

## PEMANFAATAN SAMPAH ORGANIK PASAR TRADISIONAL DENGAN PENAMBAHAN KOTORAN SAPI DAN KOTORAN AYAM SEBAGAI BAHAN ENERGI ALTERNATIF BIOGAS

**Ratna Dwi Praptiwi dan Mohammad Mirwan**

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
 Email: [mmirwan.tl@upnjatim.ac.id](mailto:mmirwan.tl@upnjatim.ac.id)

### ABSTRAK

Sampah organik merupakan sisa dari suatu bahan yang telah dibuang, tetapi masih dapat dimanfaatkan keberadaannya. Nutrisi yang terkandung pada sampah pasar tradisional dapat dipadukan dengan kotoran ternak yaitu kotoran sapi dan kotoran ayam sehingga dilakukan penelitian yang menghasilkan energi alternatif biogas agar dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Penguraian bahan organik dilakukan dengan proses fermentasi oleh mikroorganisme pada bahan yang berlangsung secara anaerobik untuk menghasilkan gas metan. Adapun variasi rasio yang digunakan yakni pada campuran bahan sampah organik pasar tradisional dengan kotoran sapi (90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50) juga pada campuran bahan sampah organik pasar tradisional dengan kotoran ayam (90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50) masing-masing pada volume reaktor 6 liter dengan waktu proses fermentasi selama 7 dan 14 hari. Parameter yang dianalisa terdiri dari kadar air, suhu, pH, dan C/N rasio. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan biogas terbaik diperoleh pada waktu fermentasi selama 14 hari pada variasi campuran bahan sampah organik dengan kotoran sapi pada perbandingan 80:20 dengan kadar air sebesar 90,7%, rasio C/N sebesar 146,4%, ditandai dengan kenaikan suhu mencapai 32<sup>0</sup>C juga dengan nyala api paling lama yaitu selama 2,10 menit dan indikator nyala api berwarna biru.

**Kata kunci:** *Sampah Organik, Kotoran Ternak, Biogas*

### ABSTRACT

*Organic waste is the waste residue of a material that has been thrown away, but its existence can still be utilized. Nutrients contained in traditional market waste can be combined with animal manure that is cow manure and chicken manure, so this research will produce alternative biogas energy, it can be used in daily life. The decomposition of organic matter with a fermentation process by microorganisms on the material which takes place anaerobically to produce methane. The ratio variation used is the mixture of traditional market organic waste materials with cow manur (90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50) as well as the mixture of traditional market organic waste materials with chicken manure (90 : 10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50) respectively at the reactor volume of 6 liters with a fermentation process time of 7 days and 14 days. The parameters analyzed consisted of water content, temperature, pH, and C / N ratio. The results showed that the best biogas was obtained during fermentation for 14 days in a mixture of organic waste and cow manure at ratio of 80:20 with a water content of 90.7%, a C / N ratio of 146.4%, indicated by an increase in temperature reaches 32<sup>0</sup>C also with the longest flame for 2.10 minutes and the flame indicator is blue.*

**Keywords:** *Organic Waste, Animal Manure, Biogas*

## **PENDAHULUAN**

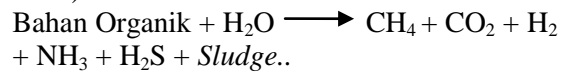
Desa Gempol, Pasuruan saat ini sedang dihadapkan pada masalah penanganan sampah. Kemampuan mengolah sampah yang tidak seimbang dengan produksi sampah setiap hari mengakibatkan kerugian bidang ekonomi, kesehatan, kerusakan lingkungan. Produksi sampah dengan jumlah besar salah satunya bersumber dari kegiatan pada pasar tradisional. Namun kegiatan mengolah dan memilah masih minim dilakukan. Sampah yang dihasilkan hanya disalurkan langsung menuju TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Pemanfaatan sampah organik dari pasar tradisional diharapkan dapat dikonversi dengan campuran bahan ramah lingkungan menjadi energi alternatif. Seiring dengan berkembangnya teknologi dan pengetahuan, energi alternatif yang berasal dari bahan baku kotoran hewan telah banyak dimanfaatkan.

Berkembangnya usaha bidang peternakan, mengakibatkan peningkatan jumlah limbah dan kotoran ternak. Berbagai manfaat dari limbah ternak dapat diperbaharui (renewable). Kotoran ternak masih mengandung nutrisi yang berpotensi untuk dimanfaatkan. Kotoran ternak seperti kotoran ayam kaya akan nutrient (zat makanan), lemak, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN), vitamin, mineral, dan mikroba. Limbah peternakan dapat dimanfaatkan untuk bahan baku energi alternatif dan media berbagai tujuan yang ramah lingkungan (Wahyudi,2009).

Oleh karena itu, dilakukannya penelitian lebih lanjut, untuk mengetahui produksi biogas yang maksimal dari campuran bahan sampah organik, kotoran sapi, kotoran ayam agar dapat mengurangi pencemaran lingkungan sekitar.

Prinsip pembuatan biogas terjadi karena adanya dekomposisi bahan organik secara anaerob untuk menghasilkan suatu gas yang sebagian besar merupan metana dan karbon dioksida. Proses dekomposisi anaerob dibantu oleh sejumlah mikroorganisme. Pembentukan biogas secara biologis dengan memanfaatkan sejumlah mikroorganisme anaerob juga dibantu oleh enzim extrasellular yang mampu mengubah protein dan organik kompleks lain menjadi unsur yang lebih kecil meliputi tiga tahap, yaitu tahap pelarutan, tahap pengasaman, dan tahap pembentukan gas metana. Proses pembentukan biogas ini

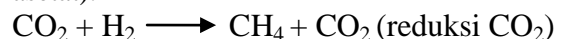
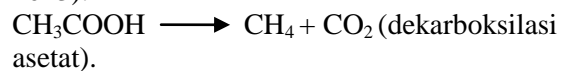
dilakukan dengan proses secara anaerob dengan bantuan mikroorganisme yang akan merombak bahan - bahan organik (Wulansari, 2015).



Tahap hidrolisis atau tahap pelarutan merupakan langkah pertama proses anaerobik dimana mikroorganisme akan merombak bahan organik kompleks menjadi unit yang lebih kecil. Selama proses hidrolisis organik karbohidrat, lipid dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol dan asam amino. Produk yang berhasil diuraikan digunakan untuk proses metabolisme.

Tahap asidogenesis melibatkan produk hasil hidrolisis. Selanjutnya akan dikonversi oleh bakteri acidogenic menjadi substrat. Gula, asam amino dan asam lemak terdegradasi menjadi asetat, karbondioksida, dan alkohol. Bakteri yang terlibat pada asidifikasi merupakan bakteri penghasil asam yang dapat tumbuh dengan baik pada situasi nilai pH dibawah 5. Pada proses asidogenesis, produk dari asidogenesis dikonversi menjadi substrat bagi bakteri methanogenic. Bakteri asetogenik merupakan penghasil hidrogen.

Tahap pembentukan methan merupakan tahap penting dalam proses pengolahan anaerobik secara keseluruhan, karena tahap ini adalah proses yang paling lambat pada reaksi biokimia. Metanogenesis dipengaruhi oleh tingkat temperatur dan pH dalam reaktor. Selain itu bakteri metanogen seperti *methanococcus* dan *methanosarcina* berperan mengubah menjadi gas metan, karbondioksida, dan air. Berikut perombakan yang terjadi pada metanogenesis. (Wahyuni, 2013).

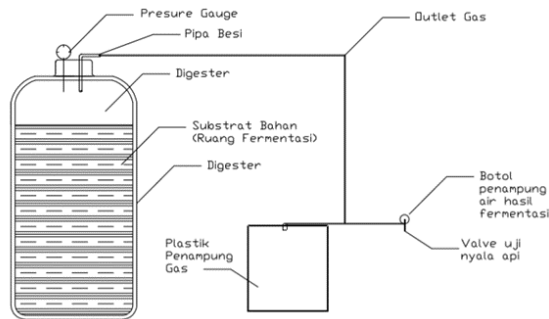


## **METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini menggunakan reaktor tipe *Batch Digestion* terbuat dari galon air mineral ber volume 6 Liter, ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini diawali dengan memasukkan bahan baku ke dalam digester, kemudian proses fermentasi akan berjalan selama 1 - 2 minggu. Gas akan disalurkan pada penampung gas sebelum diuji nyala api.

Masing-masing reaktor diisi dengan perbandingan variasi bahan campuran kotoran sapi / ayam dengan sampah organik dari pasar

tradisional yakni 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50. Setiap hari dilakukan pengamatan perubahan suhu dan pH. Setelah itu melakukan pengujian gas nyala api sebagai indikator keberadaan metana. Kelebihan tipe ini adalah kualitas hasilnya bisa lebih stabil karena tidak ada gangguan selama reaksi berjalan.



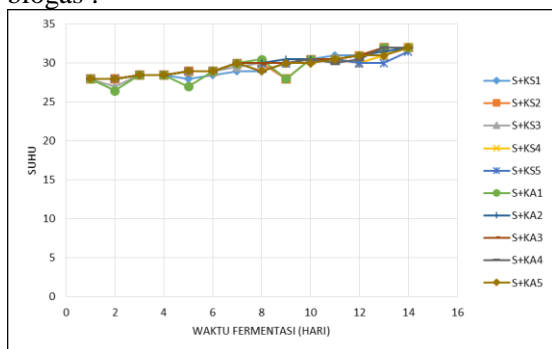
Gambar 1. Sketsa Reaktor Biogas

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengaruh Suhu Terhadap Waktu Fermentasi**

Temperatur atau suhu mengalami perubahan pada waktu tertentu. Suhu mempengaruhi proses fermentasi pembentukan biogas. Pengamatan suhu selama proses fermentasi dilakukan setiap hari sampai 14 hari. Menurut (Rosyidah, 2016) Temperatur tinggi akan menghasilkan energi biogas yang lebih baik. Pembentukan biogas di dalam reaktor pada kondisi yang baik berada dalam kisaran 20- 40°C.

Berikut merupakan grafik pengaruh perubahan suhu terhadap waktu fermentasi pembentukan biogas :



Gambar 2. Hubungan Suhu Terhadap Waktu Fermentasi

Grafik pada Gambar 2. menunjukkan hasil perubahan suhu dari awal pencampuran bahan pada masing-masing rasio selama waktu fermentasi 14 hari. Perubahan tidak stabil dapat dilihat dari hari ke'1 sampai pada hari ke'10.

Proses fermentasi hari berikutnya yaitu pada hari ke'11 sampai pada hari ke'14 suhu mengalami kenaikan yang signifikan yaitu pada angka 32°C. Hal ini dikarenakan dalam kondisi suhu mesofilik mikroorganisme bekerja sangat baik karena mengalami pertumbuhan pada suhu kerja optimal. Berdasarkan (Buku Panduan Biogas, 2018) Suhu optimal proses fermentasi anaerob dapat bekerja dengan baik pada rentang temperatur 30-40 °C (mesofilik). Oleh karena itu faktor penempatan reaktor biogas ini juga harus diperhatikan karena perbedaan suhu pada siang dan malam hari dapat berpengaruh pada kondisi suhu didalam digester yang mengakibatkan pertumbuhan bakteri metanogenik berkembang secara lambat.

Dilakukan uji statistik ANOVA One-Way untuk mengetahui hubungan antara variable dependen (suhu) terhadap variable independen (waktu fermentasi) pada masing-masing variasi komposisi campuran bahan. Pada uji nilai p-value < α = 5% (0,05), α merupakan nilai ukur dari kesalahan dengan tingkat keberhasilan 95%.

One-way ANOVA: Suhu S+KS versus Waktu Fermentasi

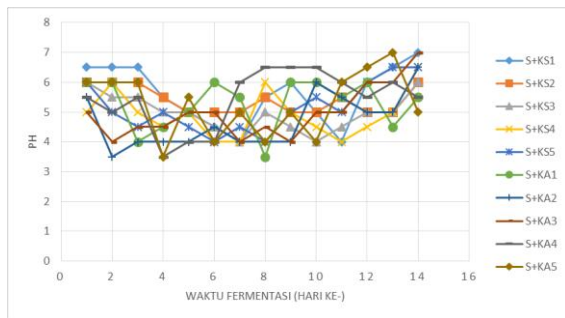
Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Ferment	2	80,378	40,189	99,95	0,000
Error	67	26,940	0,402		
Total	69	107,318			

S = 0,6341 R-Sq = 74,90% R-Sq(adj) = 74,15%

Berdasarkan uji ANOVA one-way diperoleh p-value = 0,000 dan dengan menggunakan alpha = 0,05 menunjukkan bahwa ada bukti yang cukup untuk mengatakan bahwa setiap nilai suhu pada konsentrasi campuran bahan akan mempunyai mean yang sama / signifikan (p-value < alpha) maka dapat disimpulkan bahwa waktu fermentasi dari masing-masing variasi bahan baku memiliki pengaruh yang signifikan pada perubahan suhu.

**B. Pengaruh pH Terhadap Waktu Fermentasi**

Nilai pH berpengaruh terhadap pencernaan pada proses fermentasi. Kisaran nilai pH tidak selalu bersifat netral yakni bakteri akan giat bekerja pada kisaran pH antara 6,8-8. Biogas mulai terproduksi pada pH 5 dan akan mengalami kenaikan pada pH 6 sampai pada pH 7. Nilai pH pada bahan dapat saja menjadi bersifat asam, solusi mencegah keasaman dalam cairan sebaiknya ditambahkan bahan yang bersifat basa. (Paimin, 1995). Berikut merupakan grafik pengaruh perubahan pH terhadap waktu fermentasi :



**Gambar 3.** Hubungan pH Terhadap Waktu Fermentasi

Grafik pada **Gambar 4.2** menunjukkan hasil perubahan penurunan maupun kenaikan nilai pH dari awal pencampuran bahan pada masing-masing rasio selama waktu fermentasi 14 hari. Berdasarkan teori yang menyampaikan bahwa biogas mulai terproduksi pada pH 5 dan akan mengalami kenaikan pada pH 6 sampai pada pH 7. Pada awal pencernaan nilai pH akan turun dibawah 6 yang menunjukkan proses pada tahap asidifikasi berjalan. Proses pengasaman tersebut dapat berjalan 3-5 hari. Setelah itu nilai pH akan naik diikuti dengan pertumbuhan gas metan oleh pembentuk bakteri pada tahap metanogenesis.

Dilakukan uji statistik ANOVA One-Way untuk mengetahui hubungan antara variabel dependen (pH) terhadap variable independen (waktu fermentasi) pada masing-masing variasi komposisi campuran bahan. Pada uji nilai p-value <  $\alpha = 5\%$  (0,05),  $\alpha$  merupakan nilai ukur dari kesalahan dengan tingkat keberhasilan 95%.

**One-way ANOVA: pH S+KS versus Waktu Fermentasi**

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Ferm	2	7,789	3,894	7,57	0,001
Error	67	34,458	0,514		
Total	69	42,246			

S = 0,7171 R-Sq = 18,44% R-Sq(adj) = 16,00%

Berdasarkan uji ANOVA one-way diperoleh p-value = 0,001 dan dengan menggunakan alpha = 0,05 menunjukkan bahwa ada bukti yang cukup untuk mengatakan bahwa setiap nilai pH pada konsentrasi campuran bahan akan mempunyai mean yang sama / signifikan (p-value < alpha) maka dapat disimpulkan bahwa waktu fermentasi dari masing-masing variasi bahan baku memiliki pengaruh yang signifikan pada perubahan pH.

**C. Hubungan Kadar Air dan Rasio C/N dengan Hasil Lama Nyala Api**

Air sangat diperlukan mikroorganisme untuk memelihara kelembaban yang tepat selama proses fermentasi. Kandungan air yang

terlalu besar mengakibatkan proses fermentasi terhambat karena pada keadaan ini aktivitas sirkulasi udara berkurang. Menurut (Herawati & Wibowo, 2010) apabila kadar air tidak mencukupi, suhu berubah menjadi rendah sehingga kondisi tersebut mengakibatkan penambahan waktu dalam penguraian.

Kadar keseimbangan karbon dan nitrogen harus diperhatikan dalam pembentukan biogas karena kerja mikroorganisme sangat bergantung pada kandungan nutrisi substrat. Jika rasio karbon dan nitrogen terlalu tinggi, mengakibatkan proses membutuhkan pertambahan waktu karena karbon akan dioksidasi menjadi karbon dioksida, namun jika kadar C/N dibawah range 20%, maka nitrogen akan berubah sebagai ammonia mengakibatkan mikroorganisme menjadi keracunan dan proses akan terhambat. Berikut merupakan hasil analisa kadar air (%), rasio C/N (%) dan lama nyala api pada bahan dengan rasio yang telah ditentukan:

**Tabel 1.** Hasil Analisa Kadar Air, C/N Rasio, dan Lama Nyala Api

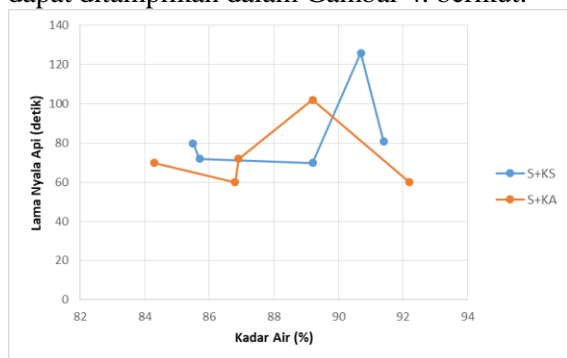
BAHAN	KADAR AIR	C/N RASIO	LAMA NYALA HARI KE-14
S	92,4	207,1	52 detik
KS	80,1	221,2	37 detik
KA	71,6	70,3	56 detik
S + KS 1	91,4	192,5	1,35 menit
S + KS 2	90,7	146,4	2,10 menit
S + KS 3	89,2	168,7	1,16 menit
S + KS 4	85,7	171,7	1,20 menit
S + KS 5	85,5	155,8	1,33 menit
S + KA 1	92,2	125,9	1 menit
S + KA 2	89,2	104,9	1,7 menit
S + KA 3	86,9	101,2	1,16 menit
S + KA 4	86,8	103,7	1 menit
S + KA 5	84,3	98,8	1,20 menit

Sumber : Hasil Analisa, 2020

Menurut data pada **Tabel 1.** menunjukkan hasil analisa pengaruh kadar air (%), kadar C/N (%) terhadap lama nyala api yang dihasilkan. Hasil yang didapatkan pada analisa ini bahwa lama nyala api dengan kadar air sebesar 146,4% dalam waktu fermentasi 14 hari menunjukkan hasil biogas yang tinggi karena hasil lama nyala api menunjukkan waktu yang paling lama yaitu 2,10 menit.

Selain itu warna nyala api biru dapat diidentifikasi mengandung gas metana yang sangat baik. Sehingga campuran pada bahan sampah organik dengan kotoran sapi pada variasi 80:20 adalah perpaduan yang paling

baik daripada perlakuan campuran variasi bahan lainnya yang digunakan. Dari Tabel 1. dapat ditampilkan dalam Gambar 4. berikut.

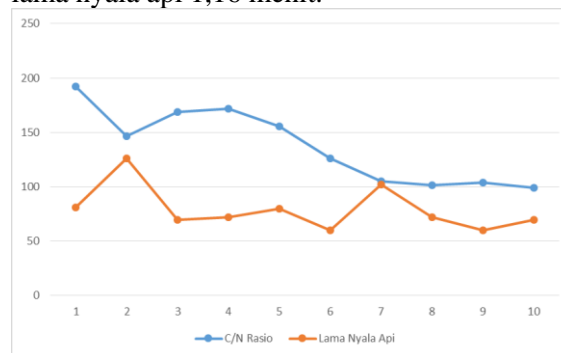


**Gambar 4.** Grafik Pengaruh Kadar Air (%) dengan Lama Nyala Api (detik)

Pada **Gambar 4.** menunjukkan perbedaan lama nyala api yang dihasilkan oleh masing-masing variasi bahan dengan kadar air (%) tertentu. Telah diketahui bahwa kadar air yang terkandung pada bahan melebihi nilai optimum yaitu lebih dari 70% maka dapat berdampak pada terhambatnya metabolisme mikroorganisme karena mengakibatkan pengurangan jumlah udara yang bersirkulasi sehingga membutuhkan penambahan waktu untuk proses penguraian (Herawati & Wibawa, 2010).

Hasil analisa hubungan kadar air (%) dan lama nyala api pada penelitian ini menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan diakibatkan perbedaan variasi bahan dan variasi konsentrasi yang ditentukan. Nilai kadar air pada bahan yang mendekati batas optimum dapat menghasilkan nyala api yang lama. Kadar air (%) mendekati optimum pada penelitian ini yakni sebesar 84,3% yang menghasilkan lama nyala api selama 1,16 menit yang didapat dari variasi rasio bahan campuran sampah organik dengan kotoran ayam 50:50. Sedangkan untuk hasil nyala api yang paling rendah didapat pada variasi campuran bahan sampah organik dengan kotoran ayam dengan rasio 90:10 dengan kadar air 92,2% menghasilkan lama nyala api 1 menit. Namun hasil nyala api paling lama pada penelitian ini didapat pada variasi bahan campuran sampah organik dengan kotoran sapi pada rasio sebesar 80:20 dengan kadar air 90,7% menghasilkan lama nyala api 2,10 menit. Hal ini dapat diidentifikasi bahwa keseimbangan kadar air dan faktor lain yang mempengaruhi proses fermentasi seperti rasio C/N dan suhu sangat mempengaruhi aktifitas mikroorganisme dalam digester. Sedangkan untuk hasil nyala api yang paling

rendah pada variasi bahan campuran sampah organik dengan kotoran sapi pada rasio sebesar 70:30 dengan kadar air 92,2% menghasilkan lama nyala api 1,16 menit.



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Rasio C/N (%) dengan Lama Nyala Api (detik)

Grafik pada **Gambar 5.** menunjukkan perbedaan nilai kadar gas metan (%) yang dihasilkan oleh masing-masing variasi campuran bahan dengan kadar C/N rasio (%) tertentu. Sesuai dengan teori dari penelitian sebelumnya apabila bahan atau substrat memiliki nilai kadar C/N rasio kurang dari 20% maka dapat meningkatkan ammonia yang dapat meracuni mikroba. Sedangkan jika nilai kada C/N rasio diatas 30% maka menghambat proses pembentukan protein, energi, dan metabolisme bagi mikroorganisme.

Hasil analisa pengaruh kadar C/N rasio (%) terhadap lama nyala api (%) pada penelitian ini menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan meskipun dengan kondisi kandungan C/N melebihi batas optimum. Dengan semakin besar kadar C/N rasio (%) yang terdapat pada bahan, semakin besar pula kadar gas metan (%) yang ditunjukkan dengan lama nyala api dan nyala warna api biru. Kadar C/N rasio (%) mendekati optimum pada penelitian ini yakni sebesar 98,8% yang dapat menghasilkan lama nyala api selama 1,16 menit dihasilkan dari variasi rasio bahan 50:50 dari campuran bahan sampah organik dengan kotoran ayam. Namun untuk hasil lama nyala api paling baik didapat dari variasi bahan campuran sampah organik dengan kotoran sapi pada rasio sebesar 80:20 dengan kadar C/N rasio sebesar 146,4% menghasilkan lama nyala api 2,10 menit. Oleh karena itu, melimpahnya bahan baku pembentuk biogas dari limbah peternakan dan sampah organik berpotensi untuk dijadikan energi alternatif yang dapat meminimalisir pencemaran lingkungan dengan memperhatikan faktor yang mempengaruhi pembentukan

biogas seperti keseimbangan kadar air, suhu, C/N rasio dan beberapa faktor lingkungan lain.

### **KESIMPULAN**

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Pada Pemanfaatan sampah organik pasar dengan campuran kotoran ternak menghasilkan biogas lebih baik daripada tanpa campuran karena memiliki kadar nutrisi yang digunakan mikroorganisme dalam proses fermentasi. Rasio C/N yang tinggi yakni sebesar 146,4% dengan nilai kadar air sebesar 90,7% yang digunakan mikroorganisme menjaga kelembaban yang tepat selama proses.
2. Efektifitas waktu dan rasio optimum dalam memproduksi biogas tertinggi didapatkan pada campuran bahan sampah organik dan kotoran sapi dengan rasio 80:20 jika dibandingkan dengan campuran bahan sampah organik dan kotoran ayam dengan rasio 60:40 dalam waktu fermentasi selama 14 hari ditinjau dari lama nyala api.
3. Pengaruh nilai kadar air dan C/N rasio yang seimbang dalam pembuatan biogas ini didapatkan pada campuran bahan sampah organik dan kotoran sapi pada rasio 80:20 dengan kandungan metana yang sangat baik dapat diidentifikasi dengan warna nyala api biru dalam waktu fermentasi 14 hari.yang ditunjukkan dengan nyala api paling lama yaitu 2,16 menit.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Mohammad Mirwan ST., MT. yang telah memberikan arahan dan bimbingan penyelesaian penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arrigoni JP, Garibaldi L, Laos F, 2018. Inside the small scale composting of kitchen and garden wastes: Thermal Performance and Stratification Effect in Vertical Compost Bins. *Waste Management Vol 76:284-293.*
- Kaharudin dan F, Sukmawati. 2010. *Petunjuk Praktis Manajemen Umum Limbah Ternak untuk Kompos dan Biogas.* Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. 23 Halaman.

- Moerdjoko S, Widyatmoko. 2002. *Proses Pengolahan Dan Menyingkirkan Sampah, Cet.1, PT. Dinastindo Adiperkasa Internasional, Jakarta.*
- Nuri,M. 2017. *Pengaruh Peningkatan CO2.* Jember: Fakultas Teknik UNEJ.
- Natalia,M. dan Panca. 2013. *Pengolahan Sampah Organik Pasar Tugu Menjadi Biogas dengan Menggunakan Starter Kotoran Sapi dan Pengaruh Penambahan Urea secara Anaerobik pada Reaktor Batch.* Skripsi. Fakultas Teknik Unila. Bandar Lampung.
- Polprasert, C., 1989. *Organic Waste Recycling.* Environmental Engineering Divisi on Asia Institute of Technology. Thailand.
- Rynk, R. 1992. *On-Farm Composting Handbook.* Northeast Regional Agricultural Engineering Service Pub. No. 52. Cooperating Extension Service. Ithaca, N.Y: 186pp. A classic in on-farm composting.
- Waqas M, Nizami A.S, Aburiazzaiza AS, Barakat MA, Ismail IMI, Rashid MI, 2017. *Optimization of Food Waste Comost With The Use Of Biochar.* Environmental Management Vol 5: 1-12.
- Wahyono, E. H., dan N, Sudarno. 2012. *Biogas : Energi Ramah Lingkungan.* Yapeka : Bogor. 50 Hlm.
- Wahyuni, S. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas dan Listrik.* Edisi Pertama. PT Agro Media Pustaka : Jakarta. 110 Hlm.
- Yamtinah,Sri, dkk.2006. *Studi Pustaka Pemanfaatan Proses Biokonversi Sampah Organik Sebagai Alternatif Memperoleh Biogas.* Solo, UNS.