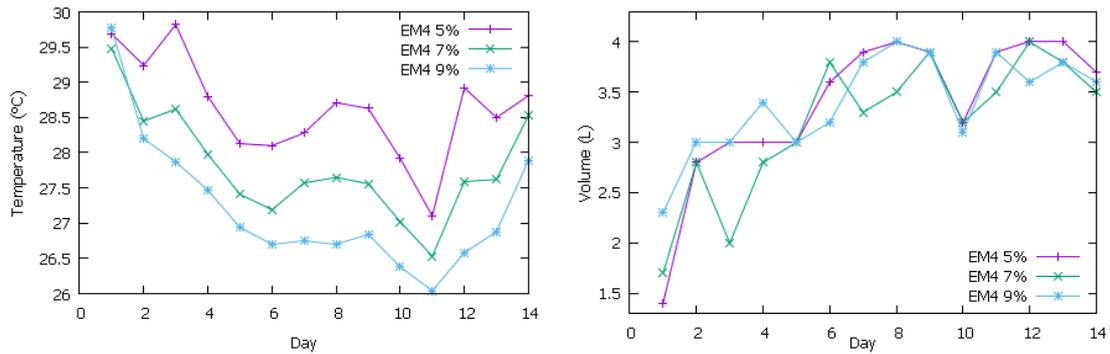
Pada Gambar 3.4, digester memiliki rentang temperatur 25 – 27°C dengan remperatur rata-rata 26,14°C, 25,92°C dan 26,04°C untuk rasio EM4 5%, 7% dan 9%. Pada Gambar 4.12, digester dengan rasio EM4 5% dan 9% mengalami kenaikan produksi tertinggi pada hari ke-11 dengan produksi sebesar 2,8 liter dan 3,4 liter. Untuk rasio EM4 7% mengalami kenaikan produksi tertinggi pada hari ke-12 dengan produksi sebesar 2,8 liter.

Pada Gambar 3.5, digester dengan insulator polyfoam memiliki rentang temperatur 26 – 31°C dengan temperatur rata-rata sebesar 29,57°C, 28,43°C dan 28,44°C untuk rasio EM4 5%, 7% dan 9%. Pada Gambar 4.13, digester dengan rasio EM4 5% mengalami kenaikan produksi tertinggi pada hari ke-10 dengan produksi sebesar 3.6 liter. Sedangkan untuk rasio EM4 7% mengalami kenaikan produksi tertinggi pada hari ke-13 dengan produksi sebesar 3,2 liter. Lalu produksi biogas dengan konstrasi EM4 9% mengalami kenaikan tertinggi pada hari ke-8 dengan produksi sebesar 3,5 liter.

3.2.2 Dry Digester



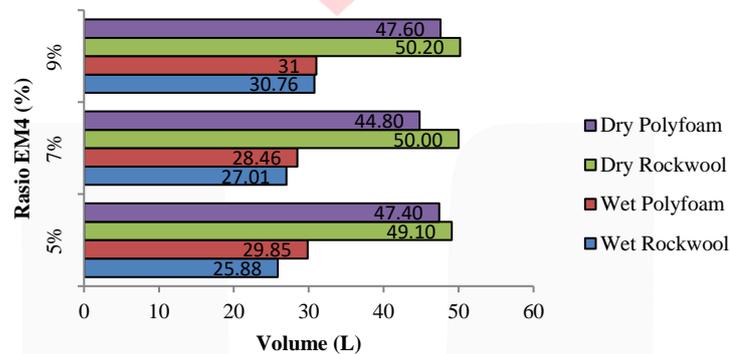
Gambar 3.6 Temperatur Dan Produksi Biogas Dry Digester – Rockwool



Gambar 3.7 Temperatur Dan Produksi Biogas Dry Digester – Polyfoam

Pada Gambar 3.6, digester dengan insulator *rockwool* memiliki rentang temperatur 25 – 27°C dengan temperatur rata-rata sebesar 26,22°C, 25,45°C dan 25,65°C untuk rasio EM4 5%, 7% dan 9%. Produksi biogas menunjukkan peningkatan yang tajam pada hari ke 1 dan 2, disebabkan oleh substrat yang mudah terurai seperti karbohidrat sudah terurai oleh bakteri, karakteristik yang sama pada produksi biogas ditemukan pada penelitian yang telah dilakukan oleh [6] dan [7].

Pada Gambar 3.7, digester dengan insulator *polyfoam* memiliki rentang temperatur 26 – 30°C dengan temperatur rata-rata sebesar 28,49°C, 27,70°C dan 27,13°C untuk rasio EM4 5%, 7% dan 9%. Digester dengan rasio EM4 5% dan 7% mengalami kenaikan produksi tertinggi pada hari ke-8 dengan produksi sebesar 4 liter. Sedangkan untuk rasio EM4 7% mengalami kenaikan tertinggi pada hari ke-12 dengan produksi sebesar 4 liter.



Gambar 3.8 Perbandingan Total Produksi Biogas

Gambar 3.8 merupakan total produksi biogas yang didapatkan dengan cara menjumlahkan produksi biogas dari hari ke 1 sampai 14. *Dry digester* memiliki total produksi biogas lebih banyak dibandingkan dengan *wet digester*. Tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap produksi biogas antara digester dengan insulator *rockwool* dan *polyfoam*, alasan untuk ini mungkin dikarenakan perbedaan temperatur 2 – 3°C antara insulator *rockwool* dan *polyfoam* tidak cukup untuk membuat perbedaan dalam produksi biogas. Pada gambar juga menunjukkan bahwa digester dengan rasio EM4 9% memiliki produksi biogas yang lebih tinggi dibandingkan dengan rasio EM4 5% dan 7%. Karakteristik yang sama juga ditemukan pada penelitian yang telah dilakukan oleh [8] menunjukkan volume biogas yang dihasilkan pada penambahan 5% EM4 adalah 400 liter dan penambahan 1% EM4 menghasilkan volume sebesar 355 liter dan penelitian yang dilakukan oleh [9] menunjukkan jumlah hasil biogas yang dihasilkan pada penambahan 8% EM4 adalah 0,37742 kg, penambahan 9% EM4 adalah 0,377651 kg dan untuk penambahan 10% EM4 adalah 0,379957 kg.

3.2.3 Kandungan Gas Methana

Tabel 3.9 Kandungan Gas Methana *Wet Digester*

Rasio EM4 (%)	Kandungan Gas Metana (%)	
	Rockwool	Polyfoam
5	0,44	4,32
7	4,55	-
9	31,76	0,72

Tabel 3.10 Kandungan Gas Methana *Dry Digester*

Rasio EM4 (%)	Kandungan Gas Metana (%)	
	Rockwool	Polyfoam
5	12,32	-
7	-	7,20
9	12,21	-

Pada Gambar 3.9, digester dengan insulator *rockwool* dan EM4 *weight ratio* 5% memiliki kandungan gas metana terendah sebesar 0,44%. Digester dengan EM4 *weight ratio* 7% memiliki kandungan gas metana

sebesar 4,55%. Digester dengan EM4 *weight ratio* 9%, memiliki kandungan gas methana tertinggi sebesar 31,76%.

Pada **Gambar 3.10**, digester dengan insulator *rockwool* dan rasio EM4 5% memiliki kandungan gas methana sebesar 12,32% dan rasio EM4 9% memiliki kandungan gas metana sebesar 12,21%. Sedangkan untuk digester dengan insulator *polyfoam* dan rasio EM4 7% memiliki kandungan gas methana sebesar 7,20%. Pada *dry digester* ditemukan kandungan gas karbon monoksida yang tinggi sebesar 86,75% dan 87,79% untuk *dry digester* yang menggunakan insulator *rockwool* dengan EM4 *weight ratio* 5% dan 9%. Bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas palustris*) yang terkandung di dalam EM4 dapat memanfaatkan gas karbon monoksida untuk menghasilkan gas hidrogen dan karbon dioksida. Dikarenakan memiliki kandungan gas karbon monoksida yang tinggi, *dry digester* masih memiliki potensi untuk menghasilkan gas methana lebih banyak lagi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *dry digester* memiliki produksi biogas lebih tinggi dibandingkan dengan *wet digester*. *Dry digester* dengan insulator *rockwool* memiliki produksi biogas tertinggi sebesar 49,1 - 50,2 liter. *Wet digester* dengan insulator *rockwool* memiliki produksi biogas terendah sebesar 25,88 - 30,76 liter. Namun *wet digester* dengan insulator *rockwool* memiliki produksi gas methana tertinggi sebesar 31,76%. Digester dengan EM4 *weight ratio* 9% memiliki produksi biogas lebih tinggi dibandingkan dengan EM4 *weight ratio* 5 dan 7%. *Wet dan dry digester* dengan EM4 *weight ratio* 9% memiliki produksi biogas sebesar 30,76 - 31 liter dan 47,60 - 50,2 liter. *Wet digester* dengan EM4 *weight ratio* 9% memiliki produksi gas methana tertinggi sebesar 31,76%.

5. Referensi

- [1] Andre Farlianto. 2017. Analisis Eksergi Pada Proses Biogas Menggunakan Abr (*Anaerobic Baffled Reactor*) Dengan Substrat Nasi Basi. Telkom University, Bandung.
- [2] Peter Jacob Jørgensen. 2009. Biogas – Green Energy. Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University, Denmark.
- [3] Chaoran, Li. 2015. Wet And Dry Anaerobic Digestion Of Biowaste And Of Cosubstrates. Karlsruhe Instituts Für Technologie (Kit), Germany.
- [4] Zezhan. 2012. Dry Anaerobic Digestion Of Muncipal Solid Waste And Digestate Management Strategies. Asian Institute of Technology School of Environment, Resources and Development, Thailand.
- [5] Adli Destiawan Wicaksono. 2017. Pengaruh Bahan Insulasi Terhadap Perpindahan Kalor Pada Tangki Penyimpanan Air Untuk Sistem Pemanas Air Berbasis Surya. Universitas Telkom.
- [6] H. K. Ahn & M. C. Smith & S. L. Kondrad & J. W. White. 2009. Evaluation of Biogas Production Potential by Dry Anaerobic Digestion of Switchgrass–Animal Manure Mixtures. Appl Biochem Biotechnol.
- [7] Jianzheng Li, Ajay Kumar Jha, Junguo He, Qiaoying Ban, Sheng Chang and Peng Wang. 2011. Assessment Of The Effects Of Dry Anaerobic Codigestion Of Cow Dung With Waste Water Sludge On Biogas Yield And Biodegradability. Mechanical Department, Kathmandu Engineering College, Tribhuvan University, Kathmandu, Nepal.
- [8] Bayu Wicaksono. 2017. Pembuatan Biogas Dengan Substrat Limbah Kulit Buah Serta Limbah Cair Tahu Dan Cosubstrat Kotoran Sapi Dengan Variabel Perbandingan Komposisi Slurry Dan Penambahan EM4. Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [9] Dwi Irawan, Eko Suwanto. 2016. Pengaruh EM4 (Effective Microorganisme) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro.