

Analisa Pengujian Instalasi *Anaerobic Digestion* untuk Pemanfaatan Limbah Cair Tahu menjadi Biogas dengan Penambahan Variasi Kotoran Sapi

Prido Dwi Purboyo*, A'rasy Fahrudin

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengolah limbah cair tahu menjadi biogas melalui instalasi *digester* anaerobik dengan variasi campuran kotoran sapi (10%, 15%, dan 20%). Metode penelitian melibatkan pembuatan *digester* dengan variabel bebas, terikat, dan terkontrol. Variasi pH, temperatur, tekanan biogas, dan volume biogas diamati selama 15 hari fermentasi. Hasil menunjukkan pada variasi 10%, pH tertinggi pada hari ke-7 (7), temperatur tertinggi 32°C, dan tekanan biogas mulai muncul hari ke-6 (89,2 cmHg), dengan volume biogas 90 liter. Variasi 15% mencapai pH tertinggi pada hari ke-8 (7,2), temperatur tertinggi 34°C, tekanan biogas mulai hari ke-5 (89,9 cmHg), dan volume biogas 95 liter pada hari ke-15. Variasi 20% mencapai pH tertinggi pada hari ke-8 (7,4), temperatur tertinggi 35°C, tekanan biogas mulai hari ke-5 (90,7 cmHg), dengan volume biogas 100 liter pada hari ke-15. Penelitian ini memberikan wawasan mengenai pengelolaan limbah tahu menjadi biogas dengan variasi campuran, menunjukkan potensi efisiensi dan keberhasilan dalam menghasilkan biogas.

Kata Kunci: Biogas, Digester Anaerobik, Limbah Cair Tahu

DOI:

<https://doi.org/10.47134/innovative.v3i2.102>

*Correspondence: A'rasy Fahrudin

Email: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Received: 01-04-2024

Accepted: 15-05-2024

Published: 30-06-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: This study aims to convert tofu wastewater into biogas through an anaerobic digester installation with variations in the mixture of cow dung (10%, 15%, and 20%). The research method involves constructing digesters with independent, dependent, and controlled variables. pH, temperature, biogas pressure, and biogas volume variations were observed over a 15-day fermentation period. The results indicate that in the 10% variation, the highest pH was on day 7 (7), with the highest temperature reaching 32°C on days 6 and 7. Biogas pressure emerged on day 6 (89.2 cmHg), yielding a volume of 90 liters by day 15. In the 15% variation, the highest pH occurred on day 8 (7.2), with the highest temperature at 34°C on days 9 and 10. Biogas pressure began on day 5 (89.9 cmHg), resulting in a biogas volume of 95 liters by day 15. The 20% variation achieved the highest pH on day 8 (7.4), with the highest temperature reaching 35°C from days 9 to 11. Biogas pressure started on day 5 (90.7 cmHg), producing a biogas volume of 100 liters by day 15. This research provides insights into managing tofu waste into biogas with mixed variations, demonstrating potential efficiency and success in biogas production.

Keywords: Biogas, Anaerobic Digester, Tofu Liquid Waste

Pendahuluan

Saat ini proses pembuatan tahu dan tempe masih dilakukan dengan cara tradisional dan sebagian besar masih menggunakan tenaga manusia. Bahan baku utama untuk pembuatan tahu dan tempe adalah kedelai. Pada tahun 1995, Indonesia telah mengkonsumsi kedelai hingga mencapai 2.287.317 Ton (Budiarto, 2005). Boljanovic (2004) juga memperkirakan di Indonesia terutama di pulau Jawa jumlah pengusaha tahu dan tempe sekitar 10.000 pengusaha, yang sebagian besar masih berskala rumah tangga, sebagai pembanding di Jepang sekitar 38.000 buah, di Cina 158.000 buah, di Taiwan 2.500 buah, di Korea 1.470 buah (Osman, 2022; Karki, 2021; Kumar, 2021; Nguyen, 2021; Zamri, 2021).

Pada proses pembuatan tahu penggunaan air sangat banyak sebagai bahan pencuci dan merebus kedelai. Akibat dari banyaknya air yang digunakan untuk proses pembuatan tahu dan tempe, akan banyak pula limbah yang dihasilkan. Sebagai contoh adalah industri tahu dan tempe di Semanan, Jakarta Barat kandungan BOD₅ mencapai 1.324 mg/l, COD 6698 mg/l, NH₄ 84,4 mg/l, nitrat 1,76 mg/l, dan nitrit 0,17 mg/l (Joseph, 1992). Apabila dilihat dari baku mutu air limbah bagi usaha atau proses pengolahan tahu dan tempe menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, untuk maksimum kadar BOD₅, COD, dan TSS yang diperbolehkan berturut-turut adalah 150 mg/l, 300 mg/l, 200 mg/l dengan PH 6-9. Limbah cair tahu tersebut sebagian besar langsung dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal tersebut sangat disayangkan, limbah cair tahu mengandung lebih dari 50% Metana (CH₄), sehingga sangat mungkin untuk dapat dijadikan sebagai biogas (Farid, 2013).

Pada era teknologi saat ini, meningkatnya permintaan bahan bakar fosil mengakibatkan pemanasan global dan efek rumah kaca (Prasetyo, 2007). Oleh karena itu, saat ini dibutuhkan energi terbarukan, salah satunya adalah biogas. Biogas adalah gas yang terbentuk akibat adanya proses anaerobik atau fermentasi dari senyawa-senyawa organik oleh mikroorganisme anaerob (Du, 2021; Jin, 2021; L. N. Nguyen, 2021; Pan, 2021; W. Zhao, 2021). Untuk dapat menghasilkan energi biogas, dapat menggunakan metode *digesti anaerobik*. Metode ini memanfaatkan banyak jenis mikroba yang bisa mengubah biomassa dan limbah dengan cara mendegradasi material organik tanpa menggunakan oksigen dan bantuan bakteri (Abbas, 2021; Cremonez, 2021; Liu, 2021; J. Zhao, 2021; Sari, 2014).

Penelitian yang berjudul "Pengolahan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas yang Ramah Lingkungan" yang telah dilakukan oleh (M. Wang, 2021; R. Wang, 2021; Sofwan, 2011). Dalam penelitian ini melakukan pengolahan limbah cair tahu dengan metode anaerob serta menggunakan reaktor anaerob. Di mana limbah cair tahu difermentasi pada tabung reaktor dengan tanpa adanya oksigen. Kesimpulan dari penelitian ini adalah pengolahan limbah cair tahu sebanyak 90 liter didapatkan hasil biogas sebanyak 82,04 liter biogas. Untuk menghasilkan biogas tersebut sesuai pengujian yaitu membutuhkan waktu 28 hari. Pada penelitian ini diketahui bahwa pada reaktor harus diberi pengaduk supaya limbah tetap dapat terurai.

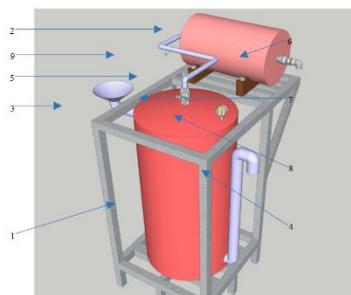
Adapun penelitian tentang perancangan alat pengolah limbah cair telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti, Sutigno (1994) dalam penelitiannya tentang rancang bangun alat konversi biogas limbah cair tempe dan pengujian dengan penambahan variasi campuran sekam padi, penelitian ini menyimpulkan tentang jumlah tertinggi nilai kalor biogas yang dihasilkan dari variasi campuran sekam padi. Pada penelitian ini ditemukan kendala yaitu diperlukannya kapasitas tabung reaktor yang lebih besar yakni lebih dari 120 liter, dan perlu adanya sistem pengaduk secara otomatis pada tabung reaktor. Theryo (2009) dalam penelitiannya tentang optimasi rancang bangun teknologi alat pengolah limbah cair tahu. Dalam penelitian ini menyimpulkan tentang adanya beberapa tahap filtrasi sehingga limbah cair tahu dapat memenuhi baku mutu limbah cair untuk selanjutnya dapat dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan data observasi ditemukan beberapa kekurangan untuk sistem pengolahan limbah cair tahu tersebut yaitu kurang tepatnya memilih bahan starter untuk mempercepat fermentasi limbah cair tahu sehingga waktu fermentasi relatif cukup lama. Tidak adanya sistem pengaduk secara otomatis pada tabung reaktor sehingga limbah cair tahu akan susah untuk terurai. Maka dari itu perlu adanya pengembangan alat pengolah limbah cair tahu agar menjadi lebih efisien dan tepat guna. Dengan melihat kekurangan di atas maka penelitian ini memilih tema “Rancang Bangun Instalasi *Anaerobic Digestion* Untuk Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas” dengan harapan penelitian ini dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta dapat menghasilkan energi alternatif biogas dengan memanfaatkan limbah cair tahu.

Metode

Pada perencanaan perancangan instalasi pengolah limbah cair tahu menjadi biogas harus menentukan konsep desain alat menjadi dasar pemikiran dalam prosesnya terdapat urutan proses pengerjaan yaitu menentukan desain, kemudian pemilihan komponen dan juga perhitungan dimensi komponen.

Berdasarkan konsep desain yang telah disusun dan mengacu pada referensi yang telah ada sebelumnya, maka desain yang penulis usulkan untuk perancangan desain instalasi pengolah limbah cair tahu menjadi biogas harus efisien dan berfungsi dengan baik untuk proses pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas, penulis menggunakan desain sebagai berikut.



Gambar 1.2 Desain *Digester*

Keterangan Gambar:

1. Tabung Fermentasi
2. Tabung Penyimpanan Gas
3. Pipa *Inlet*
4. Pipa *Outlet*
5. Pipa Gas *Inlet*
6. Pipa Gas *Outlet*
7. *Valve*
8. Manometer
9. Tabung Pitot

Perencanaan komponen *digester* ini didasarkan pada desain terpilih yang memenuhi kriteria pemilihan konsep. Pada tahap ini akan dilakukan perancangan dan pengembangan produk diantaranya adalah pengaplikasian konsep desain, proses pemilihan material, dan perakitan produk. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah konsep desain sudah sesuai dengan harapan. Adapun komponen-komponen instalasi pengolah limbah cair tahu menjadi biogas yang perlu direncanakan antara lain adalah.

- a. Tabung bahan *polyethylene*
- b. Tabung pitot
- c. Pipa PVC
- d. Baja ST 42
- e. *Valve*
- f. Lem PVC
- g. Manometer
- h. *Seal tape*

Pembuatan atau perakitan alat dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Adapun alat-alat yang diperlukan dalam perakitan instalasi pengolah limbah cair tahu menjadi biogas antara lain adalah:

- a. Las
- b. Kunci Pas
- c. Gerinda Tangan
- d. Tang
- e. Bor Tangan
- f. Palu
- g. Gergaji

Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang telah ditetapkan oleh peneliti dengan bentuk apa saja yang memiliki tujuan supaya dipelajari untuk mendapatkan informasi tentang hal tersebut dan dapat ditarik kesimpulan. Segala sesuatu tersebut merupakan kondisi-kondisi yang telah dikontrol, dimanipulasi, serta diobservasi oleh peneliti dalam penelitiannya.

Variabel penelitian dapat dibedakan menjadi 5 menurut sifatnya. Salah satunya adalah hubungan antar variabel. Hubungan antar variabel tersebut terdiri dari 3 jenis yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol.

Variabel Bebas

Variabel ini memiliki pengaruh atau dapat menyebabkan berubahnya variabel lain. Sehingga dapat dinyatakan bahwa berubahnya variabel ini diasumsikan akan membuat variabel lain dapat berubah.

Dalam penelitian ini variabel bebas yang akan digunakan adalah komposisi bahan. Pengujian terhadap penelitian ini terdapat variasi komposisi bahan campuran untuk fermentasi limbah cair tahu dengan menggunakan kotoran sapi dengan variasi campuran sebesar 10%, 15%, dan 20% berat bahan terhadap keseluruhan berat limbah cair tahu.

Variabel Terikat

Variabel terikat atau dependen merupakan variabel yang ada atau terbentuk yang disebabkan karena adanya suatu variabel bebas. Dapat disebut variabel terikat karena variasi atau kondisinya dipengaruhi dan terikat pada variasi variabel yang lain.

Variabel terikat yang terdapat pada penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

a. Nilai kalor

Variasi nilai kalor yang terbentuk disebabkan karena adanya variasi berat komposisi bahan campuran fermentasi. Pengujian nilai kalor dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mendidihkan air berkapasitas 1,5 liter dengan waktu tertentu.

b. Efisiensi

Persentase nilai kalor yang telah dihasilkan dalam penelitian ini terhadap standar nilai kalor yang telah ditetapkan.

Variabel Terkontrol

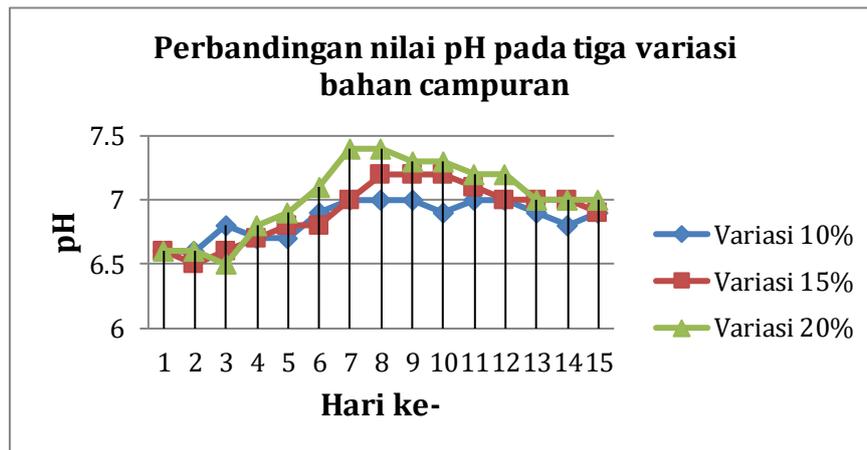
Variabel terkontrol adalah variabel yang dikendalikan pengaruhnya dan dibatasi sehingga tidak dapat berpengaruh terhadap gejala yang sedang diteliti, dapat dinyatakan juga dampak dari variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dapat dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti.

Pengujian dalam penelitian ini, waktu fermentasi dari beberapa variasi komposisi bahan campuran dibatasi dalam waktu 15 hari.

Hasil dan Pembahasan

Selama proses fermentasi, didapatkan hasil pengukuran pH dengan perubahan yang tidak terlalu signifikan. Dapat dilihat pada Gambar 1 terdapat perbedaan nilai pH pada

masing-masing variasi bahan campuran. Hal ini disebabkan karena kuantitas dari bahan campuran.



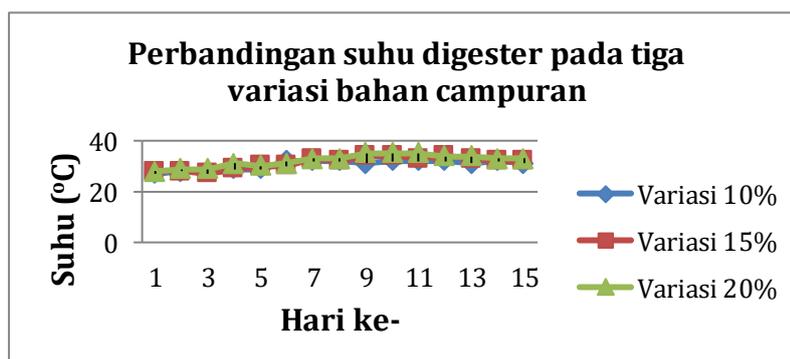
Gambar 1. Grafik perbandingan nilai pH

Selama dilakukan proses pengukuran pH dengan intensitas sehari 2 kali selama 15 hari yaitu pada pukul 06.00 WIB dan pukul 16.00 WIB, dapat dilihat pada variasi 10% bahan campuran diperoleh nilai pH tertinggi pada hari ke-7, yaitu dengan nilai pH sebesar 7 dan menurun pada hari ke-14 yaitu sebesar 6,8. Untuk variasi bahan campuran 15%, nilai pH tertinggi diperoleh pada hari ke-8 dengan nilai pH sebesar 7,2 dan nilai pH terendah sebesar 6,9 diperoleh pada hari ke-15. Sedangkan pada variasi bahan campuran 20% diperoleh nilai pH tertinggi pada hari ke-7 dan ke-8 yaitu sebesar 7,4 dan menurun pada hari ke-13 sebesar 7. Untuk memproduksi gas metan, nilai pH yang optimal berkisar antara 7,0-7,2 akan tetapi nilai pH dalam kisaran 6,6-6,7 gas masih dapat diproduksi (Wiraatmadja, 1995).

A. Pengukuran Temperatur Digester

Proses pengukuran temperatur pada penelitian ini dilakukan menggunakan termometer lab dengan cara mengambil cairan paling bawah melalui pipa outlet. Pengukuran temperatur pada masing-masing varian bahan campuran dilakukan sehari 2 kali pada pukul 06.00 WIB dan pukul 16.00 WIB selama 15 hari.

Perubahan temperatur selama proses fermentasi pada masing-masing variasi bahan campuran mengalami perubahan yang kecil. Perbedaan temperatur pada masing-masing variasi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik perbandingan suhu digester

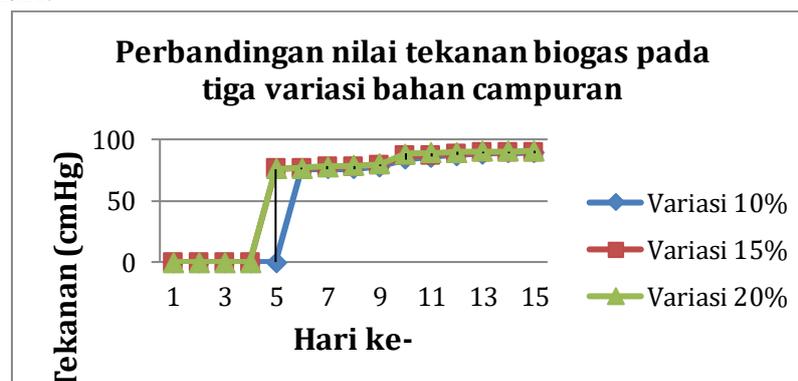
Berdasarkan grafik di atas, temperatur tertinggi yang didapat pada variasi bahan campuran 10% adalah sebesar 32°C pada hari ke-6 dan ke-7. Untuk temperatur terendah didapat pada hari ke-3 yaitu sebesar 28°C. Pada variasi 15% bahan campuran temperatur tertinggi adalah sebesar 34°C didapatkan pada pengukuran hari ke-9 dan ke-10. Temperatur terendah didapat pada hari ke-2 yaitu 28°C. Sedangkan untuk variasi 20% bahan campuran, didapat temperatur tertinggi pada hari ke-9 sampai hari ke-11 yaitu sebesar 35°C dan temperatur terendah didapat pada hari ke-2 dan 3 yaitu sebesar 29°C.

Temperatur berpengaruh pada proses pembentukan gas metan. Seperti yang diungkapkan Monnet (2003) bahwa proses *anaerobic* bisa terjadi pada dua kondisi kisaran suhu, yaitu kondisi *mesofilik*, suhu berada pada kisaran 20-45°C, dan kondisi *termofilik* yaitu suhu berada pada kisaran 50-65°C

B. Pengukuran Tekanan Biogas

Pada penelitian ini, pengukuran tekanan biogas dilakukan dengan cara mengamati perubahan tekanan air di dalam selang manometer terbuka. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui kapan biogas mulai terbentuk dan untuk mengetahui besaran volume biogas.

Selama proses fermentasi, tekanan biogas mengalami kenaikan yang signifikan. Pengukuran tekanan biogas dilakukan sehari 2 kali pada pukul 06.00 WIB dan pukul 16.00 WIB selama 15 hari.



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai tekanan biogas

Dapat dilihat pada gambar 3 di atas, pada variasi 10% bahan campuran, tekanan biogas mulai muncul pada hari ke-6 dengan jumlah 76,02 cmHg dan terus bertambah hingga pengukuran hari ke-15 dengan jumlah 89,2 cmHg. Kemudian pada variasi 15% bahan campuran, tekanan biogas mulai muncul pada hari ke-5 dengan jumlah 76,04 cmHg dan terus meningkat hingga pengukuran hari ke-15 sebesar 89,9 cmHg. Sedangkan pada variasi bahan campuran 20%, tekanan biogas mulai muncul pada hari ke-5 dengan jumlah sebesar 76,07 cmHg dan terus naik hingga sebesar 90,7 cmHg pada pengukuran hari ke-15.

Perhitungan untuk menentukan nilai tekanan dalam (cmHg) pada manometer terbuka (fluida air). Data yang digunakan sebagai contoh adalah hasil pengukuran tekanan biogas variasi 10% bahan campuran pada hari ke-8. Pada hasil pengukuran didapatkan beda ketinggian pada skala manometer terbuka sebesar 16 cm. Sehingga dapat ditentukan nilai tekanannya dengan perhitungan sebagai berikut.

Diketahui:

$$\rho_{air} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$g = 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$h = 16cm = 0,16m$$

$$1Atm = 101.325 Pa = 760 mmHg$$

$$P_{gauge} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_{gauge} = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,16 m$$

$$P_{gauge} = 1568 \frac{kg}{m \cdot sec^2}$$

$$P_{gauge} = 1568 Pa$$

Tekanan gas dalam cmHg.

$$\frac{102893 Pa}{1} \times \frac{760 mmHg}{101325 Pa}$$

$$= 771,76 mmHg$$

$$= 77,18 cmHg$$

$$P_{gas} = P_{Atm} + P_{gauge}$$

$$P_{gas} = 101325 Pa + 1568 Pa$$

$$P_{gas} = 102893 Pa$$

Pengukuran Volume Biogas

Pengukuran volume biogas dilakukan dengan menggunakan *disposable syringe* berukuran 50ml. Seperti pada gambar 4.18 di bawah, pengukuran volume biogas dilakukan dengan cara menghubungkan *valve* outlet biogas dengan *disposable syringe* 50ml kemudian dilakukan pengamatan pada skala manometer terbuka.

Pada penelitian ini, didapatkan skala pada manometer terbuka turun sebesar 1mm saat biogas dialirkan ke *disposable syringe* dengan skala pada *disposable syringe* sebesar 50ml. Jadi, dapat diartikan bahwa setiap perubahan skala pada manometer terbuka sebesar 1mm, maka akan didapatkan volume biogas sebesar 50ml.

Setelah dilakukan fermentasi selama 15 hari, didapatkan perbedaan volume biogas pada masing-masing variasi bahan campuran. Pada variasi bahan campuran 10%, didapatkan volume sebesar 90 liter. Pada variasi 15% bahan campuran, pada hari ke-15 didapatkan volume sebesar 95 liter, sedangkan pada variasi bahan campuran 20% didapatkan volume biogas sebesar 100 liter.

C. Uji Nyala Api

Pada penelitian ini pengujian nyala api dimaksudkan untuk mengetahui nyala atau tidaknya biogas yang terbentuk dalam proses fermentasi selama 15 hari.



Gambar 4. Uji nyala api biogas

Seperti pada gambar 4 pengujian nyala api dilakukan dengan mematik korek api ke *valve* outlet biogas dan dilakukan menggunakan kompor biogas. Bisa dilihat bahwa nyala api yang dihasilkan oleh biogas dapat berwarna biru. Seperti yang dikemukakan oleh R.R. Vienna Sona dan Djoko Sungkono (2012), temperatur api tinggi dan stabil adalah nyala api dengan warna biru. Hal ini juga menandakan bahwa proses fermentasi limbah cair tahu dengan bahan variasi berupa kotoran sapi dapat berproses dengan sempurna.

D. Perbandingan Nilai Kalor

Pada penelitian ini, perbandingan nilai kalor dilakukan dengan membandingkan nilai kalor yang didapat selama proses pengujian terhadap 3 variasi bahan campuran. Pengujian dilakukan dengan merebus air sebanyak 0,5 liter dengan pembatasan waktu selama 5 menit. Pada percobaan ini tidak didapatkan perbedaan nilai kalor antara masing-masing variasi bahan campuran.



Gambar 5. Pengukuran suhu air setelah direbus dengan api dari biogas

Perhitungan nilai kalor didapatkan dengan merebus air yang memiliki suhu awal sebesar 28°C dipanaskan dengan menggunakan kompor biogas pada setelan api sedang selama 5 menit, dan didapatkan suhu akhir sebesar 60°C . Dari data yang didapat, maka bisa ditentukan nilai kalor biogas dengan perhitungan sebagai berikut.

Diketahui:

$$m = 0,5 \text{ kg}$$

$$c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$\Delta T = 65^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C} = 38^{\circ}\text{C}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 0,5 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \cdot 38^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 79800 \text{ J}$$

Jadi, untuk memanaskan air sebanyak 0,5 kg selama 5 menit membutuhkan kalor sebanyak 79800 J. Dimana Q adalah banyaknya kalor yang diterima atau dilepas oleh suatu benda, dapat diartikan bahwa pada proses perebusan air selama 5 menit, nilai kalor yang dihasilkan oleh biogas adalah sebesar 79800 J.

E. Efisiensi Nilai Kalor

Efisiensi nilai kalor ditentukan dengan membandingkan rata-rata nilai kalor yang dihasilkan oleh 3 variasi bahan campuran dengan nilai kalor yang dihasilkan oleh gas elpiji dalam percobaan untuk merebus air sebanyak 0,5 liter dengan batas waktu 5 menit.



Gambar 6. Pengukuran suhu air setelah direbus dengan api dari elpiji

Pada proses pengujian perbandingan nilai kalor antara masing-masing variasi bahan campuran, telah didapatkan hasil nilai kalor biogas yaitu sebesar 79800 J. Untuk menentukan efisiensi nilai kalor didapatkan data dari hasil perebusan air menggunakan kompor elpiji. Suhu awal air sebelum dilakukan perebusan adalah sebesar 28°C , setelah dilakukan perebusan selama 5 menit, didapatkan suhu sebesar 65°C . Maka nilai kalor elpiji dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

Diketahui:

$$m = 0,5 \text{ kg}$$

$$c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$\Delta T = 72^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C} = 43^{\circ}\text{C}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 0,5 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \cdot 32^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 90300 \text{ J}$$

Jadi, setelah dilakukan pengujian efisiensi nilai kalor dengan membandingkan nilai kalor biogas dengan nilai kalor elpiji, dapat diartikan bahwa nilai kalor yang dihasilkan kompor elpiji lebih tinggi dibandingkan dengan kompor biogas.

Simpulan

Berdasarkan hasil dari proses rancang bangun reaktor biogas, dapat diperoleh kesimpulan bahwa, telah berhasil dibuat sebuah reaktor biogas tipe *fixed dome* tabung di luar dengan sistem anaerob. Reaktor dibuat menggunakan tabung *polyethylene* dengan dimensi tinggi 105 cm dan diameter 60cm sehingga memiliki volume sebesar 297 liter. Pada percobaan dengan menggunakan 3 variasi bahan campuran fermentasi, hasil biogas yang terbentuk terdapat perbedaan yang signifikan. Pada variasi 10% bahan campuran, selama 15 hari menghasilkan biogas sebanyak 90 liter, pada variasi 15% bahan campuran dapat menghasilkan 95 liter biogas, kemudian pada variasi 20% bahan campuran dapat menghasilkan 100 liter biogas. Dalam pengujian nyala api, didapatkan hasil nyala api berwarna biru. Nilai kalor tertinggi didapatkan dari variasi bahan campuran 20% dengan komposisi limbah cair tahu 80% dicampur dengan kotoran sapi sebanyak 20%, dihasilkan nilai kalor sebesar 79800 Joule.

Daftar Pustaka

- Abbas, Y. (2021). Recent advances in bio-based carbon materials for anaerobic digestion: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110378>
- Boljanovic, V. (2004). *Sheet Metal Forming Process And Die Design*. Industrial Press Inc: New York.
- Budiarto. (2005). *Press Tool*. Departemen Pendidikan Nasional, Politeknik Manufaktur: Bandung.
- Cremonez, P. A. (2021). Two-Stage anaerobic digestion in agroindustrial waste treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111854>
- David, J. R. (1992). *ASM Materials Engineering Dictionary*. ASM International.
- Du, M. (2021). Understanding the fate and impact of capsaicin in anaerobic co-digestion of food waste and waste activated sludge. *Water Research*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116539>
- Farid, A. S. (2013). *Uji Produksi NDCP (Narrow Dynamic Compression Plate) Menggunakan Mesin Press*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Jin, C. (2021). Anaerobic digestion: An alternative resource treatment option for food waste in China. *Science of the Total Environment*, 779. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146397>
- Karki, R. (2021). Anaerobic co-digestion: Current status and perspectives. *Bioresour Technology*, 330. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125001>

- Kumar, M. (2021). A critical review on biochar for enhancing biogas production from anaerobic digestion of food waste and sludge. *Journal of Cleaner Production*, 305. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127143>
- Liu, X. (2021). Mechanistic insights into the effect of poly ferric sulfate on anaerobic digestion of waste activated sludge. *Water Research*, 189. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116645>
- Nguyen, L. N. (2021). Biomethane production from anaerobic co-digestion at wastewater treatment plants: A critical review on development and innovations in biogas upgrading techniques. *Science of the Total Environment*, 765. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142753>
- Nguyen, V. K. (2021). Review on pretreatment techniques to improve anaerobic digestion of sewage sludge. *Fuel*, 285. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119105>
- Osman, A. I. (2022). Biochar for agronomy, animal farming, anaerobic digestion, composting, water treatment, soil remediation, construction, energy storage, and carbon sequestration: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(4), 2385–2485. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01424-x>
- Pahleviannur, M. R. (2022). *Penentuan Prioritas Pilar Satuan Pendidikan Aman Bencana (SPAB) menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Pena Persada.
- Pahleviannur, M. R., Ayuni, I. K., Widiastuti, A. S., Umaroh, R., Aisyah, H. R., Afiyah, Z., Azzahra, I., Chairani, M. S., Dhafita, N. A., & Rohmah, N. L. (2023). Kerentanan Sosial Ekonomi terhadap Bencana Banjir di Hilir DAS Citanduy Bagian Barat Kabupaten Pangandaran Jawa Barat. *Media Komunikasi Geografi*, 24(2), 189–205.
- Pan, X. (2021). Deep insights into the network of acetate metabolism in anaerobic digestion: focusing on syntrophic acetate oxidation and homoacetogenesis. *Water Research*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116774>
- Prasetyo. (2007). *Kekuatan Papan Partikel Terbuat dari Sekam Padi*. Skripsi Teknik Mesin, IST AKPRIN: Yogyakarta.
- Sari. (2014). *Perancangan Mesin Notching Untuk Proses Sheet Metal Forming*. Jurnal Teknik Mesin, IST AKPRIN: Yogyakarta.
- Sofwan, D. M. (2011). *Pembuatan Press Dies Untuk Produk DCP (Dynamic Compression Plate) Pendek*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Sutigno, P. (1994). *Teknologi Papan Partikel Datar*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Theryo, R. S. (2009). *Teknologi Press Dies Panduan Desain*. Kinisius: Jogja.
- Wang, M. (2021). Magnetite-contained biochar derived from fenton sludge modulated electron transfer of microorganisms in anaerobic digestion. *Journal of Hazardous Materials*, 403. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123972>
- Wang, R. (2021). Deeper insights into effect of activated carbon and nano-zero-valent iron addition on acidogenesis and whole anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 324. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124671>
- Wiratmadja, S. (1995). *Alsintan Pengiris dan Pemotong*. Penebar Swadaya. Jakarta.

-
- Zamri, M. F. M. A. (2021). A comprehensive review on anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110637>
- Zhao, J. (2021). Effect of emerging pollutant fluoxetine on the excess sludge anaerobic digestion. *Science of the Total Environment*, 752. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141932>
- Zhao, W. (2021). A review of biochar in anaerobic digestion to improve biogas production: Performances, mechanisms and economic assessments. *Bioresource Technology*, 341. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125797>