



Analisis Kandungan Biogas Limbah Padat Tahu Dengan Penambahan Urea

Analysis Of The Biogas Content Of Tofu Solid Waste With The Addition Of Urea

Almiatun Ratu Darati^{1*}, Suwati¹, Nur Annisa Istiqamah¹, Muanah¹, Basirun²

¹Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia

²Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hamzanwadi, Indonesia

*Co-author: ratudarati@gmail.com

Article History:

Received : 14-01-2025
Revised : 03-06-2025
Accepted : 13-06-2025
Online : 19-06-2025

Keywords:

Tofu waste;
Urea;
biogas content

Abstract: Biogas production by fermentation is a source of energy obtained from organic waste, one of which is waste from the tofu and tempeh industry. The aim of this study was to analyze the biogas content of tau waste by adding urea. The research method uses an experimental method with a Completely Randomized Design. There were four treatments, namely T1: 7 kg of tofu waste, T2: addition of 7 kg of tofu waste + 1.4 kg of urea starter, T3: addition of tofu waste + 2.8 kg of urea starter, and T4: addition of 7 kg of tofu waste + urea starter as much as 4.2 kg. Each treatment was repeated 3 times to obtain 12 experimental units. The statistical test results show that the biogas content, in this case carbon dioxide and methane gas, with the highest measurement results found in T1 was 3819.17 ppm, and methane gas was 558.08 mol.

Kata Kunci:

Limbah tahu;
Urea;
Kandungan biogas;

Abstrak: Produksi biogas dengan cara fermentasi merupakan salah satu sumber energi yang didapatkan dari limbah organik salah satunya yaitu limbah dari industri tahu tempe. Tujuan dilakukan kajian ini untuk menganalisa kandungan biogas dari limbah tau dengan menambahkan urea. Metode penelitian menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan ada empat yaitu P1: Limbah tahu sebanyak 7 kg, P2: penambahan limbah tahu 7 kg + stater urea sebanyak 1,4 kg, P3: penambahan limbah tahu+ stater urea 2,8 kg, dan P4: penambahan limbah tahu sebanyak 7 kg + stater urea sebanyak 4,2 kg. Masing-masing perlakuan di ulang 3 kali sehingga di peroleh 12 unit percobaan. Hasil uji statistika menunjukkan bahwa kandungan biogas dalam hal ini karbondioksida dan gas metana dengan hasil pengukuran tertinggi ditemukan pada P1 sebesar 3819.17 ppm, dan gas metana sebesar 558.08 mol.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Permasalahan besar yang sedang dihadapi negara Indonesia saat ini adalah kelangkaan energi (Pahrudin et al., 2022). Dimana sumber energi fosil di Indonesia dari tahun ke tahun semakin menurun, sedangkan kebutuhan manusia semakin meningkat (Ester et al., 2022). Sehingga salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan energi alternatif. Energi alternatif memiliki ketersediaan bahan yang melimpah yang bersumber dari limbah organik. Limbah organik yang memiliki potensi besar sebagai sumber energi salah satunya adalah limbah industri tahu.

Limbah tahu merupakan salah satu sisa pada proses pembuatan tahu. Limbah yang dihasilkan ada yang berbentuk cair dan padat. Baik cair maupun padat limbah ini memiliki potensi sebagai bahan pembuatan biogas (Basirun et al., 2023). Biogas yang di hasilkan dapat mengurangi penggunaan energi berbahan fosil. Pada kajian yang dilakukan oleh (Binti Mat Zuini & Binti Zulkifli, 2024) limbah tahu memiliki senyawa organik tinggi yang dapat menghasilkan biogas. Adapun keuntungan dari pengelolah limbah menjadi biogas selain menghasilkan energi juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan (Muanah, 2019). Limbah industri tahu mengandung zat zat organik dengan pengolahan yang sederhana dapat menghilangkan polutan yang terdapat di dalamnya. Penguraian polutan dapat dilakukan oleh mikroorganismenya yang tidak memerlukan oksigen secara anaerob.

Pembuatan biogas berbahan limbah tahu pada dasarnya sama dengan bahan organik lainnya yaitu dengan cara difermentasi. Pembuatan biogas ini membutuhkan waktu yang cukup lama 2-3 bulan sehingga dibutuhkan metode pembuatan yang lebih efektif dan efisien yaitu menggunakan campuran bahan organik yang lain atau disebut dengan starter. Jenis starter pada penelitian yang dilakukan oleh (Chellapandi & Saranya, 2024) (Agustine et al., 2023) yaitu kotoran sapi, dan ragi. Namun ada juga pada penelitian yang lain jenis starter yang digunakan adalah pupuk urea sehingga pada penelitian ini dilakukan pembuatan biogas berbahan limbah tahu menggunakan starter urea. Starter urea dikenal dengan istilah carbamida dengan senyawa kimia organik yang di hasilkan dari proses metabolisme protein. Adapun kandungan dari pupuk urea ini adalah kadar nitrogen sebesar 45-56% (Saputra et al., 2023).

Berdasarkan uraian di atas penting dilakukan penelitian tentang “Pengaruh Penambahan Urea Terhadap Produksi Biogas Berbahan Dasar Limbah Tahu”. Dengan dilakukannya penambahan starter urea ini diharapkan memiliki pengaruh pada pembuatan biogas baik itu kandungan maupun lama pembentukan biogas. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh penambahan urea pada limbah padat tahu terhadap kandungan biogas yang dihasilkan.

B. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan menguji dan menganalisis langsung di Laboratorium. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan satu faktor yaitu starter urea terhadap limbah tahu dengan 4 perlakuan sebagai berikut.

P1 = limbah tahu

P2 = limbah tahu + 20 % starter urea

P3 = Limbah tahu + 40 % starter urea

P4 = Limbah tahu + 60 % starter urea

Masing- masing perlakuan di buat 3 (tiga) kali ulangan sehingga di peroleh 12 unit percobaan. Data hasil pengamatan dianalisis dengan Analisis keragaman (Anova) pada taraf nyata 5%. Pada antar perlakuan terdapat pengaruh beda nyata (Signifikan) maka uji lanjut dengan menggunakan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%.

1. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ember, pengaduk, gelas ukur, timbangan, alat penampung gas, reaktor, termometer, CO₂ meter, dan CH₄ meter. Sedangkan untuk bahan yang digunakan yaitu limbah tahu, air, dan starter urea.

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian pembuatan biogas berbahan limbah tahu dan starter urea.

2. Menimbang 10 kg limbah tahu pada semua perlakuan dan ulangan, serta penimbangan starter sesuai persentase pada setiap perlakuan.
3. Mencampurkan semua bahan pada setiap perlakuan pada ember yang berbeda-beda untuk menghindari campuran bahan yang lain.
4. Memasukkan semua bahan yang sudah tercampur rata pada reaktor yang sudah disiapkan kemudian dipastikan reaktor tertutup rata tanpa adanya celah udara yang masuk.
5. Selanjutnya yaitu proses fermentasi bahan,
6. Melakukan pengukuran suhu, CO₂, dan CH₄ setiap satu minggu sekali selama ±4-5 minggu.
7. Selanjutnya dilakukan analisis data dan pembahasan.

Parameter penelitian ada 3 yaitu suhu, karbondioksida, dan gas methana. Berikut adalah uraian masing-masing parameter penelitian.

1. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan Thermometer batang air raksa dengan cara ditancapkan pada reaktor, sehingga suhu yang terukur merupakan suhu di dalam reaktor. Pengukuran suhu dilakukan mulai hari ke-0 selanjutnya diukur tiap minggu.

2. Pengukuran Kandungan Karbondioksida (CO₂)

Pengukuran kandungan biogas dalam hal ini adalah Karbondioksida (CO₂) menggunakan alat CO₂ meter dengan cara alat dipasangkan pada ruang produksi atau penampungan biogas kemudian dicatat hasil pengukuran atau pembacaan. Pengukuran dilakukan mulai hari ke-0 dan setiap minggu selama ± 4-5 minggu.

3. Pengukuran Kandungan Gas Metan (CH₄)

Pengukuran kandungan gas metan dilakukan sama dengan Karbondioksida yaitu dengan memasang alat pada ruang produksi atau penampungan gas. Pengukuran juga dilakukan mulai hari ke-0 dan setiap minggu selama ± 4-5 minggu. Alat yang digunakan untuk mengukur gas metan adalah CH₄ meter. Data yang sudah diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan analisis keseragaman (*analisis of Variance*) pada taraf nyata 5%. Apabila setelah dilakukan analisis ditemukan data yang signifikan maka dilakukan uji lanjut menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Statistika

Dari hasil analisis untuk setiap parameter yang diamati pada proses pembentukan biogas dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1 Signifikansi Parameter Suhu, kandungan Karbondioksida (CO₂), dan Gas Metan (CH₄)

Parameter	F Hitung	F Tabel	Signifikan
Suhu	0,33	4,07	NS
Karbondioksida (CO ₂)	261,37	4,07	S
Gas Metan (CH ₄)	4,39	4,07	S

Keterangan: S : Signifikan (Berpengaruh Nyata) NS : Non Signifikan (Tidak Berpengaruh Nyata)

Tabel 1 Menunjukkan bahwa parameter suhu tidak memberikan pengaruh yang nyata antar perlakuan selama proses pembentukan biogas. Hal ini terlihat dari perbandingan nilai F Hitung (0,33) lebih rendah dari F Tabel (4,07). Sedangkan pada parameter kandungan biogas yaitu karbondioksida (CO₂) dan Gas Metan (CH₄) memberikan pengaruh yang nyata atau signifikan antar perlakuan selama fermentasi. Hal ini juga dapat dilihat dari perbandingan F hitung dan F Tabel. Dimana masing-masing F hitung (261,37) lebih besar dari F Tabel (4,07) pada kandungan

karbondioksida (CO₂). Begitu juga dengan Kandungan gas Metan (CH₄) hasil analisis menunjukkan nilai F Hitung (4,39) lebih tinggi dari nilai F Tabel (4,07). Berdasarkan hasil analisis signifikansi inidua parameter yaitu kandungan karbondioksida (CO₂) dan gas metan (CH₄) dilakukan uji lanjut dengan Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 0,005 (5%).hasil uji lanjut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil uji Lanjut Beda Nyata Jujur kandungan Karbondioksida dan Gas Metan

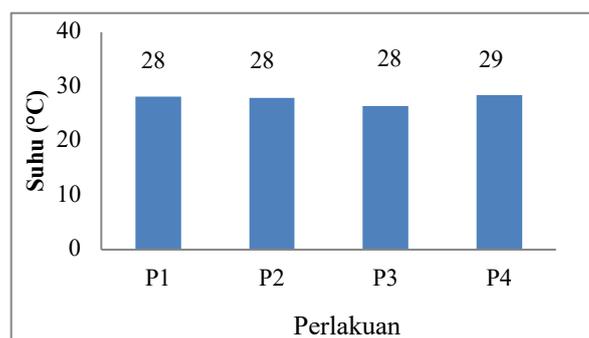
Perlakuan	Karbondioksida (CO ₂)	Gas Metan (CH ₄)
P1	3819,17 ^b	4350,08 ^c
P2	3402,90 ^a	558,08 ^c
P3	3394,83 ^a	100,50 ^a
P4	3262,58 ^a	51,58 ^a

Tabel 2 merupakan hasil analisis uji BNJ 5% pada parameter kandungan karbondioksida (CO₂) dan gas metan (CH₄). Untuk parameter gas karbondioksida (CO₂) menunjukkan bahwa P1 berbeda nyata dengan P2, P3, dan P4, sedangkan P2 tidak berbeda nyata dengan P3, dan P4 dan berbeda nyata dengan P1, begitu juga dengan P3, dan P4 berbeda nyata dengan P1 dan tidak berbeda nyata dengan P2. Pada parameter gas metan (CH₄) P1 tidak berbeda nyata dengan P2 dan berbeda nyata dengan P3 dan P4. P3 tidak berbeda nyata dengan P1 namun berbeda nyata dengan P3 dan P4. Sedangkan P3 berbeda nyata dengan P1 dan P2 tetapi tidak berbeda nyata dengan P4, pernyataan yang sama dengan P4 bahwa tidak berbeda nyata dengan P3 namun berbeda nyata dengan P1 dan P2.

2. Pembahasan

Suhu

Suhu merupakan salah satu karakteristik utama selama proses pembentukan biogas, tinggi atau rendahnya suhu memiliki peranan penting terhadap cepat atau lambatnya proses pembentukan biogas (Wang et al., 2019). Suhu yang terukur selama pembentukan biogas dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Suhu selama pembentukan biogas

Gambar 1 Suhu yang terukur selama pembentukan Gas Karbondioksida (CO₂), dan Gas Metan (CH₄) Keterangan: P1= Limbah tahu, P2 = Limbah tahu + Stater Urea 20%, P3 Limbah tahu + Stater urea 40%, dan P4 Limbah tahu + Stater urea 40%

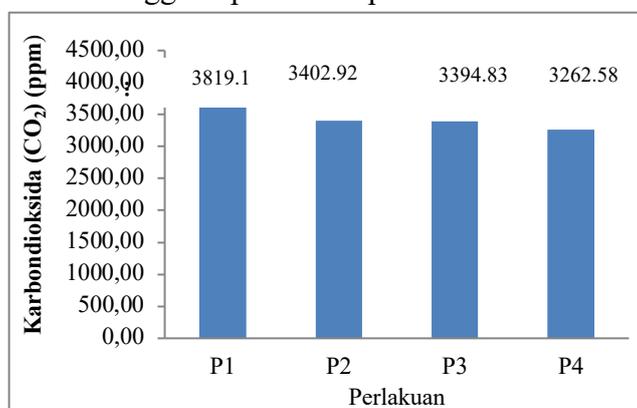
Pada Gambar 1 di atas dapat dilihat bahwa suhu yang terbentuk pada masing-masing perlakuan berkisar antara 28-29 °C. Suhu pada P1, P2, dan P3 memiliki nilai yang sama yaitu 28 °C, sedangkan suhu pada P4 lebih tinggi yaitu 29 °C. Suhu yang terukur pada masing-masing reaktor ini sudah dapat dikatakan berada pada rentang suhu normal. Penelitian yang dilakukan oleh (Rezeki et al., 2021) suhu yang baik selama proses pembentukan biogas berada pada rentang 25°C-40°C. pada penelitian

(Saragih, 2010) juga dikatakan bahwa digester anaerob skala kecil bakteri *mesophilic* pada keadaan anaerob bekerja pada suhu antara 25°C-37°C. Hasil penelitian yang berbeda juga dikatakan oleh (Putri & Tsani, 2015) bahwa suhu mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan kecepatan reaksi dalam pembentukan biogas.

Faktor suhu pada produksi biogas akan menurun secara cepat akibat perubahan temperatur yang mendadak dalam reaktor digester, dimana bakteri metanogenetik berkembang lambat dan sangat sensitif terhadap perubahan suhu secara tiba-tiba (Nekhubvi & Tinarwo, 2022). Dari uraian penelitian pendukung dapat disimpulkan bahwa suhu yang terbentuk dalam reaktor biogas sudah tergolong sangat baik namun kembali lagi dengan menganalisa penambahan urea pada bahan utama mengakibatkan cepat atau lambatnya pembentukan biogas dalam hal ini yang diukur adalah gas karbondioksida dan (CO₂) dan gas Metan (CH₄).

Karbendioksida (CO₂)

Karbendioksida merupakan salah satu komponen yang dihasilkan selama proses fermentasi dalam pembentukan biogas (Muanah et al., 2023). Adapun hasil pengukuran rerata kandungan karbondioksida (CO₂) selama 4 minggu dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Rerata kandungan gas Karbendioksida (CO₂)

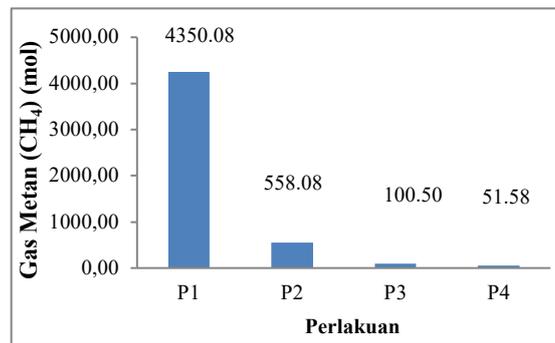
Keterangan: P1= Limbah tahu, P2 = Limbah tahu + Stater Urea 20%, P3 Limbah tahu + Stater urea 40%, dan P4 Limbah tahu + Stater urea 40%

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai rerata kandungan gas karbondioksida (CO₂) yang didapatkan selama fermentasi 4 minggu. Adapun masing-masing kandungan yang didapatkan yaitu P1 sebesar 3819.17 ppm, P2 3502.92 ppm, P3 3394.84 ppm, dan P4 dengan nilai sebesar 3262.58 ppm. Karbondioksida (CO₂) tertinggi ditemukan pada P1 dengan nilai 3819.17 ppm yaitu tanpa menggunakan penambahan urea. Sedangkan kandungan karbondioksida (CO₂) terendah ditemukan pada P4 dengan nilai 3262.58 ppm dengan penambahan urea 60%.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa selama pembentukan karbondioksida (CO₂) yaitu penambahan urea memiliki peranan yang besar yaitu menghambat pembentukan biogas. Hal ini terlihat dari besarnya penambahan urea sebanyak 60% dari bahan utama menghasilkan CO₂ paling rendah. Sedangkan dengan perlakuan tanpa penambahan urea pembentukan CO₂ lebih cepat. Berdasarkan uraian hasil penelitian tersebut didukung oleh Argo (2012) dikatakan bahwa penambahan urea sebaiknya ditambahkan pada proses setelah pembentukan biogas untuk menghasilkan pupuk dengan kandungan hara yang tinggi. Jadi dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa urea tidak memberikan pengaruh yang baik selama proses fermentasi dalam menghasilkan gas karbondioksida (CO₂).

Gas Metan (CH_4)

Gas metan dengan senyawa kimia CH_4 merupakan satu-satunya kandungan yang diharapkan dalam pembentukan biogas. Gas metan (CH_4). Adapun hasil pengukuran kandungan gas metan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 3 Rerata kandungan gas Metan (CH_4)

Keterangan: P1= Limbah tahu, P2 = Limbah tahu + Stater Urea 20%, P3 Limbah tahu + Stater urea 40%, dan P4 Limbah tahu + Stater urea 40%

Berdasarkan Gambar 3 di atas menunjukkan bahwa nilai kandungan dari gas metan (CH_4) selama proses fermentasi 4 minggu berbeda-beda pada setiap perlakuan. Nilai dari masing-masing perlakuan yaitu P1 dengan kandungan CH_4 sebesar 4350.08 mol, P2 558.08 mol, P3 100.50 mol, dan P4 dengan nilai 51.58 mol. Kandungan tertinggi ditemukan pada P1 dengan bahan utama tanpa dilakukan penambahan urea menghasilkan gas metan 4350.08 ppm, sedangkan kandungan terendah ditemukan pada P4 dengan penambahan urea sebanyak 60% dari bahan utama yaitu limbah padat tahu dengan nilai 51.58 mol.

Penambahan urea memberikan pengaruh yang sama dalam pembentukan Karbondioksida terhadap cepat atau lambatnya proses pembentukan biogas. Kandungan CH_4 yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan urea maka semakin lama pula pembentukan gas metan sehingga dapat disimpulkan bahwa pembentukan biogas selain karena faktor suhu dalam reaktor (biodigester) juga dipengaruhi oleh penambahan urea. Penambahan urea dapat dikatakan belum mampu menjadi stater yang baik pada pembentukan biogas berbahan limbah tahu. Penelitian ini didukung oleh Adiani 2019) dikatakan bahwa penambahan urea sebaiknya pada proses setelah pembentukan biogas dalam hal ini adalah *bioslurry* (ampas biogas) untuk menghasilkan pupuk dengan kandungan hara yang tinggi. Jadi dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa urea tidak memberikan pengaruh yang baik jika penambahan dilakukan pada proses fermentasi dalam menghasilkan gas metan (CH_4).

D. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah diuraikan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa suhu yang dihasilkan dengan rentang $28^{\circ}C-29^{\circ}C$ selama proses fermentasi tergolong suhu normal sehingga proses fermentasi selama pembentukan biogas terbentuk secara optimal. Penambahan urea berbahan limbah padat tahu tidak memberikan pengaruh baik terhadap pembentukan biogas, karena karbondioksida (CO_2) tertinggi ditemukan pada P1 3819.17 ppm. Penambahan urea pada bahan utama yaitu limbah padat tahu memberikan pengaruh yang sama dengan pembentukan gas karbondioksida dengan gas metan (CH_4) tertinggi yang dihasilkan ditemukan pada P1 tanpa penambahan urea sebesar 4350.08 mol.

DAFTAR RUJUKAN

- Adiani, K. M., Gunadnya, I. B. P., & Setiyo, Y. (2019). Pengaruh Penambahan Urea pada Media dan Pemanasan terhadap Produksi Biogas. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*. <https://doi.org/10.24843/jbeta.2020.v08.i01.p11>
- Agustine, D., Amyranti, M., & Indriani, I. (2023). Penerapan Teknologi Biogas Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dan Limbah Organik Sebagai Upaya Mengatasi Pencemaran Lingkungan. *Prosiding TAU SNARS-TEK Seminar Nasional Rekayasa Dan Teknologi*. <https://doi.org/10.47970/snarstek.v2i1.503>
- Argo, B. D., & Musthofa Lutfi, S. (2012). OPTIMASI PENAMBAHAN UNSUR HARA NPK PADA LIMBAH BIOGAS DAN KOMPOS KAMBING SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN PUPUK ORGANIK GRANUL DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER. *Jurnal Teknologi Pertanian*.
- Basirun, B., Hirzi, R. H., & Muanah, M. (2023). Modeling multiple linear regression analysis in the formation of biogas pressure. *Jurnal Agrotek Ummat*. <https://doi.org/10.31764/jau.v10i3.16302>
- Binti Mat Zuini, Z., & Binti Zulkifli, E. (2024). Efektivitas Produksi Biogas Mini Dari Limbah Dapur (KW) Dan Kotoran Sapi (CM). *JURNAL ILMIAH AGRINECA*. <https://doi.org/10.36728/afp.v24i1.2834>
- Saragih, B. R. (2010). *Analisis Potensi Biogas Untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal Pada Gedung Komersil Di Daerah Perkotaan (Studi Kasus Pada Mall Metropolitan Bekasi)*. Universitas Indonesia.
- Chellapandi, P., & Saranya, S. (2024). Biogas starter from genome-scale data for methanogenic bioprocessing of protein waste. In *Systems Microbiology and Biomanufacturing*. <https://doi.org/10.1007/s43393-023-00191-2>
- Ester, V., Ramadhan, D. A., Halim, E. J., & Kantong, B. C. (2022). THORIUM: Energi Alternatif Baru Berbasis Nuklir Sebagai Jawaban Atas Keberlangsungan Ketahanan Energi di Indonesia. *Ikatan Penulis Mahasiswa Hukum Indonesia Law Journal*. <https://doi.org/10.15294/ipmhi.v2i1.53738>
- Muanah, M. (2019). PEMBUATAN PUPUK ORGANIK PADAT DARI AMPAS BIOGAS (BIO-SLURRY) KOTORAN SAPI DI DESA PERESAK KABUPATEN LOMBOK BARAT. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v3i1.1295>
- Muanah, M., Wiryono, B., Huda, A. A., Afriatin, A., Julkarnain, J., Pasae, Y., Songli, Y., & Yubelina, S. (2023). Penyuluhan Dan Pebuatan Instalasi Biogas Berbahan Limbah Ternak Sapi Di Desa Andalan Lombok Utara. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 7(6), 6136. <https://doi.org/10.31764/jmm.v7i6.20126>
- Nekhubvi, V., & Tinarwo, D. (2022). Prediction of slurry operating temperature and biogas production rate using ambient temperature forecast as input parameter for underground brick-built biogas digesters. *Cogent Engineering*. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2034375>
- Pahrudin, G., Fadillah, S., & Mutmainah, N. F. (2022). Analisis Permintaan dan Penyediaan Energi Fosil dari berbagai Subsektor di Indonesia pada Masa Mendatang. *Journal of Engineering Environmental Energy and Science*. <https://doi.org/10.31599/joes.v1i1.977>
- Putri, Rr. D. A., & Tsani, S. T. (2015). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Rumen Sapi Terhadap Produksi Biogas Dari Vinasse. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*.
- Rezeki, S., Ivontianti, W. D., & Khairullah, A. (2021). Optimasi Temperatur Pada Produksi Biogas dari Limbah Rumah Makan di Kota Pontianak. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v5i1.850>
- Saputra, N. T., Kalsum, L., & Junaidi, R. (2023). Pemurnian Biogas dari Co-Digestion Limbah Cair Industri Tahu dengan Kotoran Sapi Menggunakan Absorben MEA Pada Kolom Isian. *Jurnal Serambi Engineering*. <https://doi.org/10.32672/jse.v8i3.6490>

Wang, S., Ma, F., Ma, W., Wang, P., Zhao, G., & Lu, X. (2019). Influence of temperature on biogas production efficiency and microbial community in a two-phase anaerobic digestion system. *Water (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/w11010133>