



Studi Karakteristik Biogas dari Kotoran Sapi dengan Penambahan Jerami

La Ode Ahmad Barata¹, Jenny Delly², Samhuddin³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Universitas Halu Oleo, Kendari 93232

Riwayat Artikel:

Diajukan: 29/11/2024
Diterima: 19/12/2024
Tersedia online
23/12/2024
Terbit: 30/12/2024

Kata Kunci:

Energi alternatif
Kotoran sapi
Nyala biogas
Jerami
Limbah pertanian

Keywords:

Alternative energy
Cow dung
Biogas flame
Straw
Agricultural waste

Abstrak

Limbah kotoran sapi merupakan salah satu sumber energi alternatif melimpah utamanya di daerah pedesaan yang berpotensi menjadi pilihan dalam mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar minyak. Studi ini bertujuan untuk menganalisa karakteristik biogas dari kotoran sapi sebagai sumber energi alternatif. Efek penambahan jerami terhadap laju pembentukan dan sifat nyala biogas juga dilakukan dalam penelitian ini. Parameter yang diteliti adalah temperatur, tekanan, dan gas yang terdeteksi terhadap produksi biogas dan karakteristik nyala api. Hasil penelitian menunjukkan biogas dari kotoran sapi menghasilkan nyala api biogas berwarna biru muda, bau yang menyengat pada periode waktu retensi 14 hari. Sifat nyala api dengan warna biru terlihat pada pengujian hari ke 21 dari waktu retensi, dan bau menyengat (diduga belerang dan karbon monoksida) relatif berkurang. Gas-gas dapat terbakar teridentifikasi dengan alat gas detektor sebagai unsur EX (*Explosive*); 100%. Unsur lainnya seperti sulfur dan karbon monoksida ditunjukkan dengan H₂S dan CO oleh alat detektor gas. Intensitas kedua unsur ini berkurang seiring dengan penambahan waktu retensi hingga 28 hari. Penambahan jerami sebanyak 10% dari bahan baku kotoran padat sapi menaikkan laju tekanan dan massa biogas yang dihasilkan pada hari ke-7. Uji bakar biogas pada hari ke-14 menunjukkan bahwa penambahan jerami mengurangi intensitas gas metana yang ditandai dengan nyala api biru pucat akibat dominasi unsur karbon monoksida. Efek penambahan jerami terhadap intensitas biogas terlihat pada hari ke 21 dimana intensitas visual nyala api lebih besar dari pada bahan baku dengan jerami. Pada fase retensi di atas 21 hari, biomassa jerami sudah terdegradasi dengan sempurna sehingga menambah intensitas nyala gas terbakar. Studi ini merekomendasikan penanganan biomassa jerami yang baik sebagai bahan baku tambahan dan katalisator dalam laju pembentukan biogas kotoran padat sapi seperti pencacahan, komposisi ideal, dan perlakuan awal zat tak terurai.

Abstract

Cow dung is one of the abundant energy resources, especially in rural areas, which has the potential to become an option in reducing people's dependence on fuel oil. This study aims to analyse the characteristics of biogas from cow dung as an alternative energy. The effect of paddy straw on the biogas production rate and flame characteristics was also analysed. The parameters studied were temperature, pressure, and detected gas on biogas production and flame characteristics. The results showed that biogas from cow dung produced a light blue biogas flame, with a pungent odour at a retention time period of 14 days. Flame characteristics with blue colour were observed on the 21st day of retention time, and the pungent odour (considered as a sulphur, and a carbon monoxide) was relatively reduced. Combustible gases were identified by the gas detector as EX; 100%. Other elements such as sulphur and carbon monoxide were indicated as H₂S and CO by the gas detector. The intensity of these two elements decreased as the retention time increased up to 28 days. The addition of the straw of 10% of the cow dung increased the pressure rate and mass of biogas produced on day 7. The biogas combustion test on day 14 showed that the addition of straw reduced the intensity of methane gas, which was characterized by a pale blue flame due to the dominance of carbon monoxide. The effect of straw addition on biogas intensity was observed on day 21, in which the visual intensity of the flame was greater than the feedstock without the straw. In the retention time above 21 days, the straw biomass has been completely degraded, thus increasing the intensity of the burning gas flame. This study recommends carefully handling of straw biomass for additional feedstock and

¹Korespondensi: ahmad.barata@uho.ac.id

catalyst in the biogas production of cow solid manure such as shredding, ideal composition, and pre-treatment of non-degradable substances.

Pendahuluan

Permasalahan energi dan lingkungan menjadi isu global yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan kebutuhan energi. Sumber energi fosil yang selama ini diandalkan semakin menipis, dan penggunaannya menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berdampak negatif terhadap perubahan iklim. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mencari dan mengembangkan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu potensi energi terbarukan yang cukup besar adalah biogas.

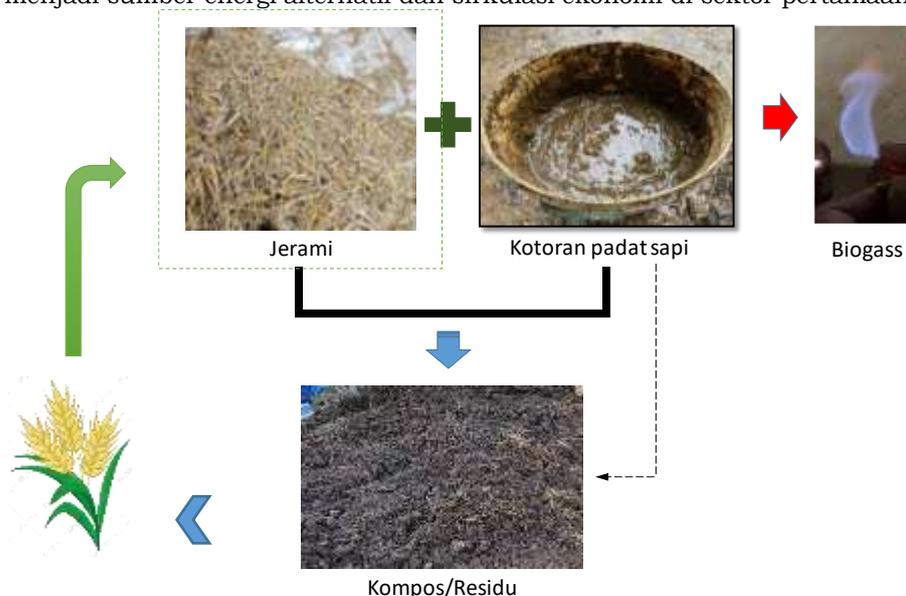
Sektor peternakan memiliki kontribusi yang signifikan terhadap produksi limbah organik, khususnya dari peternakan sapi. Kotoran sapi sering kali hanya menjadi limbah, yang mengandung potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Kotoran sapi kaya akan kandungan organik yang dapat diuraikan oleh bakteri metanogenik dalam proses anaerobik untuk menghasilkan biogas, yang mana sebagian besar terdiri dari metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk pemanasan, penerangan, atau bahan baku generator listrik [1],[2].

Pemanfaatan limbah kotoran sapi sebagai bahan baku biogas memiliki beberapa manfaat. Pada aspek lingkungan, pemanfaatan ini dapat mengurangi emisi gas metana dari limbah ternak yang dilepaskan ke atmosfer, sehingga dapat mengurangi dampak efek rumah kaca. Secara ekonomi, teknologi biogas relatif sederhana dan dapat diimplementasikan pada skala rumah tangga di wilayah pedesaan. Residu dari proses produksi biogas juga masih memiliki nilai guna sebagai pupuk organik organik yang dapat digunakan untuk memperbaiki/meningkatkan kesuburan tanah.

Pemanfaatan biogas dari limbah kotoran sapi di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala, seperti kurangnya pengetahuan, keterbatasan teknologi, dan lain-lain. Kotoran sapi adalah salah satu bahan baku utama yang sering digunakan dalam produksi biogas karena ketersediaannya yang melimpah, terutama di daerah pedesaan yang memiliki populasi peternakan tinggi. Pemanfaatan kotoran sapi untuk menghasilkan biogas juga memberikan manfaat ganda, seperti yang disebutkan di atas

Produksi biogas dari kotoran sapi tidak hanya menghasilkan energi berupa metana, tetapi juga menghasilkan limbah cair dan padat yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik berkualitas. Hal ini mendukung prinsip ekonomi sirkular dan keberlanjutan dalam sektor energi dan pertanian. Pemanfaatan biogas dari kotoran sapi menjadi salah satu solusi inovatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, menurunkan emisi gas rumah kaca, serta meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah [3],[4],[5].

Penelitian ini mengkaji karakteristik biogas kotoran sapi sebagai sumber energi. Penelitian ini dapat menjadi langkah awal menuju pengembangan energi terbarukan yang berbasis limbah ternak yang dapat menjadi sumber energi alternatif dan sirkulasi ekonomi di sektor pertanian secara umum.



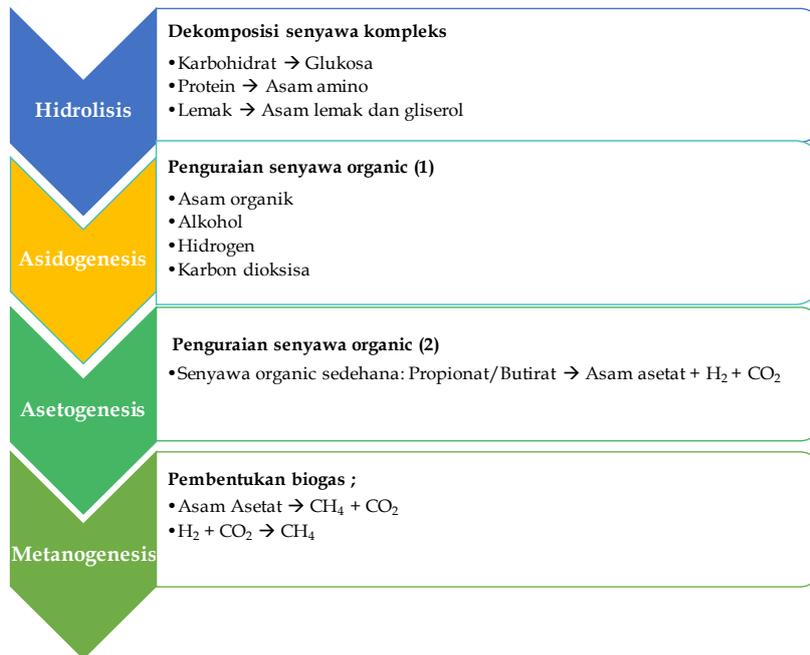
Gambar 1. Sirkulasi pemanfaatan limbah pertanian

Biogas

Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerob. Pada umumnya biogas terdiri atas

gas metana (CH₄) 50% - 70%, gas karbon dioksida (CO₂) 30% - 40%, hidrogen (H₂) 5% - 10%, dan gas-gas lainnya [6].

Bahan baku biogas terurai oleh bakteri secara anaerob atau tanpa udara menjadi gas CH₄ dan CO₂. Proses fermentasi anaerob mulai terbentuk pada 4 – 5 hari fermentasi. Produksi biogas dapat terjadi pada hari ke 20 – 25 hari dan setelah periode ini produksi biogas menurun jika tidak ada bahan baku baru yang ditambahkan. Periode pembentukan biogas dapat bervariasi, tergantung pada jenis bahan baku, temperatur lingkungan, dan tingkat keasaman (pH) bahan baku. Hal ini terkait dengan proses metabolisme anaerob bakteri pembentuk biogas[6], [7].



Gambar 2. Tahapan pembentukan biogas

Produksi Biogas tergantung pada beberapa faktor fisik dan biologis, salah satu faktor yang sangat penting yang mempengaruhi jumlah gas adalah kandungan total padatan limbah. Produksi biogas bervariasi tergantung pencernaan bahan organik, laju pemasukan bahan, dan kondisi lingkungan di dalam digester. Biogas terdiri atas 60-70% methane, 30-40% karbondioksida dan gas lain termasuk ammonia, hidrogen sulfida [6], [7], [8]. Adapun tahapan pembentukan biogas secara umum ditunjukkan oleh diagram pada Gambar 2 [7].

Metode Eksperimen

Tahap pertama dalam pengolahan limbah ternak sapi menjadi biogas adalah perlakuan sampel kotoran padat sapi yang masih segar, dikeringkan dan dibersihkan dari sisa bahan-bahan padat yang tidak tercerna atau tidak menjadi kotoran sapi. Selain mengobservasi laju pembentukan biogas kotoran sapi, penelitian ini mengamati efek penambahan jerami terhadap laju karakteristik biogas dari kotoran kering sapi. Parameter seperti temperatur lingkungan (°C), temperatur reaktor (°C), massa biogas (gr), tekanan biogas (kPa), kelembapan udara (RH%), pH awal, dan pH akhir dari lumpur (slurry) kotoran

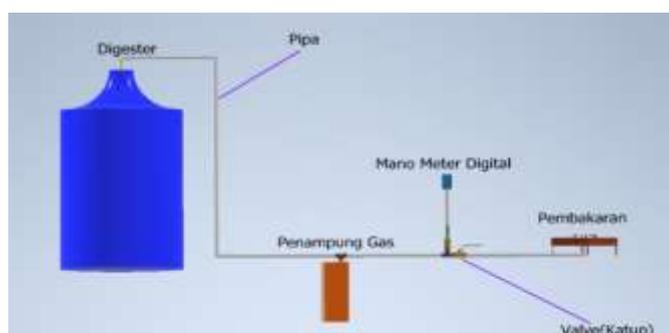


Gambar 2. Skema rancangan pengujian (Bagian1)

sapi diamati secara sebelum dan sesudah proses fermentasi. Pengendalian pH awal sampel adalah aspek penting dalam proses digestasi anaerob [3],[9]. Unsur gas yang terbentuk selama proses fermentasi dideteksi dengan menggunakan *gas detector SNDWAY SW7500A PRO 4 in 1, SNDWAY Indonesia*. Pengukuran tekanan menggunakan *Digital Manometer Digital Pressure Gauge Sndway SW 512C, SNDWAY Indonesia*. Adapun perlakuan sampel pengamatan adalah

1. Kotoran sapi tanpa campuran
Rasio massa kotoran sapi, dan air sebesar 10kg dan 5kg atau 1:0,5
2. Kotoran Sapi Campur Jerami
Rasio massa kotoran sapi, jerami dan air adalah 10 kg, 1kg, dan 5kg atau 1: 0.1: 0,5

Proses pencampuran jerami mempertimbangkan referensi [10], dimana penelitian menambahkan jerami cacahan sebanyak 10% dari bahan baku. Penambahan air berperan dalam proses dekomposisi bahan baku dan menstabilkan derajat keasaman dari bahan baku, sehingga proses anerobik bakteri pembentuk biogas dapat berlangsung dengan baik. Diagram proses biogas pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **2**. Pengamatan dilakukan selama 28 hari, dimana uji komposisi dan uji kualitas api yang dilakukan dalam 3 sesi,yaitu sesi 1(14 hari), sesi 2(21 hari), dan sesi 3 (28 hari).



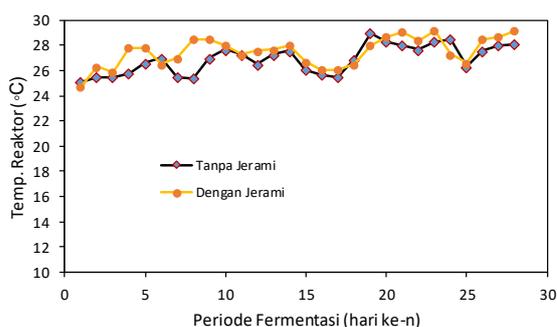
Gambar 3. Skema rancangan pengujian (Bagian 2)

Hasil dan Pembahasan

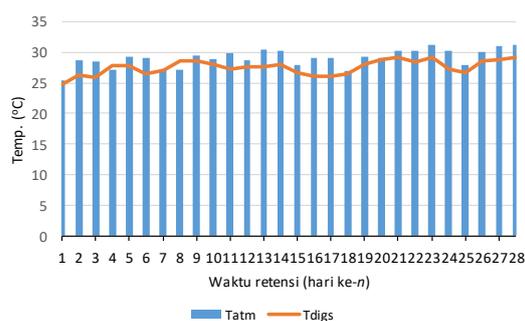
A. Efek penambahan jerami terhadap karakteristik Biogas

Gambar 4 menunjukkan laju temperatur reaktor bahan baku biogas dengan penambahan limbah jerami dan tanpa penambahan jerami. Pada penelitian ini, bahan baku biogas difermentasi pada lingkungan standar mendekati sifat mesofilik, yakni rata-rata 29°C, dengan kelembaban udara sekitar 78%. Sifat mesofilik merupakan kondisi lingkungan optimum bagi perkembangan bakteri pembentuk biogas. Periode fermentasi menunjukkan bahwa perubahan temperatur linear dengan aktifitas mikroba pembentuk biogas dalam biodigester. Hal ini sesuai dengan yang ditunjukkan oleh Vindis et al. dalam referensi [11]. Penambahan jerami meningkatkan temperatur reaktor pada periode 7 hari pertama dari waktu retensi, dan relatif tidak berbeda dengan sampel tanpa jerami pada periode retensi ($= t$) > 10 hari.

Penambahan jerami pada proses fermentasi limbah padat kotoran sapi mempercepat kenaikan tekanan gas yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**. Hal ini telah diindikasikan dengan kenaikan temperatur reaktor sebagaimana diuraikan sebelumnya. Tekanan gas menjadi tetap atau konstan setelah 14 hari waktu retensi. Proses pengujian visual gas pada periode kurang dari 14 hari menunjukkan masih dominannya gas-gas yang tidak terbakar dan bau yang menyengat. Hasil pengujian gas detektor menunjukkan unsur *EX (explosive)* kurang dari 100% pada waktu retensi kurang dari 14 hari. Kelompok gas *EX* dianggap sebagai unsur zat yang mudah terbakar dimana pada

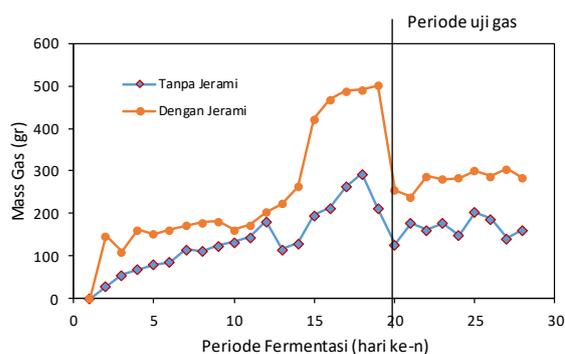


Gambar 4. Laju temperatur reaktor

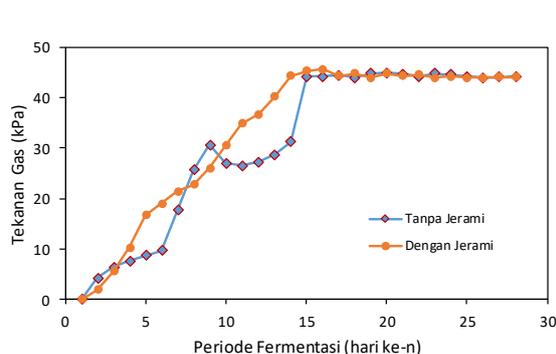


Gambar 5. Variasi temperatur fermentasi dengan campuran jerami

penelitian dianggap didominasi oleh gas-gas methane (CH_4). Pada periode retensi 14 hari, gas-gas *EX* tidak dapat teridentifikasi jelas melalui proses uji bakar.



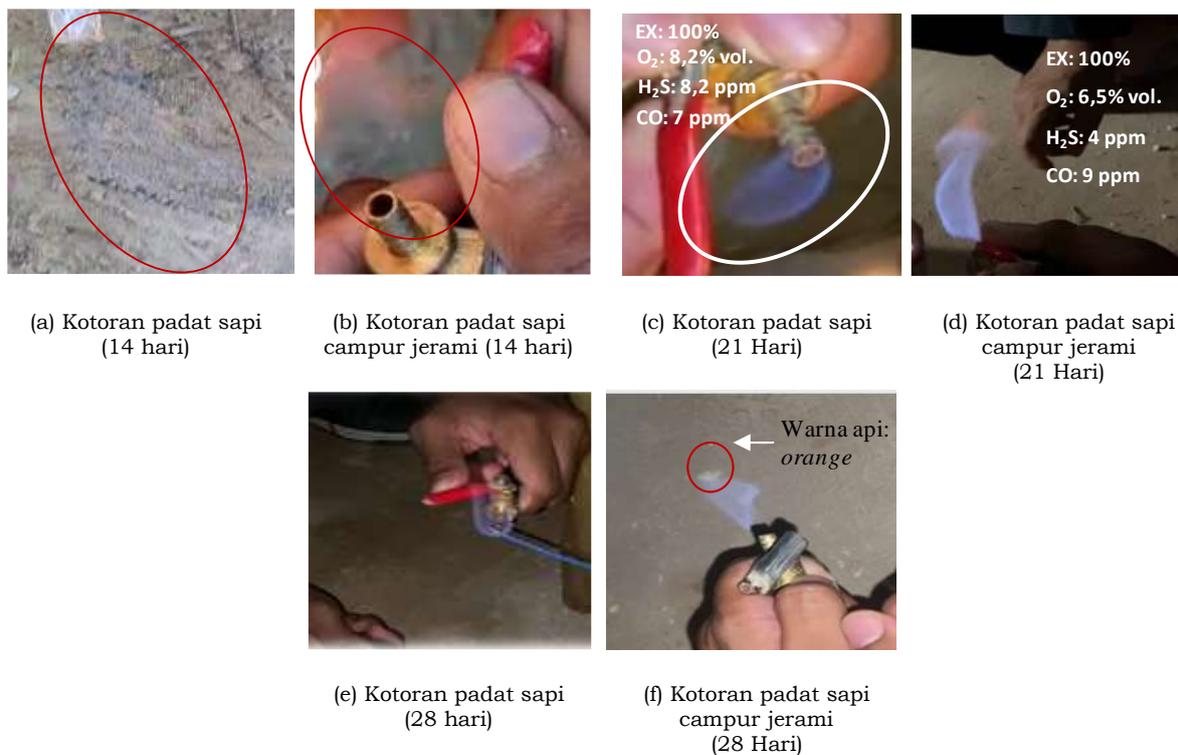
Gambar 6. Laju massa gas



Gambar 7. Laju tekanan gas

Laju massa gas yang dihasilkan dari fermentasi kotoran pada sapi ditunjukkan pada pada **Gambar 6**. Pembentukan gas mengalami kenaikan optimal sekitar hari ke 14 – 21. Pada waktu retensi di atas 21 hari, massa gas cenderung menurun dan berfluktuasi. Penurunan massa gas pada **Gambar 6** juga dapat diakibatkan adanya periode uji visual dan deteksi gas. Menurut rerefensi [12] menunjukkan bahwa pembentukan gas mulai menurun ketika aktifitas bakteri mulai menurun. Reaksi unsur-unsur dalam pembentukan biogas juga mengakibatkan berkurangnya unsur lainnya seperti O_2 . Penelitian ini menunjukkan penurunan produksi biogas terjadi pada waktu retensi di atas 21 hari. Hal ini dapat dikonfirmasi oleh **Gambar 7** dimana tekanan gas konstan pada periode retensi di atas 21 hari.

Efek penambahan jerami terhadap laju pembentukan biogas terlihat lebih dominan pada waktu retensi kurang dari 7 hari dari pada tanpa jerami. Pada penelitian ini, penambahan jerami diberikan sebanyak 10% (*by weight*). Penambahan massa jerami dalam proses fermentasi kotoran sapi berpotensi menambah jumlah bahan baku (sumber karbon) yang dapat terdegradasi untuk membentuk sumber zat terbakar biogas. Hal ini dapat dikonfirmasi dengan kenaikan massa dan tekanan gas pada periode retensi 14 hari pertama.



Gambar 8. Karakteristik nyala biogas pada periode pengujian

B. Pengujian Karakterik Nyala

Variasi sifat visual nyala api pembakaran biogas pada berbagai waktu retensi pembentukan biogas ditunjukkan pada **Gambar 8**. Pembentukan gas terbakar (metana) pada periode retensi 14 hari menunjukkan intensitas yang kurang dominan (biru muda). Bau menyengat teridentifikasi pada fase

ini, dimana zat berbau belerang diprediksi sebagai kadar sulfur dalam gas (H_2S). Secara teoritis, unsur CO masih dapat terbakar dengan ciri nyala api biru pucat kemerahan dan berbau tajam [13]. Dua unsur yang disebutkan di atas tidak berkontribusi besar dalam menghasilkan energi pembakaran biogas.

Efek penambahan jerami pada fermentasi kotoran padat sapi (*cow dung*) tidak memberikan dampak positif terhadap aspek kualitas energi (nyala gas) pada periode retensi kurang dari 14 hari. Visual nyala api adalah biru pucat sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 8(b)**. Sifat nyala api pucat (dominan gas CO) dapat dianggap akibat adanya massa jerami yang belum terdegradasi dengan sempurna sehingga menghambat pembentukan sempurna gas metana. Sifat nyala api gas pada periode retensi diatas 21 hari menunjukkan kualitas nyala yang baik ditandai dengan tampak nyala api biru jelas dengan sedikit kemerahan. Pada bukaan katup gas yang sama menunjukkan bahwa intensitas visual nyala biogas dengan tambahan bahan baku jerami lebih tinggi dibandingkan dengan bahan baku biogas tanpa jerami. Pada fase ini, bahan baku tambahan jerami telah mengalami degradasi dengan baik, dimana hal ini dapat berkontribusi pada pembentukan biogas. Bau menyengat (H_2S) juga berkurang dan dikonfirmasi dengan detektor gas pada saat uji nyala seperti **Gambar 8(c)** dan **(d)**. Pada hari ke 28 waktu retensi, visual nyala biogas tidak menunjukkan sifat yang berbeda dengan sifat gas pada waktu retensi 21 hari. Dengan demikian, kualitas nyala optimum biogas diperoleh setelah waktu retensi 21 hari.

Kesimpulan

Studi karakteristik biogas limbah padat sapi (*cow dung*) pada lingkungan mesofilik diuji selama periode retensi 28 hari. Efek penambahan jerami terhadap karakteristik biogas juga dilakukan selama periode retensi tersebut.

Produksi biogas diidentifikasi dengan perubahan massa dan tekanan gas penampung selama periode retensi. Proses pembentukan biogas awal terlihat pada waktu retensi kurang dari 7 hari, dan terus meningkat hingga di atas hari ke 21 dari waktu retensi. Setelah periode ini, tekanan gas adalah konstan. Hasil uji nyala visual menunjukkan bahwa hari ke-14 waktu retensi, kadar biogas masih didominasi oleh gas-gas lain semisal CO dan H_2S yang ditandai dengan nyala biru yang pucat dan bau yang menyengat. Biogas optimum diperoleh saat hari waktu retensi di atas 21 hari yang ditandai dengan nyala api yang berwarna biru jelas dan bekurangnyanya bau belerang.

Penambahan 10% biomass jerami dalam bahan baku mempercepat laju pembentukan biogas karena jerami mengandung unsur karbon dan nitrogen yang membantu dalam proses dekomposisi bahan baku. Unsur jerami menambah jumlah bahan baku biogas sehingga menambah volume biogas yang dihasilkan. Jerami yang belum terdegradasi dengan sempurna menurunkan kualitas nyala api yang ditandai dengan nyala karbon (biru pucat). Kualitas optimal biogas diperoleh pada periode retensi di atas 21 hari.

Penambahan jerami dalam proses anaerobik limbah kotoran sapi seharusnya dilakukan dengan cermat seperti rasio kuantitas bahan baku yang seimbang, ukuran cacahan, dan perlakuan lanjutan seperti pengurangan atau penghilangan zat-zat yang tidak dapat diurai oleh mikroorganisme dalam proses anaerob.

Daftar Pustaka

- [1] M. R. Almuhtadee, A. Setiawan, A. Alchalil, and A. Aljufri, "ANALISA UNJUK KERJA GENERATOR SET BERBAHAN BAKAR BIOGAS DARI LIMBAH RUMAH MAKAN," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 713–724, Aug. 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i2.1463.
- [2] H. Yahya, "PENGARUH FERMENTASI LIMBAH RUMEN SAPI DAN RAGI TERHADAP PERFORMA KOMPOR BIOGAS," *Lingk. J. Environ. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 57–72, Jul. 2022, doi: 10.22373/ljee.v3i1.1927.
- [3] A. P. Apriantika, R. Anwari, C. N. Janah, and I. Syaichurrozi, "Review: Biogas Production from Cow Dung and Its Potential in Indonesia," *World Chem. Eng. J.*, vol. 6, no. 2, p. 50, 2022, doi: 10.48181/wcej.v6i2.17994.
- [4] K. Kusmiyati, D. K. Wijaya, B. J. R. Hartono, G. F. Shidik, and A. Fudholi, "Harnessing the power of cow dung: Exploring the environmental, energy, and economic potential of biogas production in Indonesia," *Results Eng.*, vol. 20, no. September, p. 101431, 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101431.
- [5] A. Alengebawy, N. Ghimire, S. T. Abdelkhalek, and M. Samer, "Conversion of Bioenergy Materials to Secondary Fuels," *Encycl. Renew. Energy, Sustain. Environ.*, vol. 1, pp. 825–838, 2024, doi: 10.1016/b978-0-323-93940-9.00030-x.
- [6] Y. Kurniati, A. Rahmat, B. I. Malianto, D. Nandayani, and W. S. W. Pratiwi, "Review Analisa Kondisi Optimum Dalam Proses Pembuatan Biogas," *Rekayasa*, vol. 14, no. 2, pp. 272–281, 2021, doi: 10.21107/rekayasa.v14i2.11305.
- [7] R. Borja, *Biogas Production*, Second Edi., vol. 2. Elsevier B.V., 2011. doi: 10.1016/B978-0-08-088504-9.00126-4.
- [8] N. Aryal, N. Ghimire, and S. Bajracharya, "Coupling of microbial electrosynthesis with anaerobic digestion for waste valorization," in *Advances in Bioenergy*, 1st ed., vol. 5, Elsevier Inc., 2020, pp. 101–127. doi: 10.1016/bs.aibe.2020.04.003.
- [9] M. T. Nkodi *et al.*, "Investigation of Factors Affecting Biogas Production from Cassava Peels by Fractional Factorial Design Experimental Methodology," *J. Appl. Life Sci. Int.*, no. May, pp. 49–56, 2020, doi: 10.9734/jalsi/2020/v23i230146.
- [10] D. A. Herawati and A. A. Wibawa, "Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch," *J. Rekayasa Proses*, vol. 4, no. 1, pp. 25–29, 2010.
- [11] P. Vindis, B. Mursec, M. Janzekovic, and F. Cus, "The impact of mesophilic and thermophilic anaerobic

- digestion on biogas production,” *J. Achiev. Mater. Manufacturing Eng.*, vol. 36, no. 2, 2009.
- [12] M. Mohammadianroshanfekr, M. Pazoki, M. B. Pejman, R. Ghasemzadeh, and A. Pazoki, “Kinetic modeling and optimization of biogas production from food waste and cow manure co-digestion,” *Results Eng.*, vol. 24, no. November, p. 103477, 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2024.103477.
- [13] N. Ilminnafik, D. Listyadi, and H. Sutjahjono, “Thermal Characteristic of Flame As Quality Parameter of Biogas of Market Waste,” *Int. J. Appl. Environ. Sci.*, vol. 12, no. 7, pp. 1379–1385, 2017, [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>

Ucapan penghargaan

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Adam Hidayat, Irfan Maulana, Abdilah atas bantuannya dalam pengambilan dan pengolahan data selama eksperimen

Pernyataan Penulis

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam publikasi artikel ini. Semua penulis menyetujui penerbitan artikel ini.

Lampiran

Tidak tersedia