

Identifikasi Kandungan Karbon dan Nitrogen pada Kotoran Sapi Feedlot Polije dan Kulit Pisang

Identification of Carbon and Nitrogen Content in Cow Manure Polije Feedlot and Banana Peel

Saiful Anwar¹, Nur Faizin^{2*}, Zeni Ulma³, Risse Entikaria Rachmanita⁴, Michael Joko Wibowo⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi D4 Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Jember

Email: ¹saiful_anwar@polije.ac.id, ²nur.faizin@polije.ac.id, ³zeni@polije.ac.id, ⁴risse_rachmanita@polije.ac.id, ⁵michael@polije.ac.id

*Penulis korespondensi: nur.faizin@polije.ac.id

Direview: 16 Agustus 2024

Diterima: 22 Agustus 2024

ABSTRAK

Politeknik Negeri Jember mempunyai limbah kotoran sapi yang perlu dimanfaatkan agar tidak mencemari lingkungan. Namun rasio C/N kotoran sapi adalah 24. Untuk mengoptimalkan produksi biogas dapat ditambahkan bahan yang mengandung sumber karbon tinggi. Kulit pisang merupakan limbah dengan kandungan karbon sebesar 36% sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran feses sapi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kotoran sapi feedlot Polije yang dicampur dengan kulit pisang menjadi biogas. Kebaruan dari penelitian ini yaitu belum pernah dilakukan penelitian terkait C/N rasio kulit pisang dan feses sapi yang ada di feedlot Polije. Analisis total C dari kotoran sapi dan kulit pisang dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri. Analisis N total feses sapi dan kulit pisang dilakukan berdasarkan metode Kjeldhal. Dibuat 2 sampel dari masing-masing jenis bahan dengan berat 236 mg dan 312 mg untuk kulit pisang, serta 223 mg dan 291 mg untuk feses sapi. Rata-rata karbon organik yang didapatkan dari kulit pisang yaitu 2,413%, sedangkan karbon organik pada feses sapi yaitu 4,569%. Hasil ini diperoleh dengan membandingkan terhadap grafik hubungan antara standar absolut sampel dengan konsentrasi. Rata-rata kandungan nitrogen pada kulit pisang dan feses sapi berturut-turut yaitu 0,062% dan 0,160%. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan nitrogen pada sampel relatif sangat kecil sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Hasil kandungan karbon organik dan nitrogen pada kulit pisang dan kotoran sapi dibandingkan keduanya. Nilai rata-rata rasio C/N kulit pisang sebesar 39,158% dan feses sapi sebesar 28,707%. Kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua sampel mempunyai potensi menghasilkan biogas yang baik.

Kata kunci: feses sapi, rasio C/N, feedlot Polije.

ABSTRACT

Jember State Polytechnic has cow dung waste which needs to be utilized so that it does not pollute the environment. However, the C/N ratio of cow dung is 24. To optimize biogas production, materials that contain high carbon sources can be added. Banana peel is waste with a carbon content of 36% so it can be used as a mixture for cow feces. This research aims to analyze the potential of Polije feedlot cow manure mixed with banana peels to become biogas. The novelty of this research is that research has never been conducted regarding the C/N ratio of banana peels and cow feces in the Polije feedlot. Analysis of total C from cow dung and banana peels was carried out using spectrophotometric methods. Total N analysis of cow feces and banana peels was carried out based on the Kjeldhal method. Two samples were made of each type of material with a weight of 236 mg and 312 mg for banana peel, and 223 mg and 291 mg for cow feces. The average organic carbon obtained from banana peels is 2.413%, while the organic carbon in cow feces is 4.569%. This result was obtained by comparing the relationship between the sample's absolute standard and concentration against a graph. The average nitrogen content in banana peels and cow feces is 0.062% and 0.160% respectively. These results indicate that the nitrogen content in the sample is relatively very small so it has the potential to be used as a raw material for making biogas. The results of the organic carbon and nitrogen content in banana peels and cow dung were compared. The average value of the C/N ratio of banana peel is 39.158% and cow feces is 28.707%. These two results indicate that both samples have the potential to produce good biogas.

Keywords: cow feces, C/N ratio, Polije feedlot.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan isu penting yang perlu untuk dibahas dan dicarikan solusi. Pemenuhan atas kebutuhan energi tersebut dapat menunjang roda kehidupan. Afriyanti (2020) menyebutkan bahwa Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi terbesar di Asia Tenggara. Di sisi lain, cadangan minyak potensial di Indonesia dinilai hanya akan bertahan sampai 12 tahun sedangkan untuk gas akan bertahan sampai 46 tahun. Pemerintah merespon kondisi ini dengan mengeluarkan kebijakan pengurangan konsumsi bahan bakar fosil serta meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan biomassa sebagai sumber energi (Ghevanda, 2013).

Kebutuhan energi tersebut mayoritas adalah kebutuhan energi berbahan fosil. Berlianto (2022) menyampaikan bahwa pemanfaatan energi fosil memberikan dampak terhadap krisis energi dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pengimplementasian dan pengembangan energi terbarukan yang dihasilkan dari sumber-sumber yang dapat diperbarui. Sumber terbarukan meliputi panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut (Lumbangol, 2007). Energi terbarukan tersebut dapat memenuhi kebutuhan energi serta biaya yang dikeluarkanpun rendah (Wulandari, 2017).

Biogas didefinisikan sebagai campuran gas yang terbentuk atas penguraian bahan organik. Proses tersebut berlangsung secara anaerob dengan bantuan bakteri. Proses tersebut menghasilkan gas yakni gas metana (CH_4) (Arifin, 2016). Kualitas dan kuantitas biogas dipengaruhi oleh bahan baku atau limbah yang dimanfaatkan (Soeprijanto, 2011; Yahya, 2017). Nilai kalori biogas adalah sekitar 4800 sampai 6700 kkal/m³ (Putri, 2012). Pembuatan biogas membutuhkan digester yang tertutup rapat dan kedap udara agar proses produksi biogas optimal. Komposisi biogas bervariasi tergantung pada jenis bahan baku, komposisi masukan, waktu fermentasi dan kapasitas digester (Widyastuti, 2017). Indikator yang dapat ditinjau ketika produksi gas metan adalah rasio C/N. Ukuran rasio C/N yang baik pada substrat yakni antara 25-30 (Singh, 1977 dalam Zulkarnaen, 2018).

Limbah peternakan sapi yakni kotoran sapi dapat menjadi salah satu bahan baku biogas. Politeknik Negeri Jember memiliki limbah kotoran sapi yang perlu untuk dimanfaatkan agar tidak mencemari lingkungan. Akan tetapi rasio C/N dari kotoran sapi adalah 24 (Dioha, 2013). Sehingga dalam pembuatan biogas perlu dilakukan inovasi dengan pemberian kulit pisang untuk memperbaiki rasio C/N. Penelitian terkait pemanfaatan kulit pisang pernah dilakukan dengan mengolah kulit pisang tersebut menjadi pupuk. Nasution (2013) memperoleh hasil bahwa kandungan unsur hara pada pupuk padat dari kulit pisang kepok adalah C-organik sebesar 6,19% N-total 1,34%, P_2O_5 sebesar 0,05%, K_2O 1,478%; C/N 4,62% dan pH 4. Atas dasar tersebut maka kulit pisang pada penelitian ini dijadikan bahan baku bersama dengan feses sapi untuk menghasilkan biogas dengan rasio C/N yang ideal.

Secara umum kotoran ternak yang dimanfaatkan sebagai bahan baku penghasil biogas yaitu feses sapi karena mengandung bakteri penghasil gas metana. Bakteri metanogen merupakan bakteri yang dihasilkan di dalam perut ruminansia. Proses fermentasi yang dibantu oleh bakteri metanogen dapat mempercepat proses pembentukan biogas (Prayitno, 2014). Kondisi anaerob dibutuhkan bakteri metanogen untuk menghasilkan biogas yang optimal. Studi proses produksi biogas dilakukan untuk memperoleh kondisi optimal pembentukan biogas (Tresna, 2017). Proses pengolahan limbah feses sapi menjadi biogas merupakan teknik yang sangat menguntungkan bagi manusia karena tidak merusak alam sehingga siklus ekologi tetap terjaga (Ningrum, 2019). Kandungan selulosa pada feses sapi tergolong tinggi serta diikuti beberapa nutrient seperti nitrogen, fosfor dan kalium yang berfungsi sebagai bahan pengisi biogas (Wati, 2014). Biogas mengandung gas metana (CH_4) sekitar 55%-75%, gas karbon dioksida (CO_2) 25% - 45% dan beberapa gas lain dalam jumlah yang kecil (Sutrisno, 2010). Biogas adalah energi alternatif yang paling siap digunakan menjadi sumber energi yang jumlahnya banyak dan bersifat bisa *renewable*. Untuk mengoptimalkan produksi biogas dapat ditambahkan bahan baku yang mengandung sumber karbon tinggi. Kulit pisang merupakan limbah dengan kandungan karbon sebesar 36%, sehingga merupakan bahan baku alternatif yang dapat digunakan dalam memproduksi biogas.

Pisang merupakan sayuran yang mengandung kulit pisang yang merupakan sumber pati (3%), protein (6-9%), lemak (3,8-11%), serat total (43,2-49,7%). dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA), terutama asam linoleat dan asam α -linoleat, pektin, asam amino esensial (leusin, valin, fenilalanin dan treonin) dan zat gizi mikro (K, P, Ca, Mg). Kulit pisang merupakan sumber lignin (6-12%), pektin (10-21%), selulosa (7,6-9,6%) dan asam galakturonat yang baik. Kulit pisang merupakan pakan yang baik untuk ternak dan unggas. Kulit pisang juga dapat digunakan dalam pembuatan anggur, produksi etanol, sebagai alat produksi biomassa, dan sebagai bahan dasar ekstraksi pektin. Abu kulit pisang dapat digunakan sebagai pupuk bagi tanaman pisang dan sebagai sumber basa dalam pembuatan sabun. Ekstrak hidrokarbon kulit pisang dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja ringan.

Rasio antara jumlah karbon (C) dan nitrogen (N) dalam suatu zat dinyatakan sebagai karbon nitrogen (C/N). Hubungan yang seimbang antara makronutrien dan mikronutrien sangat penting untuk menjaga pengendalian proses. Karbon dan nitrogen merupakan nutrisi yang paling dibutuhkan dan dibutuhkan untuk membuat enzim yang melakukan metabolisme. Oleh karena itu, rasio C/N substrat sangat penting. Jika rasio C/N terlalu tinggi (terlalu banyak C dan terlalu banyak N), maka pencernaan tidak akan mencukupi, artinya sebagian karbon dalam substrat tidak terkonversi secara sempurna sehingga hasil metana tidak tercapai. Namun, kelebihan nitrogen menyebabkan pembentukan amonia (NH_3) dalam jumlah besar, bahkan pada konsentrasi rendah yang menghambat pertumbuhan bakteri dan, dalam kasus terburuk, menyebabkan kerusakan seluruh populasi mikroorganisme. Oleh karena itu, agar proses dapat berjalan tanpa gangguan, rasio C/N harus 10-30:1 (Ridlo R., 2017).

Politeknik Negeri Jember (Polije) memiliki Teaching Factory (TEFA) untuk memfasilitasi mahasiswa dalam mengembangkan kompetensinya dan menjadi mahasiswa vokasi unggul sesuai bidang keahliannya. Salah satu TEFA tersebut adalah TEFA Sapi Perah yang memiliki jumlah sapi perah 35 ekor yang terdiri dari 21 sapi dewasa dan 14 sapi anakan (pedet). Setiap ekor sapi dewasa dapat menghasilkan 10 kg feses, dan 5 kg sapi anakan, sehingga total feses sapi yang dihasilkan pada TEFA sapi perah Polije adalah 280 kg dalam sehari. Jumlah feses tersebut menimbulkan masalah di Polije karena limbah kotoran sapi dibuang langsung ke penampung akan tetapi karena jumlahnya banyak hingga tidak tertampung. Salah satu cara mengatasi permasalahan tersebut yakni pemanfaatan feses sapi menjadi biogas. Masalah lain timbul karena belum diketahui kandungan karbon dan nitrogen dari feses sapi yang ada di feedlot Polije yang banyak namun kandungan nitrogennya kurang. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis potensi kotoran sapi feedlot Polije yang dicampur dengan kulit pisang menjadi biogas. Kebaruan dari penelitian ini yaitu belum pernah dilakukan penelitian terkait C/N rasio kulit pisang dan feses sapi yang ada di feedlot Polije.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Galon 6 liter, pipa pvc, lem silicon, gelas ukur, sok drat dalam, thermokopel, gunting, ph meter, selektor thermokopel, selang timbang, dan karung plastik. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: kotoran sapi, kulit pisang, ammonium sulfat, air, EM-4, glukosa, dan pasir pantai.

2.2 Tahapan Penelitian

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah biodigester buatan, selang, kran, kantong plastik, pengaduk magnet, buret, Erlenmeyer, dan pH universal. Sedangkan bahan yang digunakan adalah kotoran sapi, kulit pisang, dan air suling. Kotoran sapi diambil menggunakan sekop kemudian dimasukkan ke dalam biodigester. Selanjutnya masukkan kulit pisang yang telah digiling sebelumnya dengan variasi perbandingan 1:1, 1:2, dan 1:3 kotoran sapi dan kulit pisang. Kemudian tambahkan 1/3 air dari total massa campuran kulit pisang dan kotoran sapi. Selanjutnya hasil produksi biogas diamati selama 14 hari. Setelah 14 hari, produksi gas kemudian dialirkan ke dalam wadah dan diuji kualitas biogasnya.

2.3 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan penelitian ini menggunakan variasi bahan baku dengan kualitas gas biogas (kandungan gas metan, CO_2 , dan H_2S). Perlakuan ini digunakan untuk menentukan kondisi optimum agar diperoleh kualitas biogas yang maksimal. Untuk mempermudah analisa, nilai rasio kotoran sapi dibuat sama yaitu 1, sedangkan jumlah kulit pisang divariasikan.

2.4 Metode Analisis

Total C ditentukan dari kotoran sapi dan kulit pisang dengan menggunakan metode spektrofotometri (Anonymus, 2005). Disiapkan larutan reagen $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 2N yaitu 98,1 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan 100 ml H_2SO_4 dilarutkan dalam 1000 ml air suling, larutan standar 5000 ppm C yaitu 12,5 g glukosa, 0-0 ml air dilarutkan dalam 1 ml air. Sampel seberat 0,10 gram dimasukkan ke dalam vial 100 ml. Tambahkan 5 ml larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 2N, 7 ml H_2SO_4 , kocok dan biarkan selama 30 menit. Untuk standarnya, 5 mL larutan standar 5000 ppm C dimasukkan ke dalam labu 100 mL, kemudian ditambahkan 5 mL H_2SO_4 dan 7 mL larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Blanko juga digunakan sebagai standar ppm pada 0 C. Blanko tersebut diencerkan dengan air deionisasi dan dibuat hingga 100 mL setelah didinginkan, dikocok dan dibiarkan semalaman. Setelah mengendap, sampel diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 651 nm. Persentase kandungan karbon C dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$\text{Kadar } C - \text{organik}(\%) = \text{ppm kurva} \times fk \times (100/\text{mg})\text{sampel} \quad (1)$$

dimana:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko,

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% ka)$.

Analisis total N feses sapi dan kulit pisang dikerjakan berdasarkan pada metode Kjeldhal (Anonimus, 2005). Tahap pertama adalah destruksi sampel. Sampel halus 0,25 g dimasukkan ke dalam tabung digestion. Ditambahkan 1 g campuran selen dan 2,5 ml H₂SO₄. Campuran diratakan dan dibiarkan satu malam. Esoknya dipanaskan ke dalam blok digestion hingga suhu 350°C. Pencernaan selesai bila muncul asap putih dan dihasilkan ekstrak bening (sekitar 4 jam), kemudian tabung dikeluarkan dan didinginkan. Ekstrak diencerkan dengan air hingga 50 ml. Kocok hingga rata dan biarkan semalaman hingga mengendap. Penyerapan cahaya digunakan untuk mengukur N. Ekstrak tersebut diberikan sebanyak 10 ml dalam botol. Tambahkan bubuk batu mendidih dan air suling hingga setengah volume wadah. Siapkan labu untuk melarutkan NH₃ yaitu labu Erlenmeyer yang berisi 10 mL asam borat 1% dan dua tetes reagen Conway (merah), ditempelkan pada pagi hari. Tambahkan 10 mL NaOH 40% ke dalam labu berisi sampel dan segera hentikan. Didinginkan hingga ukuran botol 50-75 ml (hijau). Hasil destilat dititrasi dengan 0,05 N dari H₂SO₄ hingga berwarna merah jambu. Dicatat volume titar sampel (V_c) dan blanko (V_b) kemudian dihitung :

$$\text{Kadar } N(\%) = 14(V_c - V_b)N.fk. (50/10 \text{ ml}). (100/250 \text{ mg}) \quad (2)$$

dimana:

V_{c,b} = titar sampel (ml),

N = normalitas larutan baku H₂SO₄,

14 = bobot setara N,

100 = konversi persen (%),

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100-\% ka)$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

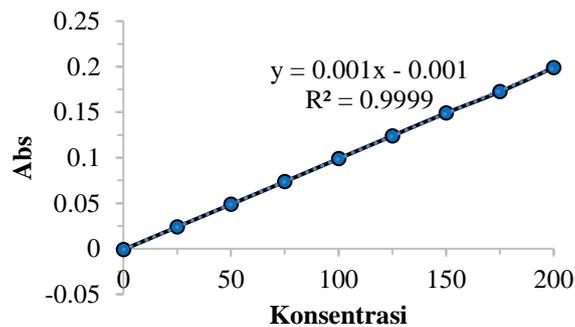
3.1 Analisis C-Organik

C-Organik adalah penyusun utama bahan organik. Bahan organik tanah adalah senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi (Hanafiah, 2007). Kandungan C-organik sangat berpengaruh terhadap pembentukan gas metana pada proses pembuatan biogas. Sebelum dibuat menjadi biogas, kulit pisang dan feses sapi perlu dilakukan analisis kandungan C-organiknya. Kandungan karbon organik dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer. Hasil dari analisis menggunakan spektrofotometer seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel-1. Nilai persentase C-organik kulit pisang dan feses sapi

Sampel	Berat Sampel (mg)	Abs Sampel	Ppm Kurva	Hasil rata-rata (%)
Kulit pisang	236	0,122	123,000	2,413
	312	0,138	138,500	
Feses sapi	223	0,200	201,000	4,569
	291	0,269	269,500	

Berat sampel untuk masing-masing jenis bahan dibuat 2 sampel, untuk kulit pisang berat sampel yang dibuat yaitu 236 mg dan 312 mg. Sedangkan untuk feses sapi berat sampel dibuat 223 mg dan 291 mg. Berat sampel dikonversi menjadi absolut sampel, konversi ini menghasilkan persentase kandungan karbon pada sampel. Sesuai dengan Tabel 1 rata-rata karbon organik yang didapatkan dari kulit pisang yaitu 2,413%, sedangkan karbon organik pada feses sapi yaitu 4,569%. Hasil ini diperoleh dengan membandingkan dengan grafik hubungan antara standar absolut sampel terhadap konsentrasi. Kurva hubungan antara absolut sampel dengan konsentrasi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar-1. Plot hubungan antara abs standart vs konsentrasi

Plot hubungan antara absolut sampel dengan konsentrasi menunjukkan bahwa R-square bernilai 99,9% hal ini menunjukkan bahwa nilai nilai absolut sampel sangat dipengaruhi oleh konsentrasi sampel. Dari analisis hubungan ini diperoleh persamaan standar yaitu $y=0,001x-0,001$, persamaan ini digunakan untuk menghitung absolut sampel sehingga diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.

3.2 Analisis N-Organik

Zulkarnaen et al, (2019) menyatakan bahwa banyaknya kandungan nitrogen (N) pada feses akan menyebabkan berlebihnya amonia (NH_3) dan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bakteri. Kelebihan unsur karbon (C) pada pembentukan biogas menyebabkan karbon (C) tidak bisa dicerna semua oleh bakteri. Kelebihan nitrogen (N) menyebabkan berlebihnya amonia akan bersifat toxic pada bakteri dan menggagalkan pembentukan biogas. Rasio C/N pada pembentukan biogas perlu adanya keseimbangan agar proses pembentukan biogas. berjalan dengan stabil. Zulkarnaen *et al.* (2019) menyatakan bahwa keseimbangan rasio C/N harus stabil agar proses pembentukan biogas berjalan stabil. Hasil analisis kandungan nitrogen pada penelitian ini seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel-2. Nilai persentase N-total kulit pisang dan feses sapi

Sampel	N-Total (%)	Hasil rata-rata (%)
Kulit pisang	0,059	0,062
	0,065	
Feses sapi	0,166	0,160
	0,153	

Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata kandungan nitrogen pada kulit pisang dan feses sapi berturut-turut yaitu 0,062% dan 0,160%. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan nitrogen pada sampel relatif sangat kecil. Kandungan nitrogen yang kecil berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Dalam proses pembuatan biogas kandungan nitrogen tidak boleh berlebih karena hal itu dapat mengakibatkan produksi gas amonia berlebih dari pada gas metana.

Tabel-3. Hasil rasio C/N kulit pisang dan feses sapi

Sampel	C/N Ratio (%)	Hasil rata-rata (%)
Kulit pisang	44,168	39,158
	34,147	
Feses sapi	27,149	28,707
	30,265	

Rasio C/N yang optimum untuk produksi biogas yaitu berkisar 25-30 (Triatmojo, 2004). Hasil kandungan karbon organik dan nitrogen pada kulit pisang dan feses sapi dilakukan perbandingan antara keduanya. Rasio antara karbon organik dengan nitrogen total seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai rata-rata rasio C/N untuk kulit pisang yaitu 39,158% dan feses sapi 28,707%. Kedua hasil ini menunjukkan bahwa kedua sampel berpotensi menghasilkan biogas yang baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa nilai C/N rasio dari feses sapi dan kulit pisang sangat baik. Nilai C/N rasio yang diperoleh yaitu 39,158% untuk kulit pisang dan 28,707% untuk feses sapi.

SARAN

Untuk mendukung hasil penelitian ini, dapat dilakukan uji lanjutan berupa uji komposisi gas metana setelah biogas terbentuk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktur Politeknik Negeri Jember dan Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) atas dukungan dana PNBK tahun 2023 sehingga naskah ini dapat terlaksana dengan baik. Penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan pendidikan atau bagi yang berkeinginan untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti, Y., Sasana, H., & Jalunggono, G. (2020). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi terbarukan di Indonesia. *Dinamic*, 2(3), 865-884.
<https://doi.org/10.24036/jkep.v3i2.11594>.
- Arifin, W. (2016). Rancang Bangun Alat Konversi Biogas Limbah Cair Tempe Dan Pengujian Dengan Penambahan Variasi Campuran Sekam Padi (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Berlianto, D. M. F., & Wijaya, R. S. (2022). Pengaruh transisi konsumsi energi fosil menuju energi baru terbarukan terhadap produk domestik bruto di Indonesia. *e-Jurnal Perspektif Ekonomi dan Pembangunan Daerah*, 11(2), 105-112.
<https://doi.org/10.22437/pdpd.v11i2.17944>
- Dioha, I. J., Ikeme, C. H., Nafi'u, T., Soba, N. I., & Yusuf, M. B. S. (2013). Effect of carbon to nitrogen ratio on biogas production. *International Research Journal of Natural Sciences*, 1(3), 1-10
- Ghevanda & Inechia. (2013). Analisis Peran Limbah Sayuran dan Limbah Cair Tahu pada Produksi Biogas Berbasis Kotoran Sapi, *Institut Teknologi Sepuluh November*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5
- Lumbangaol, P. H. (2007). *Energi Terbarukan Untuk Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia*. Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen, 1(4), 1-14
- Nasution, F. J., Mawarni, L., & Meiriani, M. (2013). Aplikasi Pupuk Organik Padat dan Cair dari Kulit Pisang Kepok untuk Pertumbuhan dan Produksi Sawi (*Brassica Juncea L.*). *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 2(3)
- Ningrum, S., Supriyadi., & Zulkarnain., 2019. "Strategy Analysis Of Biogas Development As Domestic Alternative Energy By Utilizing Cow Manure," *J. Penelit. Pertan. Terap.*, vol. 17, no. 3, pp. 45–57.
- Prayitno, H.T. (2014). Strategi pemanfaatan kotoran sapi, *Jurnal Litbang*" vol. 10, no. 1, pp. 43–51.
- Putri, D. A. & Saputro, R. R. (2012). Biogas Production from Cow Manure. vol. 1, no. 2, pp. 61–64.
<https://doi.org/10.14710/ijred.1.2.61-64>
- Soeprijanto, S. (2011). Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi Menggunakan Biodigester di Desa Jumput Kabupaten Bojonegoro. *Sewagati*. vol. 1, no. 1, p. 17, 2017
- Bunker, C.E. & M. J. Smith. (2011). Nanoparticles for hydrogen generation. *J. Mat. Chem.*, 21, 12173–80.
<https://doi.org/10.12962/j26139960.v1i1.2984>
- Sutrisno, J. (2010). Pembuatan biogas dari bahan sampah sayuran (kubis, kangkung dan bayam). *J. Tek. UNIPA*, vol. 8, no. 1, pp. 100–112
- Tresna, E. & Nurhanisa, M. (2017). Pengaruh pH dalam Produksi Biogas dari Limbah Kecambah Kacang Hijau. vol. V, no. 2, pp. 72–76
- Wati, L., Ahda, Y., and Handayani, D. (2014). Pengaruh Volume Cairan Rumen Sapi Terhadap Berbagai Feses Dalam Menghasilkan Biogas. *Eksakta*, vol. 1, no. 1, pp. 20–28
- Widyastuti, Y., & Suryantara, S. (2017). Penambahan Sampah Sayuran Pada Fermentasi Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Starter Em4. *J. Tek. Waktu*, vol. 15, no. 1, pp. 36–42.
<https://doi.org/10.36456/waktu.v15i1.433>
- Wulandari, C. & Labiba, Q. (2017). Pembuatan Biogas Dari Campuran Kulit Pisang dan Kotoran Sapi Menggunakan Bioreaktor Anaerobik" *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Yahya, Y. (2017). Produksi biogas dari campuran kotoran ayam, kotoran sapi, dan rumput gajah mini (*Pennisetum purpureum cv. Mott*) dengan Sistem Batch
<https://doi.org/10.23960/jtep-l.v6i3.151-160>
- Zulkarnaen, I. R. (2018). Pengaruh rasio karbon dan nitrogen (C/N ratio) pada kotoran sapi terhadap produksi biogas dari proses anaerob. *Doctoral dissertation*. Universitas Mataram