

Rancang Bangun Biodigester Untuk Menghasilkan Biogas Berbahan Baku Limbah Sayur Kol dengan Campuran Rumen Sapi dan EM4

Dhanu Fransgio Pratama Surya¹, Ferecia Fedora², Addin Akbar³, Khairul Akli⁴

¹⁻⁴Teknologi Rekayasa Bioproses Energi Terbarukan, Politeknik ATI Padang

Alamat Kampus: Jl. Simpang Tabing, Bungo Pasang, Kec. Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat 25171

Korespondensi penulis: dhanuputra20@gmail.com

Abstract. The large number of cattle breeders in Indonesia has positive and negative values. Cattle farmers generally produce livestock waste such as cow rumen. Cow rumen can be used as a starter for alternative biogas energy production, and cabbage vegetable waste has the potential to be used as raw material for making biogas, because it contains nutrients such as crude protein (PK) 22.47%, crude fat (LK) 3.05%, crude fiber (SK) 12.09%, dry matter 10.22% and extract material without nitrogen 34.96%. Apart from that, in this research cow rumen and EM4 were also used as starters for the anaerobic fermentation process. The cow's rumen contains methane bacteria, namely Methanosarcina sp, and the cow's rumen also contains quite high levels of organic compounds with a COD value of 17,183 mg/l. Effective Microorganisms (EM4) are bacteria whose function is to accelerate the degradation process of organic materials. The aim of this research is to design a biodigester, and carry out biodigester design trials. The research methods carried out are COD analysis, CH4 analysis and pH analysis. The results showed that the percentage of CH4 increased in a mixture of 100% cow rumen, because the total COD value in the substrate was directly proportional to the addition of the cow rumen composition. This can be seen from the total COD in 100% beef rumen starter of 1175 ppm.

Keywords: Biogas and Biodigester, Anaerobic fermentation, EM4, Cabbage waste, Cow rumen

Abstrak. Banyaknya jumlah peternak sapi di Indonesia mempunyai nilai positif dan negatif. Peternak sapi umumnya menghasilkan limbah peternakan seperti rumen sapi. Rumen sapi dapat dimanfaatkan sebagai starter produksi energi alternatif biogas, dan limbah sayuran kubis berpotensi dijadikan bahan baku pembuatan biogas, karena mengandung unsur hara seperti protein kasar (PK) 22,47%, lemak kasar (LK) 3,05%, serat kasar (SK) 12,09%, bahan kering 10,22% dan bahan ekstrak tanpa nitrogen 34,96%. Selain itu pada penelitian ini rumen sapi dan EM4 juga digunakan sebagai starter pada proses fermentasi anaerobik. Rumen sapi mengandung bakteri metana yaitu Methanosarcina sp, dan rumen sapi juga mengandung senyawa organik dalam kadar yang cukup tinggi dengan nilai COD sebesar 17,183 mg/l. Mikroorganisme Efektif (EM4) adalah bakteri yang fungsinya mempercepat proses degradasi bahan organik. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang biodigester, dan melakukan uji coba desain biodigester. Metode penelitian yang dilakukan adalah analisis COD, analisis CH4 dan analisis pH. Hasil penelitian menunjukkan persentase CH4 meningkat pada campuran 100% rumen sapi, karena nilai COD total pada substrat berbanding lurus dengan penambahan komposisi rumen sapi. Hal ini terlihat dari total COD pada starter rumen sapi 100% sebesar 1175 ppm..

Kata Kunci: Biogas dan Biodigester, Fermentasi Anaerobik, EM4, Limbah Kubis, Rumen Sapi

1. LATAR BELAKANG

Krisis akan energi di Indonesia selalu diperbincangkan dalam beberapa tahun terakhir ini. Semakin bertambahnya jumlah populasi penduduk di dunia maka akan meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak, sehingga semakin menipisnya sumber cadangan minyak bumi di dunia. Untuk itu perlu adanya energi alternatif dan terbarukan untuk memaksimalkan ketersedian energi di masa yang akan datang.

Salah satu pemanfaatan energi dalam bentuk biogas. Biogas merupakan bahan bakar rendah karbon dengan emisi berkisar antara 50 hingga 450 g CO₂/kWh (W. M. Budzianowski, 2017). Biogas adalah jenis energi terbarukan yang dihasilkan melalui penguraian bahan organik secara anaerobik, terutama dari bahan limbah seperti kotoran hewan, limbah pertanian, dan lumpur limbah. Proses ini melibatkan aksi mikroorganisme, khususnya bakteri anaerob, yang memecah bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana, melepaskan gas metana dan karbon dioksida sebagai produk sampingan. Proses produksi biogas biasanya melibatkan beberapa tahap, termasuk pengumpulan dan pengolahan sampah organik, penciptaan lingkungan anaerobik, dan pemantauan parameter seperti suhu, pH, dan waktu retensi untuk mengoptimalkan proses. Pada teknologi produksi biogas terus mengalami peningkatan hanya saja masih belum berkembang luas. Oleh karena itu, Pemanfaatan produksi biogas belum optimal dikarenakan produksi biaya instalasi yang tinggi. Pembuatan *biodigester* konvensional menjadi solusi yang optimalisasi untuk penerapan biogas.

Biodigester merupakan suatu alat fermentasi bahan organik yang dirancang untuk menghasilkan gas metana yang terdiri dari bak penampung bahan dan pipa penyalur gas. Menurut Siti Ainun (2016) *Biodigester* juga merupakan teknologi pengolahan dengan penambahan mikroorganisme sebagai *starter* agar mempercepat proses dekomposisi material organik tanpa udara. Perancangan *biodigester* perlu dipertimbangkan dengan baik untuk mendapatkan hasil produk yang optimal. Perancangan ini meliputi desain *biodigester*, desain penyalur gas dan desain tangki penampung. Pada penelitian ini *biodigester* yang akan dibuat direncanakan berbahan plastik drum dengan kapasitas 54 liter dengan bahan baku limbah sayur kol dan *starter* yaitu rumen sapi dan EM4. Pemilihan drum plastik didasarkan atas sifat plastik yang tidak korosif dan konstruksi drum cukup sederhana. *Biodigester* model drum plastik memiliki kelebihan yaitu lebih praktis, pemasangan singkat 1-2 hari dan dapat diterapkan pada lahan labil maupun stabil. Menurut penelitian Simamora dkk (2025) dan Sulistiyanto dkk (2016), prinsip pembuatan biogas yaitu menciptakan suatu reaktor yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok yang terdiri dari tangki pencerna, lubang *output* lumpur sisa pencerna (*slurry*) dan penyalur biogas yang terbentuk, tangki penampung dan lubang yang dihubungkan dengan selang menuju kompor.

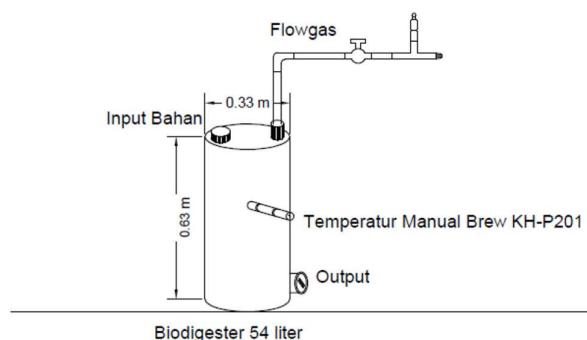
2. METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilalui dalam penelitian pembuatan *biodigester* berkapasitas 54 liter. Bahan yang digunakan limbah sayur kol dan starter yaitu rumen sapi dan EM4. Peralatan

yang digunakan pada penelitian yaitu *biodigester*, *thermometer manual Brew KH-P201*, pipa, *valve*, *clint out*, pipa T, *fitting*, *shock drat* luar, keran, *digestion vessel*, *heating block*, mikro buret, labu ukur, *erlenmeyer* dan gelas piala.

Penelitian ini dilakukan di Workshop Politeknik ATI Padang, yang dimana proses pembuatan *biodigester* yaitu disiapkan alat dan bahan seperti pipa, keran, drum plastik dan *thermometer manual brew KH-P201*, kemudian dirangkai alat sesuai perancangan yang telah direncanakan, dengan membuat lubang pada drum tersebut sesuai ukuran pipa serta alat pembantu seperti *gas analyzer*, dipasang semua pipa dan alat parameter sesuai rancangan yang telah dibuat, dan dilakukan percobaan pertama untuk mendeteksi jika ada kebocoran pada pemasangan alat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Tabel 2. Spesifikasi Teknis *Biodigester*

Biodiester	Spesifikasi	Desain
	Diameter	33 cm
	Tinggi	63 cm
	Volume <i>biodigester</i>	54 cm
	Waktu fermentasi	20 hari
	Tinggi isian baku	37,7

Tabel 1. Data Pengamatan Variasi 1 (Rumen Sapi 100%)

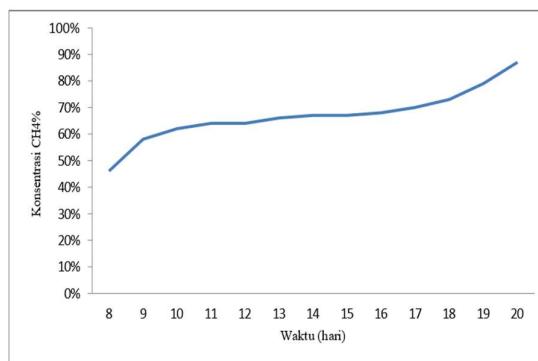
Hari ke-	Jam	Suhu (°C)	pH	Konsentrasi CH ₄ (%)	COD (ppm)
0	06.00	27	5	-	18240
	12.00	28	5	-	-
	18.00	29	5	-	-
	06.00	27	5	-	-

1	12.00	28	5	-	-
	18.00	30	5	-	-
2	06.00	26	5	-	-
	12.00	27	5	-	-
	18.00	30	5	-	-
3	06.00	27	5	-	-
	12.00	29	5	-	-
	18.00	30	5	-	-
4	06.00	26	5	-	-
	12.00	27	5	-	-
	18.00	28	5	-	-
5	06.00	26	5	-	-
	12.00	27	5	-	-
	18.00	30	5	-	-
6	06.00	27	5	-	-
	12.00	29	5	-	-
	18.00	30	5	-	-
7	06.00	27	6	-	-
	12.00	28	6	-	-
	18.00	30	6	-	-
8	06.00	26	6	46%	-
	12.00	28	6		-
	18.00	30	6		-
9	06.00	27	6	58%	-
	12.00	28	6		-
	18.00	29	6		-
10	06.00	27	6	62%	8640
	12.00	29	6		
	18.00	30	6		
11	06.00	27	6	62%	-
	12.00	28	6		-
	18.00	29	6		-
12	06.00	26	6	64%	-
	12.00	29	6		-
	18.00	30	6		-
13	06.00	26	6	64%	-
	12.00	29	6		-
	18.00	30	6		-
14	06.00	27	6	66%	-
	12.00	28	6		-
	18.00	29	6		-
15	06.00	27	6	67%	-
	12.00	29	6		-
	18.00	30	6		-
16	06.00	26	6	68%	-
	12.00	28	6		-
	18.00	29	6		-
17	06.00	27	6		-

	12.00	29	6	70%	-
	18.00	30	6		-
18	06.00	27	6	73%	-
	12.00	28	6		-
	18.00	29	6		-
	06.00	26	6		-
19	12.00	29	6	79%	-
	18.00	30	6		-
	06.00	27	6		-
20	12.00	28	6	87%	11450
	18.00	30	6		

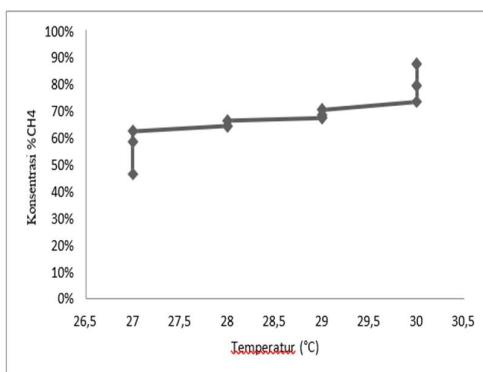
Pada Tabel.1 faktor-faktor penting dalam proses fermentasi anaerobik yaitu suhu, pH, dan konsentrasi CH₄. Data pengamatan pada suhu, mengalami kondisi naik turun disebabkan karena kondisi cuaca di lingkungan mengalami transisi musim hujan ke musim kemarau sehingga hal tersebut mempengaruhi suhu dalam *biodigester*. Pada variasi ini dihasilkan nilai rata-rata suhu 27-28°C dengan nilai derajat keasaman (pH) yang didapatkan pada variasi 1 yaitu pH 5. sebagaimana diketahui bahwa salah satu tahap dekomposisi bahan organik adalah tahap *asidogenesis* dan *asetogenesis* dengan pH berkisar 4,5-5,5 . Pada tahap ini terbentuk asam lemak *volatile* yang akan menurunkan pH dalam reaktor. Pada penelitian ini mengalami kenaikan pH menjadi 6 di hari ke-8 dikarenakan adanya proses *methanogenesis*. Pengukuran pH dilakukan setiap hari dengan menggunakan kertas pH.

Konsentrasi CH₄ adalah faktor paling umum untuk mengevaluasi kinerja *biodigester*. Pengukuran kandungan CH₄ dilakukan mulai hari ke-8 sampai dengan hari ke-20. yang dimana pada variasi ini memiliki nilai metana tertinggi 87%. Menurut Putra (2016), disimpulkan bahwa nilai COD total pada substrat berbanding lurus terhadap penambahan komposisi rumen sapi. Hal ini terlihat dari total COD pada *starter* rumen sapi 100% sebesar 1175 ppm. Sedangkan nilai COD yang di dapat pada penelitian ini sebesar 18240 ppm. Dengan COD yang dihasilkan tinggi dapat menghasilkan produksi biogas yang tinggi (Yusuf dkk, 2023). Pengukuran dilakukan dengan metode *titrimetric*. Menurut (Daemanti et al, 2022) nilai COD bahan baku optimal digunakan untuk pembentukan biogas berkisar 12800-66300 ppm. Dari pengukuran COD pada penelitian didapatkan nilai COD awal sebesar 18240 ppm dan akhir 11450. Semakin besar COD yang didapatkan, maka bahan organik yang terdegradasi menjadi asam organik juga semakin besar. Asam organik inilah yang kemudian terkonversi menjadi gas metana. Setelah terjadi populasi metanogen mencukupi, barulah terjadi penurunan COD yang stabil (Dewi & Visca., 2020).



Gambar 2. Grafik Waktu Percobaan Vs Konsentrasi %CH4

Pada gambar 2. menampilkan hubungan waktu percobaan Vs konsentrasi %CH4. Pada umumnya diketahui bahwa produksi biogas menunjukkan terjadinya peningkatan konsentrasi CH4 dari hari ke-8 hingga hari ke-20, ini dikarenakan telah terjadi pembentukan gas metana di dalam *biodigester*. Wijayanti (2024) menyimpulkan semakin lamanya proses fermentasi maka konsentrasi CH4 yang dihasilkan semakin besar, hal ini dikarenakan mikroba yang menghasilkan gas metana semakin meningkat setiap harinya. Pada penelitian yang sudah dilakukan untuk mengetahui terdapatnya biogas yang dihasilkan yaitu menggunakan temperatur yang tentunya telah dipasang pada *biodigester* dan termometer didalam *biodigester*.



Gambar 3. Grafik Temperatur Vs Konsentrasi %CH4

Pada gambar 3. menampilkan hubungan temperatur Vs konsentrasi %CH4, dapat dilihat bahwa temperatur tertinggi didapatkan sebesar 30°C dengan konsentrasi CH4 80%, sedangkan temperatur terendah untuk menghasilkan gas yaitu 27°C dengan konsentrasi CH4 50%. Temperatur mempengaruhi perkembangbiakan bakteri dan laju reaksi dalam pembentukan biogas (Setiana Wati, 2011). Menurut Sari, dkk (2018) dan Santoso (2010), meningkatnya kondisi temperatur akan meningkatkan hasil produksi gas dikarenakan ketika temperatur tinggi maka aktivitas mikroba akan lebih tinggi dan aktif.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Proses pengujian dilakukan selama 20 hari, dimana lama waktu yang dibutuhkan untuk terbentuknya gas yaitu selama 8 hari setelah pemasukan bahan baku ke dalam *biodigester*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi CH₄ yang dihasilkan terdapat pada hari ke 20 yaitu 87% sedangkan yang terendah pada hari ke 8 yaitu 46%. Peningkatan konsentrasi CH₄ terbesar ini dikarenakan adanya pengaruh dari lamanya fermentasi dan temperatur yang cukup tinggi.

DAFTAR REFERENSI

- Ainun, S., & Hartati, E. (2017). Studi komparasi sistem pengelolaan sampah dengan biodigester. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil.
- Alkusma, Y. M., Hermawan, H., & Hadiyanto, H. (2016). Pengembangan potensi energi alternatif dengan pemanfaatan limbah cair kelapa sawit sebagai sumber energi baru terbarukan di Kabupaten Kotawaringin Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(2), 96–102.
- Budzianowski, W. M., & Postawa, K. (2017). Renewable energy from biogas with reduced carbon dioxide footprint: Implications of applying different plant configurations and operating pressures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 852–868. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.076>
- Dewi, M. N., Visca, R., & Mustopa, A. (2018). Pengaruh penambahan EM (Effective Microorganism) terhadap produksi biogas dari air limbah industri makanan. *Jurnal Teknologi*, 6(1), 25–38.
- Dinas PUP-ESDM Yogyakarta. (2020). *Analisis COD, BOD dan DO pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan*. Fakultas MIPA, Universitas Islam Indonesia.
- Gerardi, M. H. (2003). *The microbiology of anaerobic digesters*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc.
- Harvyandha, A., Kusumawardani, M., & Abdul, R. (2019). Telemetri pengukuran derajat keasaman secara realtime menggunakan Raspberry Pi. *Jurnal Jartel*, 9(4), 519–524.
- Kurniati, Y., Rahmat, A., Malianto, B. I., Nandayani, D., & Pratiwi, W. S. W. (2021). Review analisa kondisi optimum dalam proses pembuatan biogas. *Rekayasa*, 14(2), 272–281.
- Pluciennik-Koropczuk, E., & Myszograj, S. (2019). New approach in COD fractionation methods. *Water (Switzerland)*, 11(7), 1–12. <https://doi.org/10.3390/w11071484>
- Sulistiyanto, Y., Sustiyah, & Zubaidah, S. (2016). Pemanfaatan kotoran sapi sebagai sumber biogas rumah tangga di Kabupaten Pulau Pisang Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Udayana Mengabdi*, 15(2).