



Pengaruh Rasio C/N, Konsentrasi VOC dan Perbandingan Starter Kotoran Sapi Terhadap Efektivitas Produksi Biogas dari Limbah Organik Domestik

Okkan Abinata R¹, Dustin Nurcahya Putra Kurniawan², Ilham Aji Nugroho³, Agung Sugiharto⁴

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, okkanabinata33@gmail.com

²Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, dustin21nurcahya@gmail.com

³Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, ilhamajin25@gmail.com

⁴Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, agung.sugiharto@ums.ac.id

Corresponding Author: okkanabinata33@gmail.com¹

Abstract: *This study aims to determine the influence of C/N ratio, VOC concentration, and cow manure starter ratio on the effectiveness of biogas production from domestic organic waste. The fermentation process was conducted anaerobically in a 15-liter digester over 10 days at a temperature of 25–26°C. Three main parameters were tested: (1) variations in C/N ratio (15, 20, and 25) by adding glucose to adjust carbon levels; (2) VOC concentration variations through different water additions (1:0.5; 1:2; 1:2,5) and (3) ratios of cow manure to organic waste (1:0.5; 1:2; 1:3). The results show that a C/N ratio of 25 yielded the highest performance with a gas pressure of 59.7 kPa and methane content of 69%. Balanced water addition also significantly improved biogas output, with 1000 mL being the optimal volume. Interestingly, a 1:0.5 manure-to-waste ratio resulted in the highest efficiency, despite using less starter. This study concludes that the balance of organic material composition, nutrient ratio (C/N), and starter quantity is critical to maximizing biogas production from domestic waste.*

Keywords: *Biogas, C/N Ratio, VOC, Cow Manure, Domestic Waste, Starter, Methane*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh rasio C/N, konsentrasi senyawa organik mudah menguap (VOC), dan perbandingan starter kotoran sapi terhadap efektivitas produksi biogas dari limbah organik domestik. Proses produksi biogas dilakukan dengan metode fermentasi anaerob menggunakan digester berkapasitas 15 liter. Tiga parameter utama diuji, yaitu variasi rasio C/N (15, 20, dan 25), variasi konsentrasi air (sebagai pengencer VOC) dengan rasio (1:0,5; 1:2, dan 1:2,5), dan perbandingan jumlah starter kotoran sapi terhadap limbah organik (1:0,5; 1:2; dan 1:3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio C/N yang lebih tinggi meningkatkan produksi biogas dan kadar metana (CH₄), dengan hasil terbaik pada rasio C/N 25 yaitu tekanan 59,7 kPa dan kadar CH₄ sebesar 69%. Konsentrasi VOC memengaruhi kestabilan fermentasi, di mana terlalu banyak air mengurangi tekanan dan kandungan metana. Rasio starter yang lebih kecil terhadap limbah organik (1:0,5) justru menghasilkan tekanan dan kadar CH₄ lebih tinggi dibandingkan rasio starter yang lebih besar. Kesimpulannya, kombinasi

rasio C/N yang tepat, konsentrasi bahan yang seimbang, dan penggunaan starter yang proporsional sangat memengaruhi efektivitas produksi biogas dari limbah organik domestik.

Kata Kunci: Biogas, Rasio C/N, VOC, Kotoran Sapi, Limbah Organik Domestik

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah di Indonesia masih menjadi isu yang sangat kompleks dan mendesak untuk diselesaikan. Sampah yang terus menumpuk tanpa penanganan yang efektif telah menimbulkan dampak negatif yang besar terhadap lingkungan, kesehatan masyarakat, dan estetika kota. Sampah domestik menjadi sumber utama pencemaran, khususnya sampah organik yang mudah membusuk. Berdasarkan data Indonesia National Plastic Action Partnership yang dirilis pada April 2020, sebanyak 67,2 juta ton sampah Indonesia masih menumpuk setiap tahunnya, dengan 9 persen atau sekitar 620 ribu ton sampah masuk ke perairan seperti sungai, danau, dan laut. Selain itu, produksi sampah di Indonesia diperkirakan mencapai 85.000 ton per hari dengan prediksi peningkatan mencapai 150.000 ton per hari pada tahun 2025 (Rohman & Nuryosuwito, 2021).

Sampah organik ini berasal dari berbagai aktivitas rumah tangga yang berkontribusi sekitar 60 hingga 75 persen dari total sampah, sedangkan sisanya berasal dari sektor-sektor lain seperti pasar, hotel, terminal, dan fasilitas publik lainnya (Mujahidah & Rismawaty, 2023). Sampah organik yang terdiri dari sisa makanan, sayur-sayuran, buah-buahan, dan limbah dapur ini memiliki karakteristik mudah membusuk, sehingga jika tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan bau tidak sedap serta masalah pencemaran lingkungan lainnya.

Salah satu solusi yang efektif untuk mengelola limbah organik adalah dengan mengubahnya menjadi biogas melalui proses anaerobik. Biogas merupakan energi terbarukan yang dihasilkan dari fermentasi bahan organik tanpa kehadiran oksigen oleh mikroorganisme metanogenik. Gas ini mengandung metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk memasak, penerangan, dan bahkan pembangkit listrik (Ali, 2018; Wahyudi & Hendraningsih, 2020). Penggunaan biogas diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil sekaligus membantu pengelolaan sampah domestik yang ramah lingkungan.

Namun, efektivitas produksi biogas sangat bergantung pada beberapa parameter penting. Salah satunya adalah rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) dalam bahan baku. Rasio C/N yang ideal berada di kisaran 20-30 (Andre et al., 2024; Saputri, 2015). Limbah organik domestik sering kali memiliki rasio C/N yang tidak stabil dan kurang optimal, sehingga perlu penyesuaian dengan menambahkan bahan lain sebagai starter atau campuran, salah satunya adalah kotoran sapi. Kotoran sapi tidak hanya mengandung mikroorganisme pengurai yang aktif, tetapi juga memiliki rasio C/N sekitar 22,12, yang mendukung proses fermentasi biogas. Penambahan starter ini diyakini dapat mempercepat proses fermentasi dan meningkatkan hasil produksi biogas (Andre et al., 2024).

Selain rasio C/N dan penggunaan starter, faktor lain yang cukup penting dalam produksi biogas adalah konsentrasi Volatile Organic Compounds (VOC) dalam limbah organik. VOC adalah senyawa organik yang mudah menguap dan sering kali terdapat dalam limbah organik serta dapat berpengaruh pada aktivitas mikroorganisme anaerobik selama proses fermentasi. Konsentrasi VOC yang tinggi dapat berpotensi menghambat mikroorganisme penghasil metana, sehingga berdampak negatif pada efektivitas produksi biogas (Huertas et al., 2011). Oleh karena itu, pengendalian konsentrasi VOC dalam limbah organik menjadi aspek penting yang harus diperhatikan dalam proses produksi biogas.

Proses fermentasi anaerobik sendiri terdiri dari beberapa tahapan, yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Dalam tiap tahap tersebut, konsorsium mikroba berperan dalam menguraikan bahan organik secara bertahap menjadi metana dan karbon

dioksida (Huertas et al., 2011). Keberhasilan proses ini dipengaruhi oleh kondisi pH, suhu, kelembapan, dan konsentrasi zat-zat kimia termasuk VOC, serta rasio C/N dari bahan baku yang digunakan.

Di Indonesia, pengolahan limbah organik menjadi biogas telah banyak diterapkan terutama pada sektor peternakan, menggunakan biodigester anaerob yang mampu mengubah limbah ternak menjadi sumber energi (Dianawati & Mulijanti, 2016). Namun, pemanfaatan limbah domestik sebagai bahan baku biogas masih belum optimal dan perlu dikaji lebih mendalam, terutama terkait dengan pengaruh variabel-variabel penting seperti konsentrasi VOC, rasio C/N, dan perbandingan starter kotoran sapi dalam meningkatkan produksi biogas.

Berbagai penelitian sebelumnya sudah meneliti faktor-faktor tersebut secara terpisah, namun masih terbatas dalam mengkombinasikan ketiga variabel ini secara bersamaan pada limbah organik domestik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif pengaruh konsentrasi VOC, rasio C/N, dan perbandingan starter kotoran sapi terhadap efektivitas produksi biogas dari limbah organik domestik. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi pengelolaan sampah organik yang berkelanjutan sekaligus menghasilkan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk menguji pengaruh rasio C/N, konsentrasi VOC dan perbandingan starter kotoran sapi terhadap efektivitas produksi biogas dari limbah organik domestik. Eksperimen dilakukan secara terkontrol dengan variabel bebas yang dimanipulasi dan pengukuran variabel terikat berupa volume, tekanan, dan kadar metana (CH₄) biogas.

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas : Rasio C/N, Konsentrasi VOC dan perbandingan starter kotoran sapi dengan limbah domestik.
2. Variabel terikat: Volume biogas, tekanan biogas, dan kadar metana (CH₄) dalam biogas.
3. Variabel kontrol: Suhu (25–26°C), waktu fermentasi (10 hari), dan ukuran digester (15 L).

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi alat pencacah, batang pengaduk, corong, digester plastik (15 L), gelas beker, gas detector, manometer, kompor gas, kran gas, lem epoxy, timbangan, panci, trash bag, dan wadah. Bahan terdiri dari limbah organik domestik, kotoran sapi sebagai starter, dan air dengan volume dan berat yang telah ditentukan sesuai variasi eksperimen.

Prosedur Penelitian

1. **Persiapan Bahan Baku**
Limbah organik domestik dipilah, dipisahkan berdasarkan jenis (nasi, sayuran, daging), dan dicacah bila masih segar. Kotoran sapi segar dipersiapkan sebagai starter fermentasi.
2. **Sterilisasi Bahan**
Limbah organik sebanyak 3 kg dimasak bersama air secukupnya pada api sedang sambil diaduk secara berkala. Setelah dimasak, bahan didinginkan sampai mencapai suhu ruang.
3. **Pencampuran dan Penempatan ke Digester**
Bahan organik yang sudah disiapkan dicampur dengan air dan starter kotoran sapi sesuai rasio masing-masing variasi, lalu dimasukkan ke dalam digester berukuran 15 L. Campuran diaduk merata menggunakan batang pengaduk.
4. **Penutupan dan Instalasi Peralatan**
Digester ditutup rapat dengan penutup yang telah dipasang manometer dan kran gas. Kran gas dipasang dengan lem epoxy untuk mencegah kebocoran gas.

5. Fermentasi
6. Digester dibiarkan dalam kondisi tertutup selama 10 hari pada suhu sekitar 25–26°C untuk proses fermentasi anaerob. Selama fermentasi, dilakukan pengecekan kebocoran gas dengan membasahi permukaan digester menggunakan air sabun.
7. Pengukuran
Setelah 10 hari, volume dan tekanan biogas diukur menggunakan manometer dan kran gas. Kadar metana (CH₄) dalam biogas diukur menggunakan gas detector combustible.

Analisis Data

Data yang diperoleh berupa volume biogas, tekanan, dan kadar metana dianalisis secara kuantitatif menggunakan program Microsoft Excel. Analisis statistik meliputi perhitungan nilai rata-rata, standar deviasi, dan analisis korelasi antara variabel bebas dan terikat. Uji signifikansi dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap efektivitas produksi biogas. Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan kondisi optimum produksi biogas berdasarkan kombinasi konsentrasi VOC, rasio C/N, dan perbandingan starter kotoran sapi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

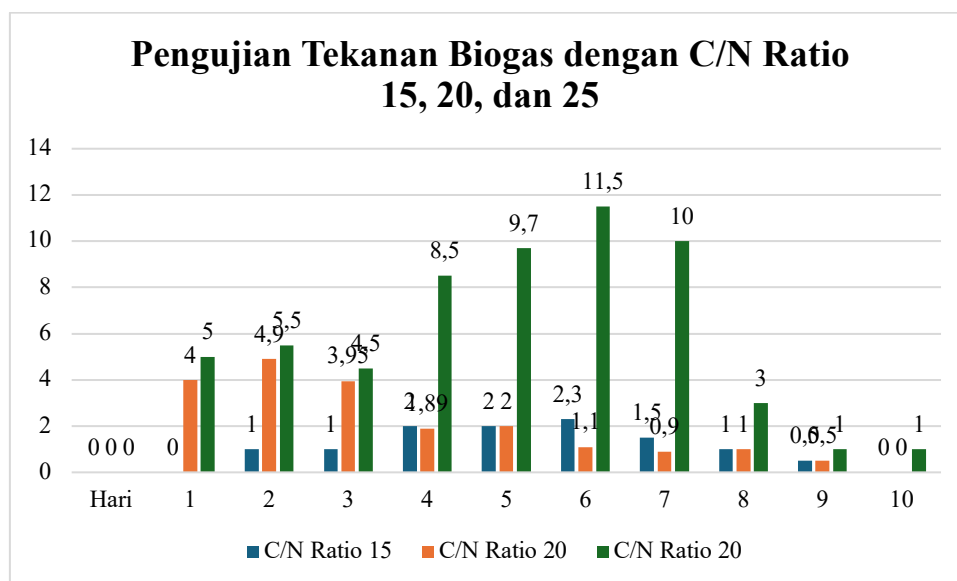
Hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu pembuatan biogas dari limbah domestik dan kotoran sapi dihasilkan produk berupa biogas. Pembuatan biogas dilakukan dengan komposisi sebagai berikut:

Volume digester	: 15 L
Volume air	: 500 mL
Suhu	: 25°C - 26°C
Waktu fermentasi	: 10 hari

Dalam penelitian ini produktivitas biogas dari limbah domestik dan kotoran sapi dinilai berdasarkan proses pengujian yang melibatkan beberapa parameter.

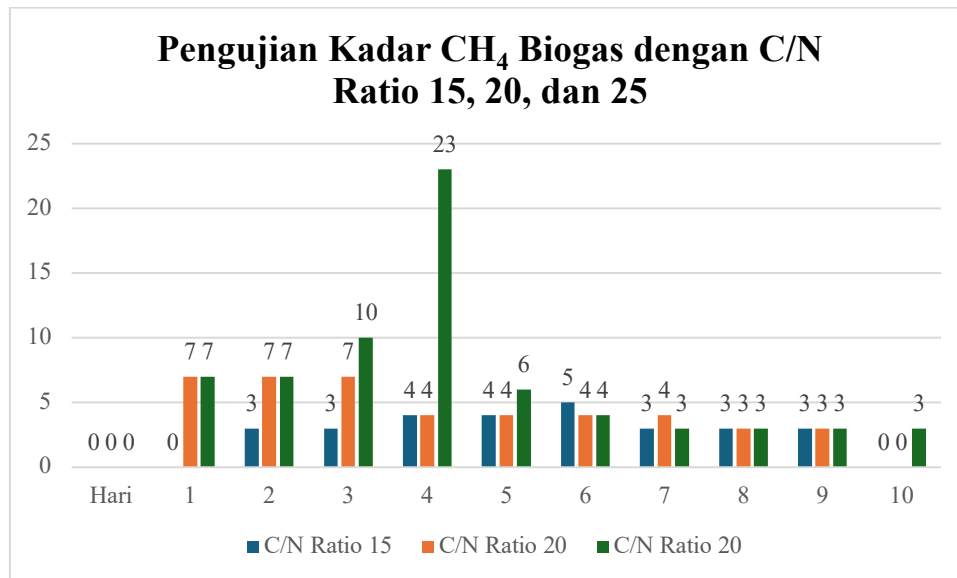
Hasil Pengujian Biogas dengan C/N Ratio

Pengujian Pertama terdiri dari variasi perbandingan dengan bahan baku 500 gram kotoran sapi dan 500 gram kotoran sapi, 500 gram limbah organik berupa sayuran dan nasi, dan penambahan 500 mL air. Pengujian terhitung setiap hari setelah bahan sudah di isi kedalam digester selama 10 hari dengan rasio C/N sebesar 15, 20, dan 25. Hasil penelitian dapat dilihat dalam gambar berikut:



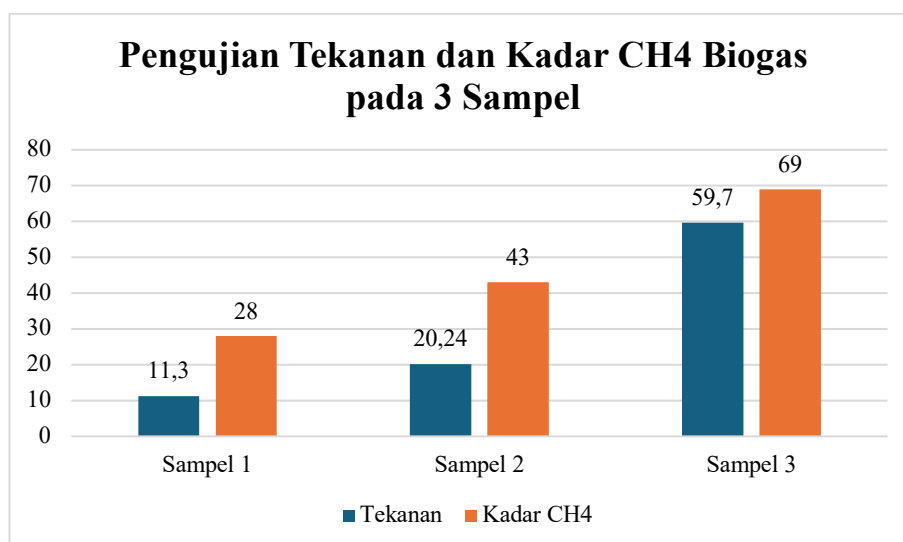
Gambar 1. Pengujian Tekanan Biogas dengan C/N Ratio 15, 20, dan 25

Hasil pengujian tekanan biogas selama 10 hari menunjukkan bahwa rasio C/N berpengaruh signifikan terhadap produksi biogas. Pada C/N 15, tekanan gas meningkat perlahan dengan total tekanan 11,3 kPa, sedangkan pada C/N 20 tekanan gas lebih tinggi dengan total 20,24 kPa. C/N 25 menghasilkan tekanan tertinggi sebesar 59,7 kPa, menandakan bahwa rasio ini paling optimal untuk fermentasi dan produksi biogas. Dengan demikian, semakin tinggi rasio C/N dalam rentang yang diuji, produksi biogas cenderung meningkat secara signifikan.



Gambar 2. Pengujian Kadar CH₄ Biogas dengan C/N Ratio 15, 20, dan 25

Kadar CH₄ pada rasio C/N 15 menunjukkan kenaikan bertahap dengan total kumulatif sebesar 28 selama 10 hari. Pada C/N 20, kadar CH₄ lebih tinggi dan relatif stabil pada awal pengujian, dengan total kumulatif sebesar 43. Sedangkan pada C/N 25, kadar CH₄ mencapai nilai tertinggi dengan puncak signifikan pada hari ke-4 (23) dan total kumulatif sebesar 69. Hal ini menunjukkan bahwa rasio C/N yang lebih tinggi (25) memberikan hasil produksi metana yang lebih optimal dibandingkan dengan rasio yang lebih rendah (15 dan 20). Namun, kadar CH₄ pada C/N 25 juga menunjukkan fluktuasi yang lebih besar dibandingkan rasio lain.



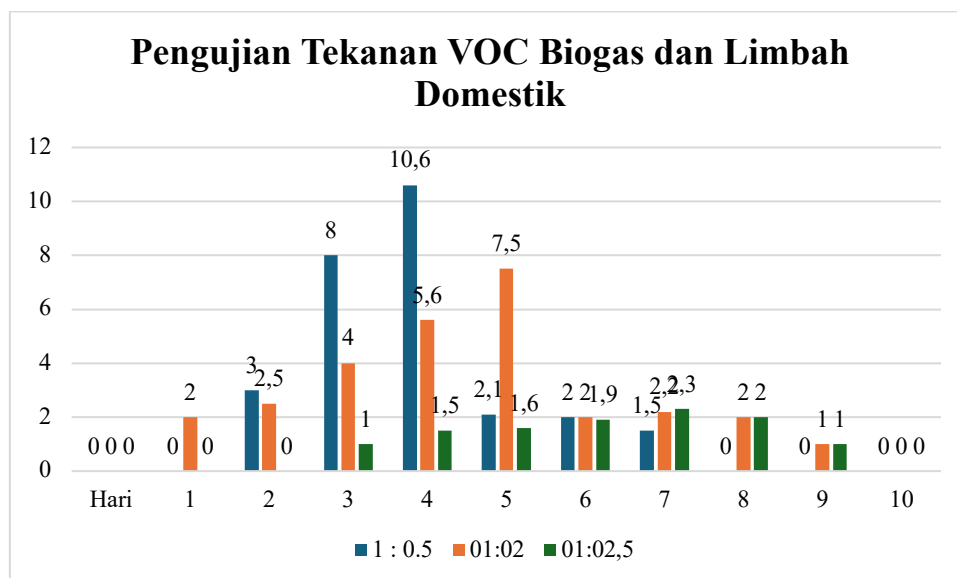
Gambar 3. Hasil Pengujian Tekanan dan Kadar CH₄ Biogas pada 3 Sampel

Berdasarkan analisis data pengujian biogas yang sudah dilakukan sebanyak 3 kali, hasil perolehan produksi biogas paling baik terdapat pada pengujian sampel 3. Hal ini dibuktikan dengan total tekanan tertinggi mencapai 59,7 kPa dan kadar CH₄ sebesar 69%. Biogas hasil sampel 3 dengan bahan kotoran sapi sebanyak 500 gram dan 500 gram limbah domestik serta penambahan glukosa sebesar 412,4278 dengan rasio C/N sebesar 25, menunjukkan bahwa perbandingan rasio C/N sangat berpengaruh terhadap produksi biogas yang dihasilkan. Dapat menghasilkan biogas tertinggi karena memiliki jumlah carbon lebih banyak dari nitrogen yang menyebabkan hal ini memberi nutrisi bakteri untuk menghasilkan biogas.

Pada pengujian sampel 1 dan sampel 2 dilakukan dengan lebih sedikit rasio C/N atau penambahan gula. Pada pengujian sampel 1 digunakan bahan kotoran sapi sebanyak 500 gram dan 500 gram limbah domestik dengan rasio C/N 15, hasil menunjukkan perolehan biogas turun dibandingkan dengan pengujian sampel 3 dengan hasil tekanan sebesar 11,3 kPa dan kadar CH₄ sebesar 28%. Pada pengujian sampel 2 digunakan bahan kotoran sapi sebanyak 500 gram dan 500 gram limbah domestik serta penambahan glukosa sebesar 206,2139 dengan rasio C/N 20, hasil menunjukkan perolehan biogas turun dibandingkan dengan pengujian sampel 2 dengan hasil tekanan sebesar 20,24 kPa dan kadar CH₄ sebesar 43%. Penambahan glukosa untuk menaikkan rasio C/N pada sampel 2 dan sampel 3 mempengaruhi hasil produksi dari biogas. Hal ini dibuktikan dengan lebih naiknya tekanan dan kadar CH₄ pada pengujian sampel 2 dan sampel 3 terhadap pengujian sampel 1. Ternyata rasio C/N sangat berpengaruh terhadap produksi biogas, sebagaimana terlihat pada pengujian sampel 1, 2, dan 3. Jumlah carbon yang lebih banyak dibandingkan jumlah nitrogen membuat produksi biogas naik. Hal ini dibuktikan semakin besar kandungan C/N limbah domestik maka semakin banyak pula produksi biogas yang dihasilkan. Sehingga limbah sayuran lebih mudah mengalami pembusukan dan menghasilkan gas metana secara cepat.

Pengujian VOC Biogas dan Limbah Domestik

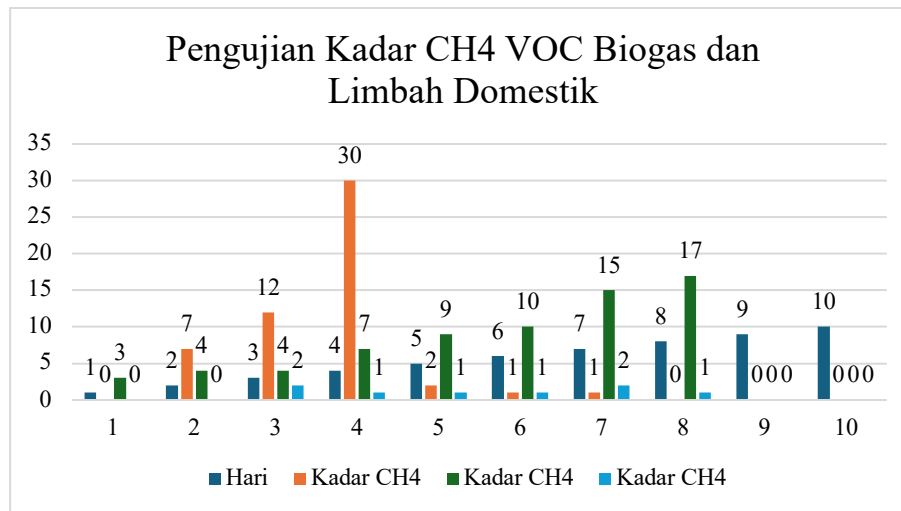
Pengujian pertama terdiri dari variasi perbandingan dengan bahan baku 500 gram kotoran sapi dan 500 gram limbah organik berupa sisa sayuran. Kemudian penambahan air sebanyak 250 mL. Pengujian terhitung setiap hari setelah bahan sudah diisi kedalam digester selama 10 hari. Hasil penelitian dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 4. Hasil Pengujian Tekanan VOC Biogas dan Limbah Domestik

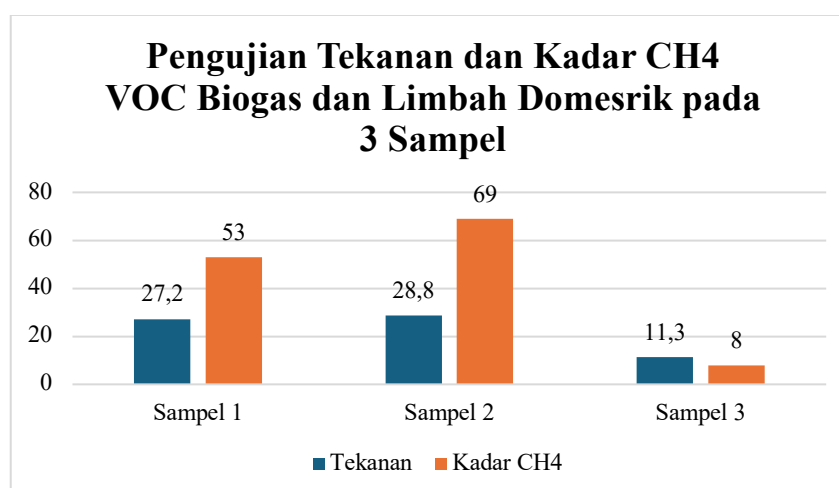
Pengujian tekanan biogas selama 10 hari menunjukkan bahwa tekanan tertinggi tercapai pada variasi kedua (kolom tengah) dengan nilai maksimum 7,5 kPa pada hari ke-5. Sementara itu, variasi pertama (kolom pertama) menunjukkan tekanan maksimum sebesar 10,6 kPa pada hari ke-4, namun hanya terjadi sesaat dan menurun drastis setelahnya. Variasi ketiga (kolom

kanan) memiliki nilai tekanan yang paling rendah secara keseluruhan, dengan tekanan tertinggi hanya mencapai 2,3 kPa pada hari ke-7. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kedua menghasilkan tekanan biogas yang lebih stabil dan berkelanjutan dibandingkan variasi pertama dan ketiga. Tekanan mulai menurun signifikan pada semua variasi setelah hari ke-7, menandakan fase fermentasi memasuki tahap akhir produksi gas.



Gambar 5. Pengujian Kadar CH4 VOC Biogas dan Limbah Domestik

Kadar metana tertinggi dihasilkan oleh variasi kedua, dengan puncak mencapai 17% pada hari ke-8 dan nilai yang terus meningkat dari hari ke-1 hingga hari ke-7. Variasi ini menunjukkan tren produksi CH₄ yang stabil dan berkelanjutan, mencerminkan proses fermentasi yang lebih efektif dibandingkan variasi lainnya. Sementara itu, variasi pertama hanya menghasilkan metana tertinggi sebesar 7% pada hari ke-2 dan langsung menurun tajam pada hari-hari berikutnya, yang menunjukkan proses produksi gas yang tidak stabil dan tidak berkelanjutan. Variasi ketiga menghasilkan kadar metana yang rendah secara konsisten, dengan nilai tertinggi hanya 2% pada hari ke-7, serta menunjukkan aktivitas fermentasi yang kurang optimal. Secara keseluruhan, variasi kedua terbukti paling efektif dalam menghasilkan metana baik dari segi jumlah maupun kestabilan produksinya selama masa fermentasi.



Gambar 6. Hasil Pengujian Tekanan dan Kadar CH4 VOC Biogas dan Limbah Domestik pada 3 Sampel

Berdasarkan analisis data pengujian biogas yang sudah dilakukan sebanyak 3 kali, hasil perolehan produksi biogas paling baik terdapat pada pengujian sampel 2. Hal ini dibuktikan dengan total tekanan tertinggi mencapai 28,8 kPa dan kadar CH₄ sebesar 69%. Biogas hasil sampel 2 dengan perbandingan bahan kotoran sapi 500 gram dengan limbah domestik 500 gram

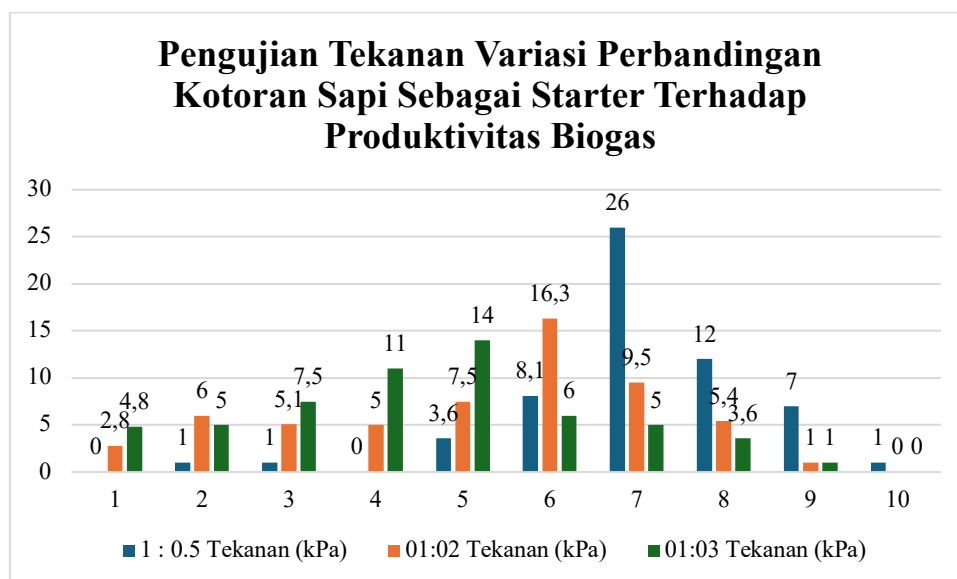
dan penambahan air sebanyak 1000 mL, menunjukkan bahwa jumlah penambahan air yang seimbang mempengaruhi dengan hasil biogas yang dihasilkan.

Pada pengujian sampel 1 dan sampel 3 dilakukan dengan penambahan air yang sedikit dan lebih banyak. Pada pengujian sampel 1 digunakan bahan kotoran sapi sebanyak 500 gram dan 500 gram limbah domestik dengan penambahan air 250 mL, hasil menunjukkan perolehan biogas turun dibandingkan dengan pengujian sampel 3 dengan hasil tekanan sebesar 27,2 kPa dan kadar CH₄ sebesar 53%. Pada pengujian sampel 2 digunakan bahan kotoran sapi sebanyak 500 gram dan 500 gram limbah domestik serta penambahan air sebesar 1500 mL, hasil menunjukkan perolehan biogas turun dibandingkan dengan pengujian sampel 3 dengan hasil tekanan sebesar 11,3 kPa dan kadar CH₄ sebesar 8%. Penambahan air yang cukup pada sampel 1 dan sampel 2 mempengaruhi hasil produksi dari biogas. Hal ini dibuktikan dengan lebih naiknya tekanan dan kadar CH₄ pada pengujian sampel 1 dan sampel 2 terhadap pengujian sampel 3.

Ternyata penambahan air yang cukup sangat berpengaruh terhadap produksi biogas yang dihasilkan dengan memperhatikan pengujian sampel 1, sampel 2, dan sampel 3. Jumlah air yang lebih sedikit dibandingkan jumlah air yang banyak membuat produksi biogas naik. Hal ini dibuktikan semakin banyak penambahan air maka semakin sedikit biogas yang dihasilkan. Sehingga limbah sayuran lebih mudah mengalami pembusukan dan menghasilkan gas metana secara cepat.

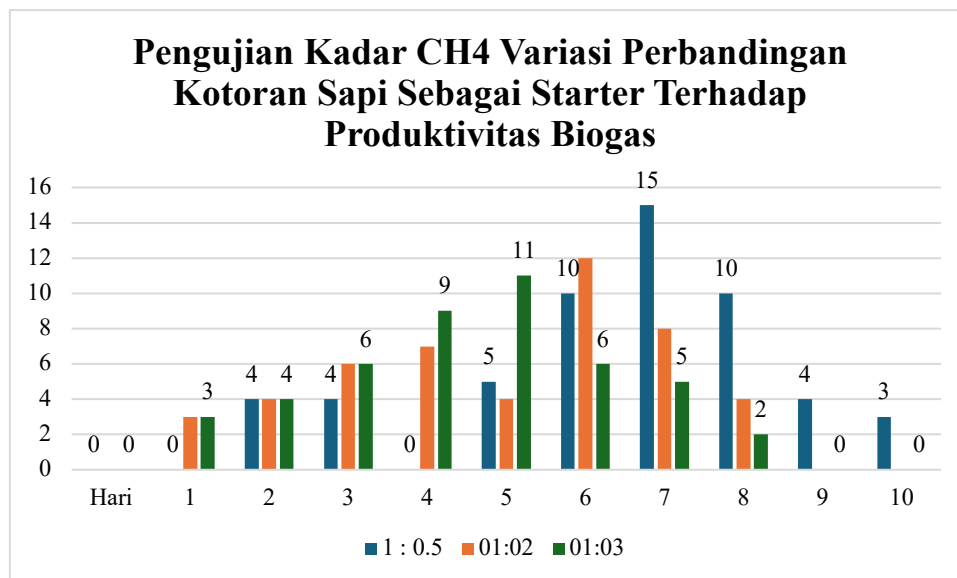
Produktivitas Biogas Dengan Variasi Perbandingan Kotoran Sapi Sebagai Starter

Pengujian pertama terdiri dari variasi perbandingan dengan bahan baku 500 gram kotoran sapi dan 500 gram limbah organik berupa sisa sayuran. Kemudian penambahan air sebanyak 250 mL. Pengujian terhitung setiap hari setelah bahan sudah diisi ke dalam digester selama 10 hari. Hasil penelitian dapat dilihat dalam gambar berikut:



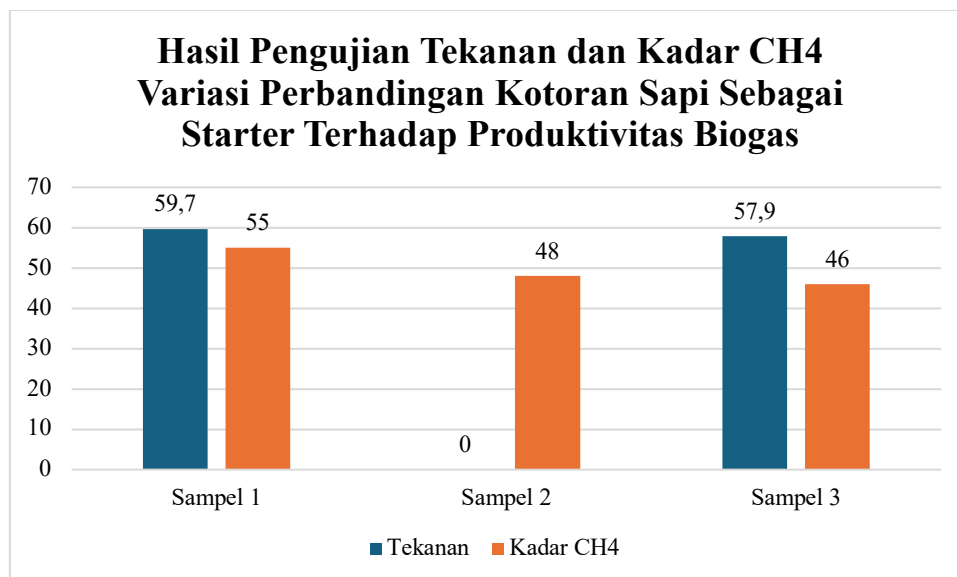
Gambar 7. Hasil Pengujian Tekanan Variasi Perbandingan Kotoran Sapi Sebagai Starter Terhadap Produktivitas Biogas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa rasio starter kotoran sapi 1:0,5 menghasilkan tekanan biogas tertinggi, yakni 26 kPa pada hari ke-7, menandakan efisiensi produksi yang optimal. Rasio 1:2 memiliki tekanan maksimum sebesar 16,3 kPa pada hari ke-6, menunjukkan kestabilan produksi. Sementara itu, rasio 1:3 menghasilkan tekanan awal yang tinggi namun menurun setelah mencapai puncak 14 kPa pada hari ke-5. Secara keseluruhan, semakin sedikit jumlah starter dalam rasio yang tepat, semakin efektif proses fermentasi dan produksi biogas yang dihasilkan.



Gambar 8. Pengujian Kadar CH₄ Variasi Perbandingan Kotoran Sapi Sebagai Starter Terhadap Produktivitas Biogas

Hasil pengujian kadar CH₄ (metana) dari variasi rasio starter kotoran sapi menunjukkan bahwa rasio 1:0,5 menghasilkan puncak kadar metana tertinggi sebesar 15% pada hari ke-7, diikuti dengan penurunan bertahap. Pada rasio 1:2, kadar CH₄ mencapai nilai maksimum 12% pada hari ke-6, dengan tren yang cukup stabil sebelum menurun. Sedangkan pada rasio 1:3, kadar metana tertinggi dicapai pada hari ke-5 sebesar 11%, namun mengalami penurunan yang lebih cepat dibanding dua rasio lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa rasio 1:0,5 memberikan efisiensi pembentukan gas metana yang lebih optimal dibandingkan rasio lainnya.



Gambar 9. Hasil Pengujian Tekanan dan Kadar CH₄ Variasi Perbandingan Kotoran Sapi Sebagai Starter Terhadap Produktivitas Biogas

Berdasarkan analisis data pengujian biogas yang sudah dilakukan sebanyak 3 kali, hasil perolehan produksi biogas paling baik terdapat pada pengujian sampel 1. Hal ini dibuktikan dengan total tekanan tertinggi mencapai 59,7 kPa dan kadar CH₄ sebesar 55%. Biogas hasil sampel 1 dengan perbandingan bahan kotoran sapi 250 gram dengan limbah domestik 500 gram, menunjukkan bahwa jumlah bahan baku dari kotoran sapi dan limbah domestik sangat berpengaruh terhadap produksi biogas yang dihasilkan. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Yani, 2022) dapat menghasilkan biogas tertinggi karena memiliki jumlah isian

(sampah sayuran) dan kotoran sapi yang relatif tidak berbeda jauh dan cukup untuk memberi nutrisi bakteri untuk menghasilkan biogas.

Pengujian sampel 1 dilakukan dengan perbandingan bahan kotoran sapi sebanyak 250 gram dengan limbah domestik sebanyak 500 gram, hasil tekanan mencapai 59,7 kPa dan kadar CH₄ sebanyak 55%. Pada pengujian sampel 2 dan sampel 3 dilakukan dengan lebih banyak bahan kotoran sapi daripada limbah domestik. Pada pengujian sampel 2 digunakan bahan kotoran sapi sebanyak 1000 gram dan 500 gram limbah domestik, hasil menunjukkan perolehan biogas turun dibandingkan dengan pengujian sampel 1 dengan hasil tekanan sebesar 58,6 kPa dan kadar CH₄ sebesar 48%. Pada pengujian sampel 3 digunakan bahan kotoran sapi sebanyak 1500 gram dan 500 gram limbah domestik, hasil menunjukkan perolehan biogas turun dibandingkan dengan pengujian sampel 2 dengan hasil tekanan sebesar 57,9 kPa dan kadar CH₄ sebesar 46%. Penambahan kotoran sapi pada sampel 2 dan sampel 3 mempengaruhi hasil produksi dari biogas. Hal ini dibuktikan dengan lebih menurunnya tekanan dan kadar CH₄ pada pengujian sampel 2 dan sampel 3 terhadap pengujian sampel 1.

Ternyata jumlah kotoran sapi sangat berpengaruh terhadap produksi biogas yang dihasilkan dengan memperhatikan pengujian sampel 1, sampel 2, dan sampel 3. Jumlah kotoran sapi yang lebih banyak dibandingkan jumlah limbah domestik membuat produksi biogas turun. Hal ini disebabkan kandungan C/N limbah domestik berupa limbah sayuran lebih tinggi dibandingkan kotoran sapi. Sehingga limbah sayuran lebih mudah mengalami pembusukan dan menghasilkan gas metana secara cepat.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai Pengaruh Rasio C/N, Konsentrasi VOC, dan Perbandingan Starter Kotoran Sapi terhadap Efektivitas Produksi Biogas dari Limbah Organik Domestik menghasilkan beberapa temuan penting sebagai berikut:

1. Rasio C/N secara signifikan memengaruhi efektivitas produksi biogas. Semakin tinggi rasio C/N, maka semakin besar tekanan gas dan kadar CH₄ yang dihasilkan. Sampel dengan rasio C/N tertinggi (sampel 3) menunjukkan hasil terbaik, dengan tekanan mencapai 59,7 kPa dan kadar metana sebesar 69%, menjadikannya sampel paling optimal dalam produksi biogas.
2. Konsentrasi VOC juga berdampak terhadap pembentukan biogas. Hasil terbaik tercapai pada sampel dengan VOC sedang, yaitu total tekanan 28,8 kPa dan kadar CH₄ sebesar 69%. Semakin banyak air yang ditambahkan (menurunkan konsentrasi bahan organik), maka tekanan dan kadar metana menurun. Hal ini menunjukkan pentingnya keseimbangan antara limbah, starter, dan air dalam pembentukan biogas.
3. Perbandingan starter kotoran sapi terhadap limbah domestik memengaruhi produktivitas gas. Hasil terbaik didapatkan pada rasio 1:0,5 (starter lebih sedikit), dengan tekanan biogas mencapai 26 kPa dan kadar CH₄ sebesar 15%. Peningkatan jumlah kotoran sapi justru menurunkan efektivitas produksi biogas, diduga karena kelebihan nitrogen yang mengganggu keseimbangan rasio C/N optimal.

REFERENSI

- Ali, H. (2018). Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Bahan Dasar Pembuatan Biogas di Workshop Kesehatan Lingkungan Bengkulu. *Journal of Nursing and Public Health*, 5(1), 32–39. <https://doi.org/10.37676/jnph.v5i1.597>
- Andre, I. A., Mufarida, N. A., & Kosjoko, K. (2024). Pemanfaatan Limbah Buah–Buahan menjadi Biogas dengan Starter Kotoran Sapi, Kotoran Kambing dan Burung Puyuh. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, 8(2), 70–76. <https://doi.org/10.32528/jp.v8i2.588>

- Dianawati, M., & Mulijanti, S. L. (2016). Peluang Pengembangan Biogas di Sentra Sapi Perah. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 34(3), 125. <https://doi.org/10.21082/jp3.v34n3.2015.p125-134>
- Huertas, I. J., Giraldo, N., & Izquierdo, S. (2011). Removal of H₂S and CO₂ from Biogas by Amine Absorption. In *Mass Transfer in Chemical Engineering Processes* (pp. 133–150). InTech.
- Mujahidah, M., & Rismawaty, S. (2023). Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga. *Journal of Natural Science*, 2(1), 25-34.
- Rhohman, F., & Nuryosuwito, N. (2021). Analisa Matematis Hasil Biogas Dari Sampah Sayuran Berdasarkan Perbedaan Jumlah Bahan. *Jurnal Mesin Nusantara*, 4(2), 84–89. <https://doi.org/10.29407/jmn.v4i2.17092>
- Saputri, H. A. (2015). *Pengaruh Persentase Volume Starter Dan Waktu Fermentasi Pada POME Terhadap Kuantitas Biogas Menggunakan Digester Balok Sistem Batch*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Wahyudi, A., & Hendraningsih, L. (2020). *Biogas Fermentasi Limbah Peternakan*. UMMPress.
- Yani, A. (2022). Variasi Campuran Limbah Sayur Kol dan Feses Sapi Untuk Meningkatkan Produktifitas Biogas: Studi Eksperimental. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 10(2), 151–157. <https://doi.org/10.32487/jtt.v10i2.1574>