
Pembuatan Biodigester Tipe *Batch* Skala 120 Liter untuk menghasilkan Biogas dari Campuran Bahan Baku Kotoran Kambing, Kotoran Ayam dan Limbah Sayur

Popi Febrianti^{1*}, Nadiareta Sitorus², Desniorita³, Miftahurrahmah⁴

¹⁻⁴ Politeknik ATI Padang, Indonesia

popifebrianti02@gmail.com^{1*}, nadiaretasitorus08@gmail.com²

Alamat Kampus: Jalan Bungo Pasang, Tabing - Padang 25171

Correspondence E-mail: popifebrianti02@gmail.com

Abstract: Biogas is a potential renewable energy source to meet energy needs, especially in remote areas that do not have access to electricity. The process of making biogas is carried out through anaerobic fermentation of organic materials such as vegetable waste, livestock manure and agricultural waste. This research aims to design a batch type biodigester that can produce biogas from a mixture of goat manure, chicken manure and vegetable waste. Biodigester is a reactor used to produce biogas. The stirred biodigester aims to mix the substrate evenly in the biodigester and prevent the formation of scum. The biodigester designed has a capacity of 120 liters with a stirring system to increase the efficiency of biogas production. The fermentation process was carried out for 21 days by monitoring parameters such as temperature, pH, Chemical Oxygen Demand (COD), and methane gas concentration (CH₄). The results showed that the temperature and pH in the biodigester remained in optimal conditions for the activity of methanogenic microorganisms. The highest CH₄ concentration measurement was recorded on day 20 at 60%, which indicates good biogas quality. In addition, the flame test on day 21 produced a blue flame, indicating a high CH₄ content. The decrease in CH₄ concentration at the end of the study was caused by the exhaustion of organic material. This research contributes to the development of efficient and environmentally friendly biodigester technology to produce biogas as a renewable energy source.

Key words: biogas, biodigester, goat manure, chicken manure, vegetable waste, renewable energy, anaerobic fermentation.

Abstrak: Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang potensial untuk memenuhi kebutuhan energi, terutama di daerah terpencil yang belum terakses listrik. Proses pembuatan biogas dilakukan melalui fermentasi anaerob bahan organik seperti limbah sayuran, kotoran ternak, dan limbah pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang biodigester tipe batch yang dapat memproduksi biogas dari campuran kotoran kambing, kotoran ayam, dan limbah sayur. Biodigester merupakan reaktor yang digunakan untuk memproduksi biogas. Biodigester berpengaduk bertujuan untuk mencampurkan substrat secara merata didalam biodigester dan mencegah terbentuknya scum. Biodigester yang dirancang memiliki kapasitas 120 liter dengan sistem pengadukan untuk meningkatkan efisiensi produksi biogas. Proses fermentasi dilakukan selama 21 hari dengan pemantauan parameter seperti suhu, pH, Chemical Oxygen Demand (COD), dan konsentrasi gas metana (CH₄). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan pH dalam biodigester tetap dalam kondisi optimal untuk aktivitas mikroorganisme metanogen. Pengukuran konsentrasi CH₄ tertinggi tercatat pada hari ke-20 sebesar 60%, yang menunjukkan kualitas biogas yang baik. Selain itu, uji nyala api pada hari ke-21 menghasilkan nyala biru, menandakan kandungan CH₄ yang tinggi. Penurunan konsentrasi CH₄ pada akhir penelitian diakibatkan oleh habisnya bahan organik. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi biodigester yang efisien dan ramah lingkungan untuk menghasilkan biogas sebagai sumber energi terbarukan.

Kata kunci: biogas, biodigester, kotoran kambing, kotoran ayam, limbah sayur, energi terbarukan, fermentasi anaerob.

1. PENDAHULUAN

Biogas merupakan salah satu alternatif sumber energi terbarukan yang dapat menjawab kebutuhan energi. Biogas merupakan hasil dekomposisi bahan organik melalui proses fermentasi anaerob yang menghasilkan gas bio berupa gas metana (CH_4) yang dapat dibakar. Biogas dapat dikembangkan untuk kebutuhan rumah tangga serta industri. Daerah terpencil yang belum mendapat suplai energi listrik dari PLN diharapkan mampu mengembangkan sumber energi listrik secara mandiri dengan menggunakan biogas sebagai sumber energi. Komposisi biogas adalah $\pm 55 - 70\%$ CH_4 (metana), $\pm 25-45\%$ CO_2 (karbon dioksida), $\pm 0-0,3\%$ N_2 , $0,1-5\%$ O_2 , $1-5\%$ H_2 dan $0-3\%$ H_2S (Pratiwi et al., 2019).

Bahan baku untuk membuat biogas berasal dari substrat bahan organik atau sisa jasad renik, baik yang sudah mengalami dekomposisi maupun yang masih segar seperti limbah sayuran dan buah-buahan, limbah peternakan, limbah pertanian, dan limbah cair seperti limbah cair kelapa sawit. Sampah organik merupakan timbunan sampah terbanyak di seluruh Indonesia. Berdasarkan data SIPSN Kementerian Lingkungan Hidup, tahun 2021 sebanyak 42,29% sampah organik dari total timbunan sampah 68,5 juta ton. Salah satu sumber sampah organik berasal dari pasar tradisional. Sampah sayur merupakan salah satu sampah organik yang berasal dari pasar tradisional yang belum dikelola dengan baik. Sampah organik yang belum dikelola dengan baik dapat menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti pencemaran tanah akibat air lindi yang dihasilkan, dan pencemaran udara akibat bau yang tidak sedap. Sampah sayur mengandung bahan-bahan organik sehingga termasuk biomassa yang dapat diubah menjadi biogas.

Menurut penelitian (Andreas, 2024) Kotoran kambing mempunyai rasio C/N 24%, dan setiap satu ekor kambing pada umumnya akan menghasilkan kurang lebih 4 kg kotoran per harinya. Dari penelitian (Dewilda & Kartika, 2013) kotoran ayam memiliki rasio C/N 6,6 % dan sampah sayur dan buah memiliki rasio C/N 37,6%. Penelitian (Dharma et al., n.d.) 20 kg kotoran ayam menghasilkan 2,04 m³ Biogas artinya 1 kg kotoran ayam menghasilkan 0,102 m³ atau dengan kata lain jumlah biogas yang dihasilkan 0,102 m³ /kg kotoran ayam, Untuk 20 kg kotoran kambing menghasilkan 2,04 m³ biogas artinya 1 kg kotoran ayam menghasilkan 0,028 m³ sehingga jumlah biogas yang dihasilkan 0,028 m³ /kg kotoran kambing.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Biodigester

Pemanfaatan kotoran ternak dan limbah sayur untuk dijadikan biogas perlu adanya alat yang digunakan untuk memproduksi biogas secara maksimal. Biodigester merupakan reaktor yang digunakan untuk memproduksi biogas dari bahan organik seperti kotoran kambing, kotoran ayam, dan limbah sayur. Untuk meningkatkan efisiensi produksi biogas dilakukan beberapa modifikasi pada desain biodigester, seperti penambahan sistem pengadukan. Pengadukan dapat membantu mencampurkan substrat secara merata, mendistribusikan nutrisi dan mikroorganisme secara lebih baik, serta menghilangkan produk samping yang menghambat proses fermentasi.

Pengadukan sangat bermanfaat bagi bahan yang berada di dalam biodigester anaerob karena memberikan peluang material tetap tercampur dengan bakteri dan temperatur terjaga merata diseluruh bagian. Dengan pengadukan juga juga potensi material mengendap di dasar biodigester semakin kecil, konsentrasi merata dan memberikan kemungkinan seluruh material mengalami proses fermentasi anaerob secara merata. Pengadukan dapat dilakukan sebelum dimasukkan ke dalam biodigester atau ketika sudah beradda di dalam biodigester (Winrock Internasional, 2015).

Dalam penelitian yang dilakukan Candra Tri Kurniawan, dkk (2022), bahwasannya menggunakan pengaduk manual adalah pilihan yang tepat karena dengan adanya alat ini akan meningkatkan gas metana. Semakin sering alat dioperasikan maka banyak pula gas yang dihasilkan sert sebaliknya, jika minim alat dioperasikan maka gas yang dihasilkan pun tidak maksimal. Penelitian ini menyarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan jenis bahan baku yang berbeda dan memerlukan modifikasi alat agar dapat gas metana yang dihasilkan optimal.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan biodigester type batch skala 120 liter dengan menghasilkan biogas dari campuran bahan baku kotoran kambing, kotoran ayam, dan limbah sayur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi biodigester yang lebih efisien dan ramah lingkungan, dapat digunakan secara non-komersial, serta memfasilitasi pemanfaatan biogas dari kotoran ternak dan limbah sayur sebagai sumber energi terbarukan.

Jenis-jenis Biodigester

Ada beberapa jenis sistem dan instalasi biodigester biogas yang telah dirancang untuk memanfaatkan biogas secara efisien. Meskipun setiap model berbeda tergantung pada input, output, ukuran, dan jenisnya, proses biologis yang mengubah sampah organik

menjadi biogas adalah sama. Biodigester biogas dibedakan atas menjadi 2 jenis yaitu tipe *batch* dan tipe aliran kontinu yaitu sebagai berikut:

a. Tipe *Batch*

Pada tipe *batch* bahan organik ditempatkan di tangki tertutup dan proses secara anaerobic selama periode tertentu tergantung pada jumlah bahan yang dimasukkan. Bahan organik biodigester biasanya dipertahankan pada temperatur tertentu. Selain itu terkadang dilakukan pengadukan untuk membantu melepaskan gelembung gas dari *sludge*.

Biodigester tipe *batch* umumnya digunakan pada tahap eksperimen, yaitu untuk mengetahui potensi dari bahan yang diproses sebelum unit yang besar dibangun, miniature tipe *batch* dirancang oleh *Henry Doubleay Research Assiciation*. Biodigester ini memiliki kapasitas 10 liter dan cocok digunakan sebagai percobaan di laboratorium (Fry, 1973).

Biodigester tipe *batch* memiliki kelebihan lain, yaitu dapat digunakan ketika bahan tersedia pada waktu-waktu tertentu dan bila memiliki kandungan padatan tinggi (sekitas 20%). Bila bahan berserat/sulit diproses, tipe *batch* lebih cocok digunakan dibandingkan tipe aliran kontinyu (*continuous flow*), karena lama proses dapat ditingkatkan dengan mudah. Bila saat proses terjadi kesalahan, misalnya karena bahan beracun, proses dapat dihentikan dan dimulai dengan yang baru.

b. Tipe Aliran Kontinu

Pada tipe aliran kontinu, bahan organik dimasukkan ke dalam biodigester secara teratur pada satu ujung dan setelah memulai fermentasi, keluar di ujung yang lain. Tipe ini mengatasi masalah pada proses pemasukan dan penggosongan pada tipe *batch*. Terdapat empat jenis dari tipe aliran kontinu dengan masing- masing tujuan, kelebihan dan kekurangannya sebagai berikut (Pertiwiningrum, 2016).

c. Tipe *fixed domed plant*

Biodigester tipe *fixed domed plant* memiliki volume tetap seiring dengan terjadinya peningkatan produksi tekanan di dalam reaktor. Kontruksi biodigester biogas tipe *fixed domed plant* berbentuk kubah tetap, gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke dalam tangki penampungan gas yang berada di luar reaktor. Indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan. Tipe *fixed domed plant* tersusun dari bagian bagian pencernaan yang berbentuk kubah tertutup. Di dalam biodigester terdapat ruang penampung gas dan *removal tank*. Ketika gas mulai dihasilkan, gas tersebut akan menekan lumpur (*slurry*) sisa fermentasi ke bak penampungan *slurry*.

Apabila limbah organik (kotoran) dalam jumlah banyak secara kontinu, maka gas yang terbentuk secara alami akan terus menekan produksi lumpur hingga meluap keluar dari bak *slurry*. Gas yang telah dihasilkan akan dialiri melewati pipa gas yang telah terpasang katup kontrol pengaman. Tekanan gas di dalam biodigester akan meningkat seiring dengan meningkatnya volume gas di dalam penampung gas.

d. *Tipe balloon plant*

Biodigester tipe *balloon plant* memiliki konstruksi yang sederhana, yang tersusun atas plastik dan pada tiap ujung sisi dan atasnya dibenamkan pipa sebagai jalur masuk limbah organik dan keluarnya residu yang berbentuk lumpur dan pipa pada bagian atas berfungsi sebagai jalur keluarnya gas. Pengaplikasian biodigester tipe *balloon plant* banyak terdapat pada skala rumah tangga karena memiliki efisiensi yang sangat mudah dalam segi penanganan dan perawatan.

Biodigester tipe *balloon plant* terdiri dari satu tangki besar sebagai reaktor tanpa sekat di dalamnya sehingga ruang fermentasi dan penampungan gas tercampur di dalam satu ruangan.

e. *Tipe floating domed plant*

Biodigester tipe *floating domed plant* bersifat mengapung sehingga dapat bergerak sebagai bentuk penyesuaian dengan kenaikan tekanan gas yang terdapat dalam reaktor. Pergerakan biodigester dipengaruhi oleh proses fermentasi dan proses terbentuknya gas. Biodigester akan bergerak ke atas ketika produksi gas bertambah dan bergerak ke bawah ketika produksi gas berkurang dan bergerak turun ke bawah ketika kondisi gas berkurang seiring mengikuti alur dalam penggunaan gas. Biodigester tipe *floating domed plant* bekerja untuk memproduksi gas ditandai dengan adanya pergerakan pada biodigester. Tipe *floating domed plant* memiliki bentuk silinder sebagai tempat menampung dan menyimpan gas yang dilengkapi dengan rangka penyangga agar pergerakan stabil.

Jenis-jenis pengaduk (agitator)

Menurut bentuk dan jenisnya, pengaduk dapat dibagi menjadi 3 golongan yaitu propeller, helikal ribbon, turbine, paddles. Akan tetapi pada penelitian ini menggunakan pengaduk jenis *turbine*.

a. *Turbine*

Istilah *turbine* ini diberikan bagi berbagai macam jenis pengaduk tanpa memandang rancangan, arah discharger ataupun karakteristik aliran. *Turbine* merupakan pengaduk dengan sudu tegak datar dan bersudut konstan. Pengaduk jenis ini

digunakan pada viskositas fluida rendah seperti halnya pengaduk jenis *propeller*. Pengaduk *turbine* menimbulkan aliran arah radial dan tangensial. Di sekitar turbine terjadi daerah turbulensi yang kuat, arus dan geseran yang kuat antar fluida. Salah satu jenis pengaduk *turbine* adalah *pitched blade*. Pengaduk jenis ini memiliki sudut sudu konstan. Aliran terjadi pada arah aksial, meski demikian terdapat pola aliran pada arah radial. Aliran ini akan mendominasi jika sudu berada dekat dengan dasar tangki.

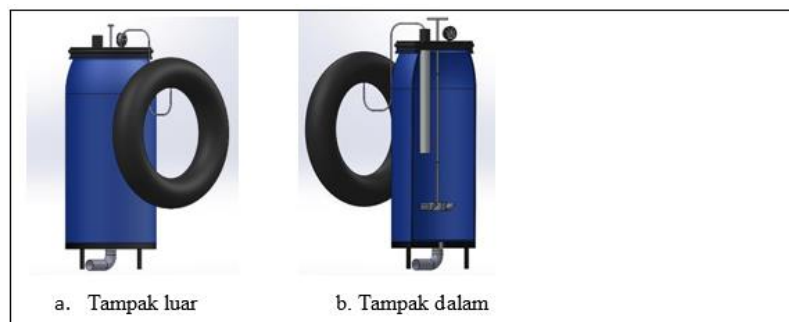
3. METODE PENELITIAN

Material

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah kotoran Kambing, Kotoran Ayam dan limbah sayur, biodigester dibuat dari tangki ukuran 120 liter berbahan *high density polyethylene* (HDPE), pipa 2 inci, pipa ½ inci, sdl pipa 2 inci dan ½ inci, stop kran, selang minyak, drat pipa 2 inci, drat pipa ½ inci, *elbow* dan *knee*. Biodigester yang dibuat type batch. Lem silikon digunakan untuk merekatkan dan menutup sambungan yang ada pada biodigester, lem pipa digunakan untuk merekatkan pipa pada sambungan.

Pembuatan Biodigester

Semua peralatan dan bahan yang dibutuhkan disiapkan terlebih dahulu. Pembuatan impeler potong besi 150 cm panjang batang pengaduk, 8 cm panjang daun pengaduk dan 4 cm lebar daun pengaduk lalu sambungkan bagian yang telah dipotong dengan cara di las. Pembuatan biodigester pada bagian bawah dan atas tangki 120 liter dibuat lubang sebesar diameter drat pipa 2 inci menggunakan bor, kemudian drat pipa dipasangkan pada lubang tersebut dan dilem menggunakan lem silikon. Pasangkan sdl pipa 2 inci pada drat pipa yang telah dipasang pada tangki, kemudian pasang dan lem pipa 2 inci yang telah dipotong pada sdl. Bagian atas tangki dibuat lubang sebesar ukuran drat pipa ½ inci, kemudian drat dipasangkan pada lubang tersebut dan direkatkan menggunakan lem silikon.



Gambar 1 Skema Rancangan Biodigester Terintegrasi dengan Adsorber

Fermentasi Biogas

Kotoran kambing sebanyak 15 kg, kotoran ayam 10 kg dan limbah sayur 5 kg dicampurkan dengan air sebanyak 40 liter. Campuran yang telah tercampur rata dimasukkan kedalam biodigester. Pastikan pada biodigester tidak ada udara yang masuk, dan kotoran sapi difermentasi selama 21 hari. Ukur Ph awal dan akhir campuran, nilai COD awal dan akhir dan % biogas dari hari ke 10.

Uji Kadar Gas Metana Menggunakan Alat *Detector* Mestek-CGD02

Biogas yang dihasilkan dari biodigester di tampung kedalam sebuah wadah sampel gas. Siapkan alat detector gas Mestek-CGD02. Lalu hidupkan alat detector dengan cara menekan tombol power selama 2 detik. Setelah alat hidup, biarkan alat stabil selama 30 detik. Setelah alat stabil masukkan probe detector ke dalam wadah sampel yang berisi biogas. Amati angka yang tertera pada layar gas detector hingga stabil. Angka yang tertera pada layar gas detector pada kondisi stabil menunjukkan konsentrasi metana pada biogas yang dihasilkan oleh biodigester. Setelah selesai pemakaian matikan alat dengan cara menekan tombol power selama 2 detik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Biodigester



Gambar 2

Jenis biodigester yang digunakan yaitu tipe *batch* dengan menggunakan pengaduk berfungsi untuk menghomogenkan bahan baku yang berada di dalam biodigester. Tipe ini memiliki kelebihan yang dapat digunakan ketika bahan tersedia pada waktu-waktu tertentu. Apabila bahan berserat dengan kandungan padatan tinggi (sekitar 20%) tipe *batch* lebih cocok digunakan dibandingkan tipe kontinu karena lama proses dapat ditingkatkan dengan mudah.

Biodigester ini terdiri dari beberapa bagian diantaranya, biodigester yang digunakan sebagai tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, ban dalam sebagai penampung gas yang dialiri oleh selang yang tersambung dari reaktor menuju ban dalam, impeler sebagai pengaduk untuk menghindari terjadinya *scum* pada biodigester dan pipa input yang berfungsi sebagai tempat pemasukan bahan baku, pipa output sebagai tempat pengeluaran limbah yang telah selesai digunakan dengan ukuran pipa 2 inci. Pemilihan pipa ini berdasarkan dari ukuran kotoran kambing dan limbah sayur yang berukuran besar agar meminimalisir terjadinya sumbatan.

Analisa hasil fermentasi

Dalam pembentukan biogas banyak hal yang harus diperhatikan dalam prosesnya, sehingga biogas yang dihasilkan tersebut bisa mencapai konsentrasi yang maksimal. Ada beberapa faktor yang sangat berpengaruh dalam pembentukan biogas diantaranya sebagai berikut:

a. Suhu

Suhu merupakan faktor yang paling penting dalam proses pembentukan biogas. Suhu juga dapat mempengaruhi perkembangbiakan bakteri dan laju reaksi dalam pembentukan biogas (Setiana Wati dan Dwi Prasetyani, 2011). Menurut Sari, dkk (2018) dan Santoso (2010), meningkatnya pengkondisian suhu akan meningkatkan hasil produksi gas. Ketika suhu lebih tinggi aktivitas mikroorganisme akan lebih tinggi atau aktif. Suhu operasional pembentukan biogas sangat mempengaruhi produksi biogas. Suhu tersebut baiknya tidak melebihi suhu ruangan, suhu yang baik untuk proses pembentukan biogas antara 20-40°C dan suhu optimum antara 28-30°C (Wicaksono, Amalia, Elvian, & Prasetya, 2019). Semakin tinggi suhu reaksi maka bakteri akan membentuk gas metana semakin cepat namun juga akan mempercepat pengurangan jumlah bakteri. Suhu pada ruangan dapat mempengaruhi suhu dalam biodigester. Agar dapat bekerja secara optimal selama proses biodigester anaerob, bakteri memerlukan kondisi suhu 20-40°C (Sasongko, W, 2010; Santoso, A. A, 2010; Wahyuni, S. M, 2013). Laju produksi gas metana meningkat dengan meningkatnya suhu, tetapi produksi gas akan turun secara drastis apabila berada dibawah suhu 10°C karena pada suhu *ekstrim* tinggi atau terlalu rendah bakteri *metanogen* berada dalam kondisi tidak aktif (Saputra et al., 2021)

Selama proses penelitian perubahan suhu ruangan mengalami kondisi naik turun, ini disebabkan karena kondisi cuaca di lingkungan penelitian sedang mengalami transisi musim hujan ke musim kemarau sehingga hal tersebut mempengaruhi suhu didalam

biodigester, diketahui kondisi suhu saat penelitian rata-rata 30°C, suhu terendah yaitu 28°C dan suhu tertinggi yaitu 32°C sehingga proses fermentasi *anaerob* dapat berjalan dengan baik oleh bakteri mesofilik.

b. Derajat keasaman (pH)

Salah satu faktor dalam pembentukan biogas adalah pH, karena aktivitas enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh pH (Tresna Anugrah et al, 2017). pH optimal untuk produksi biogas adalah 7,0 sampai 7,2, tetapi pada kisaran 6.8 sampai 8.0 masih diperbolehkan (Sitorus, 2011). Bila proses fermentasi berlangsung dalam keadaan normal dan anaerob, maka pH lebih tinggi dari 8,5 akan mengakibatkan pengaruh yang negatif pada populasi bakteri *metanaogen*, sehingga akan mempengaruhi laju pembentukan biogas dalam reaktor (Budiyono, Khaerunnisa, & Rahmawati, 2013). Disisi lain penambahan *EM4* dapat menjaga kestabilan pH pada angka yang netral yaitu berkisar 6 sampai 7,5. Sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh (Harwiyanti, 2006) didapatkan hasil seluruh biodigester memiliki pH yang netral yaitu 6-7, pH tertinggi yaitu pH yang optimal berada pada angka 8. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan *EM4* memiliki peran dalam menjaga kestabilan pH yang ada di dalam biodigester *anaerob* (Saputra et al., 2021). Berdasarkan penelitian ini diketahui tidak ada kenaikan atau penurunan pH setelah dilakukan pengecekan. Pengecekan pH dilakukan pada tahap pemasukan bahan baku dan akhir penelitian menggunakan kertas pH, nilai pH 7 yang diperoleh selama proses anaerob yang berlangsung selama 21 hari penelitian.

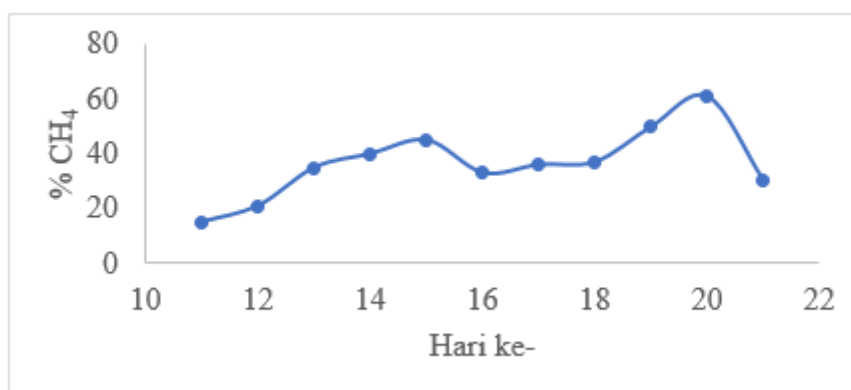
c. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Metabolisme mikroorganisme dari setiap tahapan proses produksi biogas mempengaruhi besarnya bahan organik yang terurai. Besarnya bahan organik yang terurai dapat dilihat dari reduksi COD. Semakin besar reduksi COD, berarti bahan organik yang terdegradasi menjadi asam organik juga semakin besar. Asam organik inilah yang kemudian terkonversi menjadi gas metana. Jika reduksi COD semakin besar maka laju pembentukan gas metana juga semakin besar. Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam *vinasse* merupakan senyawa kompleks yang diuraikan menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Semakin besar bahan organik yang diumpangkan maka semakin besar pula angka COD. Setelah terjadi populasi metanogen mencukupi, barulah terjadi penurunan COD yang stabil (Dewi & Visca, 2020). Pada penelitian ini analisa COD awal bahan baku yaitu 35000 mg/l, analisa COD akhir 8800 mg/l sehingga untuk COD reduction yang dihasilkan yaitu 74%. Terjadinya penurunan

COD dipengaruhi waktu tinggal padatan atau substrat dimana semakin lama waktu tinggal maka semakin banyak waktu bagi mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan sehingga COD dapat menurun secara signifikan, selain itu kecepatan pengadukan juga mempengaruhi penurunan COD karena dapat memastikan bahwa distribusi nutrisi yang merata dan mencegah sedimentasi partikel sehingga mempercepat proses pengolahan limbah cair dan penurunan COD (Viena & Juanda, 2023). Menurut (Widarti et al., 2015) pH dan suhu juga mempengaruhi proses pengolahan limbah cair, pH optimal dan suhu yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD.

d. Konsentrasi CH₄

Faktor paling umum dalam mengevaluasi kinerja biodigester dapat dilihat dari kadar biogas yang dihasilkan. Tinggi maupun rendahnya kadar biogas dapat dilihat dari konsentrasi metana yang terkandung dan nyala api yang dihasilkan. Kadar biogas yang baik memiliki konsentrasi metana yang memenuhi standar untuk digunakan sebagai bahan bakar yaitu berkisar antara 50-75%, nyala api yang berwarna biru, lama nyala api dan tinggi nyala api (Ganggan et al, 2022). Gas CH₄ terbentuk karena terjadinya proses fermentasi secara anaerob oleh bakteri. Semakin banyak kandungan CH₄ yang dihasilkan maka semakin bagus kualitas biogas (D.K Dewi dkk dalam Review et al., 2022) Pengukuran kandungan CH₄ dilakukan mulai hari ke 11 menggunakan alat gas *analyzer portable* dengan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3 Grafik Konsentrasi CH₄

Dari grafik diatas dapat dilihat kandungan metana paling tinggi terjadi pada hari ke 20 yaitu 60%. Hari ke-11 konsentrasi metana mengalami kenaikan sampai hari ke-15, namun terjadi penurunan konsentrasi 12% pada hari ke 16 hal ini bisa disebabkan oleh penurunan suhu akibat perubahan cuaca dari musim panas ke musim hujan, suhu yang rendah dapat memperlambat aktivitas mikroorganisme penghasil metana, sehingga

mengurangi laju produksi CH₄ dalam biogas. Suhu rendah juga meningkatkan kelarutan CH₄ dalam air, yang dapat mengurangi jumlah CH₄ yang tersedia dalam fase gas. Pada hari ke-18 sampai hari ke-20 terjadi kembali kenaikan konsentrasi metana karena terjadi peningkatan suhu biodigester akibat musim panas dan diiringi oleh pengadukan terhadap umpan dalam biodigester. Pada hari ke-21 konsentrasi metana kembali menurun hingga 31% hal ini disebabkan bahan baku yang sudah terdegradasi seluruhnya sehingga bahan baku yang masih tersedia memiliki kandungan zat organik yang sedikit dan secara otomatis mikroorganisme kekurangan nutrisi esensial sehingga menurunnya produksi biogas.

e. Nyala api

Uji nyala terhadap biogas merupakan salah satu cara untuk mengetahui ada tidaknya kandungan CH₄ dalam biogas. Gas hasil produksi yang mengandung CH₄ akan ikut terbakar apabila didekatkan pada sumber api. Pembakaran bahan bakar tanpa CO₂ akan menghasilkan api berwarna biru sedangkan api berwarna kuning kemerahan akibat adanya CO₂ (Y. Yahya dkk dalam Review et al., 2022) Lama nyala api dipengaruhi oleh jumlah massa biogas dan kandungan gas pada biogas. Semakin banyak kandungan CH₄ dan jumlah massa biogas maka lama nyala api akan semakin lama (Wicaksono et al., 2019 dalam Saputra et al., 2021). Pengujian dilakukan dilakukan pada hari ke 21, alat yang digunakan alat pompa air *portable* untuk menarik gas metana. Api yang dihasilkan berwarna biru dapat dilihat pada Gambar 4.3, hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan (Yanti, n.d.) nyala api berwarna biru menandakan gas metana sudah terbentuk dalam jumlah yang cukup tinggi menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan berkualitas baik dan dapat digunakan sebagai bahan bakar dan lama nyala api 2 menit. Selain itu reaksi pembakaran juga mempengaruhi warna nyala api, saat biogas dibakar gas metana bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan karbon dioksida dan air, reaksi kimia ini menghasilkan panas yang menyebabkan nyala api berwarna biru.

5. KESIMPULAN

Setelah kegiatan proyek akhir dilakukan yaitu di lingkungan kampus Politeknik ATI Padang dengan judul "Pembuatan Reaktor Biogas tipe *Batch* Skala 120 Liter Dari Campuran Bahan Baku Kotoran Kambing, Kotoran Ayam dan Limbah Sayur" Kegiatan proyek akhir ini dilaksanakan pada Juli 2024 – Agustus 2024, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

PEMBUATAN BIODIGESTER TYPE BATCH SKALA 120 LITER UNTUK MENGHASILKAN BIOGAS DARI CAMPURAN BAHAN BAKU KOTORAN KAMBING, KOTORAN AYAM DAN LIMBAH SAYUR

- a. Rancang bangun biodigester berbahan *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan tinggi 84,8 cm dan diameter 42,4 cm kapasitas 120 liter memiliki kinerja yang bagus ditandai dengan kemampuan menghasilkan biogas tanpa adanya kebocoran dalam proses.
- b. Biodigester yang digunakan dalam produksi biogas menggunakan bahan baku kotoran kambing, kotoran ayam dan limbah sayur dengan waktu fermentasi 21 hari menghasilkan konsentrasi CH₄ paling tinggi 60% dengan nyala api berwarna biru.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrean. (2024). Pemanfaatan limbah buah-buahan menjadi biogas dengan starter kotoran sapi, kotoran kambing, dan burung puyuh. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember.
- Dewilda, Y., Kartika, D., & Dila. (2013). Uji pembentukan biogas dari sampah pasar dengan penambahan kotoran ayam.
- Dharma. (2011). Kajian potensi sumber energi biogas dari kotoran ternak untuk bahan bakar alternatif di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro.
- Pratiwi, I. P., Homza, R., & Firdausi, O. (2019). Produksi biogas dari limbah kotoran sapi dengan biodigester fixed drum. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(3), 7–16.
- Saputra, R. F., Kesehatan, P., & Tanjungkarang, K. (2021). Tipe portabel untuk mengolah limbah kotoran ternak sapi. *Jurnal Kesehatan*, 15(3), 130–137.
- Setiana Wati, D., & Dwi Prasetyani, R. (2011). Pembuatan biogas dari limbah cair industri bioetanol melalui proses anaerob (fermentasi).
- Tresna Anugrah, E., et al. (2017). Pengaruh pH dalam produksi biogas dari limbah kecambah kacang hijau. *Jurnal Teknik*, 5(2), 72–76.
- Viena, V., & Juanda, R. (2023). Efektivitas penurunan COD, BOD, dan TSS limbah industri sawit menggunakan koagulan kimia dan ekstrak alami pati pelepah sawit. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(1), 4931–4939.
- Yahya, Y., Tamrin, T., & Triyono, S. (2018). Produksi biogas dari campuran kotoran ayam, kotoran sapi, dan rumput gajah mini (*Pennisetum purpureum* Cv. *Mott*) dengan sistem batch. *Journal of Agricultural Engineering Lampung*, 6(3), 151–160. <https://doi.org/10.23960/jtepl.v6i3.151-160>
- Yanti, V. H. (n.d.). The cow feces adding effectivity of tofu liquid waste as biogas material for handout development of biotechnology concept in third. *Jurnal Bioteknologi*, 3(1), 1–12.