



Pembuatan Biogas Berbahan Limbah Nanas dengan Penambahan Limbah Tahu

Making Biogas from Pineapple Waste with the Addition of Tofu Waste

Zeta Kuswari^{1*}, Earlyna Sinthia Dewi¹, Muanah¹, Muliatiningsih¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia

muanahtp@gmail.com

Article History:

Received : 2022-12-05
Revised : 2022-12-28
Accepted : 2022-12-30
Online : 2022-12-31

Keywords:

Biogas
Pineapple skin waste
Waste tofu

Kata Kunci:

Biogas
Limbah kulit nanas
Limbah tahu



Abstract: *One alternative energy source for making organic waste which can be renewed is pineapple waste and tofu waste. Biogas produced from these two materials is environmentally friendly so it does not disturb the environment. The purpose of this research was to determine the changes in temperature and pH that occurred during the formation of pressure and volume of biogas. The method used in this study was an experimental method using a completely randomized design (CRD). There are 4 treatments in this study, namely T1: pineapple waste; T2 : tofu liquid waste; T3 : addition of tofu solid waste; and T4 : addition of tofu liquid waste and tofu solid waste. The measurement results were then analyzed using analysis of variance (ANOVA). If significantly different results were found, a further test was carried out with BNJ. The results showed that the addition of tofu waste significantly affected the temperature, pH, pressure and volume of bioga. The average temperature for each treatment was 28oC, while the highest pH was 8.55. The highest pressure calculation results were found at T4 of 109.42 N/m², while for the highest volume it was found at T4 of 0.000016642m³. Based on the description above, it can be concluded that the addition of tofu waste has a significant effect on the formation of biogas.*

Abstrak: Salah satu sumber energi alternatif bahan pembuatan limbah organik yang sifatnya dapat dipernaharui adalah limbah nanas dan limbah tahu. Biogas yang dihasilkan dari kedua bahan ini merupakan ramah lingkungan sehingga tidak mengganggu lingkungan. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah mengetahui perubahan suhu dan pH yang terjadi selama pembentukan tekanan dan volume biogas. Metode yang digunakan penelitian ini adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Adapun perlakuan dalam penelitian ini ada 4 yaitu P1: limbah nanas; P2 : limbah cair tahu; P3 : penambahan limbah padat tahu; dan P4 : penambahan limbah cair tahu dan limbah padat tahu. Data hasil pengukuran selanjutnya di analisa menggunakan analisis keragaman (ANOVA), jika ditemukan hasil yang berbeda nyata maka dilakukan uji lanjut dengan BNJ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah tahu berpengaruh secara nyata terhadap suhu, pH, tekanan dan volume bioga. Suhu rata-rata pada setiap perlakuan sebesar 28°C, sedangkan pH tertinggi sebesar 8.55. Hasil perhitungan tekanan tertinggi ditemukan pada P4 sebesar 109.42 N/m², sedangkan untuk volume tertinggi ditemukan pada P4 sebesar 0.000016642m³. berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah tahu berpengaruh nyata dalam pembentukan biogas.



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

A. LATAR BELAKANG

Setiap tahun penggunaan energi di Indonesia terus mengalami kenaikan hal ini disebabkan oleh meningkatnya pertumbuhan penduduk, dan berkembangnya industri setiap tahunnya. Energi fosil yang digunakan secara terus menerus mengakibatkan kelangkaan energi akibat energi fosil yang bersifat tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu dibutuhkan energi terbarukan untuk mengatasi kelangkaan energi salah satunya dengan cara memanfaatkan limbah organik menjadi biogas (Candra dkk, 2017).

Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang sangat berpotensi besar, murah, bahan baku yang mudah didapatkan, ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Biogas dihasilkan dari fermentasi bahan – bahan organik dari aktivitas mikroorganisme anaerob. Mikroba umumnya melakukan metabolisme dengan menghasilkan senyawa yang mengandung hidrogen seperti etanol, methanol, atau gas methan. Bakteri yang berperan dalam proses produksi gas metan adalah bakteri *Methanobacterium*, *Methanosarcina*, *Methanococcus* (Gantina, 2011).

Limbah industri tahu merupakan salah satu bahan untuk pembuatan biogas, hal ini dapat mengurangi penggunaan energi fosil, masih banyak industri skala rumah tangga belum mampu memanfaatkan limbah sisa produksi, padahal jika dimanfaatkan limbah tahu memiliki senyawa organik tinggi yang dapat menghasilkan biogas. Keuntungan dari pengolahan limbah menjadi biogas adalah dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Limbah industri tahu mengandung zat – zat organik dengan pengolahan yang sangat sederhana dapat menghilangkan polutan yang terdapat didalamnya. Penguraian polutan dapat dilakukan oleh mikroorganisme yang tidak memerlukan oksigen atau secara anaerob (Gantina, 2011).

Nanas di Kecamatan Masbagik Kabupaten Lombok Timur keberadaannya masih hingga saat ini. Persediaan buahnya tetap ada setiap harinya semenjak dibuka usaha penjualan nanas oleh masyarakat setempat, hal ini menyebabkan para pedagang nanas di Kecamatan Masbagik Kabupaten Lombok Timur masih tetap aktif hingga saat ini karena produksi nanas dari lahan perkebunan sekitar tetap berlangsung. Nanas yang diperjualbelikan hampir semuanya berasal dari Desa Lendang Nangka, Kecamatan Masbagik Kabupaten Lombok Timur dan sebagian juga berasal dari Desa Ploman, Kecamatan Pringgasele Kabupaten Lombok Timur (Rahmawati dkk, 2019).

Penampilan nanas yang berjejer sepanjang jalan raya Masbagik Kabupaten Lombok Timur tambah menggoda karena tampilannya yang begitu segar dan cantik. Nanas ini bila dibelah akan terlihat daging buah yang berwarna kuning dengan kadar air sedang, berbentuk silindris menyerupai tabung

Sepanjang jalan raya Masbagik Kabupaten Lombok Timur penampilan nanas yang berjejer di pinggir jalan nampak segar dan cantik. Nanas ini berbentuk silindris, menyerupai tabung. Para pedagang menjual nanas dalam dua macam, yang pertama dijual utuh dan ada juga yang dikupas dan siap dimakan. Hal ini menyebabkan banyaknya limbah nanas yang dibuang dan menjadi sampah, salah satu cara mengurangi limbah nanas adalah dengan mengolahnya menjadi biogas (Rahmawati dkk, 2019). Tujuan dilakukan penelitian ini adalah mengetahui tekanan dan volume biogas yang dihasilkan.

B. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set biodigester, alat bantu terdiri dari selang plastik, corong besar, lem plastik, lem kaca, lem pipa, keran kuning, alat tulis, pisau, timbangan, wadah ukur, wadah pencampur, dan alat pengaduk. Sedangkan bahan yang digunakan

dalam penelitian ini adalah limbah tahu yang diperoleh dari pabrik pengolah tahu yang berlokasi di Abian Tubuh dan limbah kulit nanas yang diperoleh dari para pedagang nanas di Masbagik, Lombok Timur.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu pengaruh penambahan jenis limbah tahu terhadap pembuatan biogas berbahan limbah kulit nanas (*Ananas Omosus*). Percobaan ini terdiri dari 4 (empat) perlakuan yaitu P1 = Tanpa Limbah Tahu; P2= Limbah Cair Tahu; P3 = Limbah Padat Tahu; P4 = Limbah Cair Tahu + Limbah Padat Tahu. Masing-masing perlakuan di ulang 3 kali sehingga didapatkan 12 unit.

Pelaksanaan Penelitian

- a. Mengambil limbah kulit nanas yang telah dipersiapkan lalu dibersihkan terlebih dahulu kemudian dicacah dengan ukuran $\pm 1 - 2$ cm, selanjutnya siapkan air dan limbah tahu (cair dan padat).
- b. Menimbang kulit nanas sebanyak 10 kg dan 10 liter air, untuk bahan tambahan seperti limbah cair dan limbah padat tahu di gunakan sebanyak 25% dari bahan utama atau 2,5 kg bahan limbah padat dan 2,5 liter limbah cair.
- c. Mencampurkan semua bahan pada setiap perlakuan dalam bak pencampur dengan menggunakan alat pengaduk hingga homogen untuk mempermudah proses fermentasi pembentukan biogas.
- d. Memasukkan semua bahan pada masing – masing perlakuan kedalam tabung digester dengan menggunakan corong besar, selanjutnya tutup lubang digester dengan rapat dan kedap udara.
- e. Selanjutnya fermentasikan dengan variasi waktu 32 hari.
- f. Data yang diperoleh berupa laju pembentukan biogas dan pertambahan biogas secara periodik dianalisis dengan menggunakan analisis statistik.
- g. Data hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Parameter dan Cara Pengukuran

1. Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) menjadi salah satu variabel yang dapat mengontrol terjadinya proses fermentasi bahan – bahan organik yang digunakan sebagai bahan pembuatan biogas. Derajat Keasaman ini merupakan salah satu faktor pendukung keberhasilan pembentukan biogas. Pada pengukuran derajat keasaman (pH) harus diperhatikan setiap perubahannya pada saat mengambil sampel untuk mengetahui kondisi substrat yang ada di reaktor (Budihardjo, 2009). Pengukuran Derajat Keasaman (pH) dilakukan dengan menggunakan alat pH meter, hasil yang terukur merupakan pH lingkungan dalam reaktor.

2. Pengukuran Suhu

Suhu mempengaruhi proses pembentukan biogas didalam reaktor, perkembangan gas metana dipengaruhi oleh suhu, dimana suhu yang baik untuk pembentukan gas terjadi pada rentang suhu $25^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ (Apriani, 2009). Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan Thermometer batang air raksa, suhu yang terukur merupakan suhu lingkungan di dalam reaktor

3. Pengukuran Tekanan Biogas

Pengukuran tekanan biogas dilakukan dengan menggunakan Manometer pipa U sederhana, manometer pipa U ini berbentuk –U yang sebagian diisi dengan cairan yang salah satu ujungnya terbuka dan sedangkan ujung yang lainnya dihubungkan dengan digester yang akan diukur tekananya. Untuk mengetahui jumlah tekanan yang dihasilkan digunakan rumus :

$$P.V = n.R.T$$

Dimana :

P = Tekanan (N/m²)

V = Volume Biogas (m³)

n = Mol zat (mol)

R = Tetapan Gas Ideal (8,134 J/mol.K atau 0,082 L.atm/mol.K)

T = Suhu atau Temperatur (Kelvin)

4. Pengukuran Volume Biogas (m³)

Pengukuran volume gas yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$V = \pi r^2 t$$

Dimana :

V = Volume gas (m³)

π = 3,14

r = Jari – jari Tabung (m)

t = Tinggi tabung (m)

Analisi Data

Data hasil pengamatan dianalisis dengan Analisis Keragaman (Analysis of Variance) pada taraf nyata 5%. Bila terdapat perlakuan yang berpengaruh secara nyata, maka di uji lanjut menggunakan (uji BNJ) pada taraf nyata 5%.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

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

Tabel 2. Signifikansi pengaruh suhu, pH, volume, dan tekanan terhadap pembentukan biogas

Parameter	F Hitung	F Tabel	Signifikansi
Suhu	30,248	4,066	S
pH	2079,042	4,066	S
Volume	1139,119	4,066	S
Tekanan	30,248	4,066	S

Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan limbah tahu memberikan pengaruh nyata terhadap Suhu, pH, Volume dan Tekanan biogas, dimana F hitung lebih besar dari F tabel sehingga perlu dilakukan uji lanjut beda nyata jujur (BNJ). Adapun hasil uji lanjut dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil uji lanjut beda nyata jujur (BNJ)

Perlakuan	Suhu (°C)	pH	Volume (m ³)	Tekanan (N/m ²)
P1	28,32 ^c	3,37 ^a	0,00000198867 ^a	109,41 ^c
P2	28,04 ^b	4,59 ^b	0,000004082 ^b	109,32 ^b
P3	27,71 ^a	5,35 ^d	0,0000102573 ^c	109,20 ^a
P4	28,33 ^c	4,70 ^c	0,000016642 ^d	109,42 ^c

Hasil uji lanjut Suhu, pH, Volume dan Tekanan dapat dilihat pada Tabel 3, hasil pengujian pada kolom pertama didapatkan P1 dengan Suhu 28,32°C, P2 dengan Suhu 28,04°C, P3 dengan Suhu 27,71°C, P4 dengan Suhu 28,33°C. Berdasarkan uraian tersebut maka Suhu pada P1 berbeda nyata dengan P2 dan P3, Suhu pada P2 berbeda nyata dengan P1,P3, dan P4, Suhu P3 berbeda nyata dengan P1,P2 dan P4. Suhu pada P4 berbeda nyata dengan P2 dan P3.

Hasil pengujian pada kolom kedua didapatkan P1 dengan pH 3,37, P2 dengan pH 4,59, P3 dengan pH 5,35, P4 dengan pH 4,70. Berdasarkan uraian tersebut maka pH pada P1 berbeda nyata dengan P2,P3 dan P4, pH pada P2 berbeda nyata dengan P1,P3, dan P4, pH pada P3 berbeda nyata dengan P1,P2 dan P4, pH pada P4 berbeda nyata dengan P1,P2 dan P3.

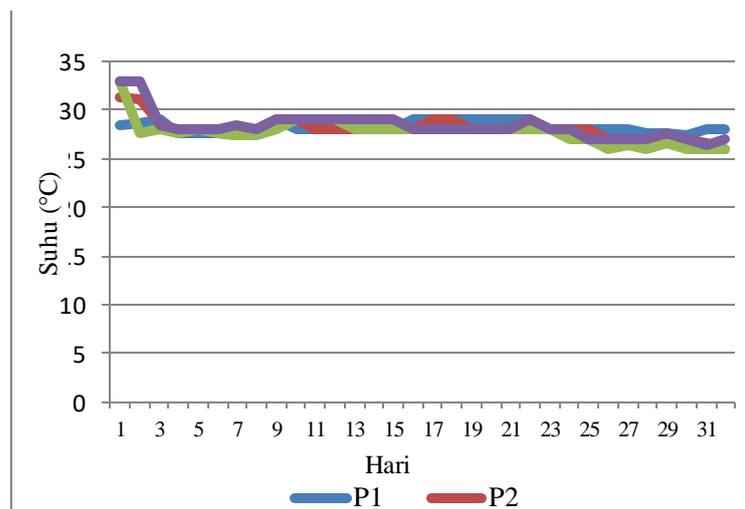
Hasil pengujian pada kolom ketiga didapatkan P1 dengan Volume 0,00000198867m³, P2 dengan Volume 0,000004082m³, P3 dengan Volume 0,0000102573m³, P4 dengan Volume 0,000016642m³. Berdasarkan uraian tersebut maka Volume pada P1 berbeda nyata dengan P2,P3 dan P4, Volume pada P2 berbeda nyata dengan P1,P3, dan P4, Volume pada P3 berbeda nyata dengan P1,P2 dan P4, Volume pada P4 berbeda nyata dengan P1,P2 dan P3.

Hasil pengujian pada kolom pertama didapatkan P1 memiliki Tekanan 109,31N/m², P2 memiliki Tekanan 109,32N/m², P3 memiliki Tekanan 109,20N/m², P4 memiliki Tekanan 109.42N/m². Berdasarkan uraian tersebut maka Tekanan pada P1 berbeda nyata dengan P2 dan P3, Tekanan pada P2 berbeda nyata dengan P1,P3, dan P4, Tekanan P3 berbeda nyata dengan P1,P2 dan P4 sedangkan Tekanan pada P4 berbeda nyata dengan P2 dan P3.

Pembahasan

Pengukuran Suhu (°C)

Pengukuran suhu (°C) dilakukan satu kali sehari selama 32 hari, perubahan nilai suhu dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 1. Rerata Nilai Suhu (°C)

Gambar 6 menunjukkan pengukuran suhu selama 32 hari, suhu awal di dalam reaktor pada P1 sebesar 28°C, P2 sebesar 31°C, P3 sebesar 33°C, P4 sebesar 33°C, suhu akhir digester pada P1 sebesar 28°C, P2 sebesar 26°C, P3 sebesar 26°C, P4 sebesar 27°C, berdasarkan suhu pada digester mengalami fluktuasi, suhu digester paling rendah untuk P1 sebesar 27°C, P2 sebesar 26°C, P3 sebesar 26°C, P4 sebesar 26°C, sedangkan suhu reaktor paling tinggi untuk P1 sebesar 28°C, P2 sebesar 31°C, P3 sebesar 33°C, P4 sebesar 33°C. Suhu merupakan faktor penting dalam pembentukan biogas, cepat atau lambatnya bahkan terhentinya proses pembentukan biogas dipengaruhi oleh suhu, rata-rata suhu selama proses pengukuran berkisar antara 27°C-28°C, hal ini membuktikan bahwa selama proses pembentukan biogas suhu yang terukur didalam reaktor tergolong suhu optimal untuk proses pembentukan biogas.

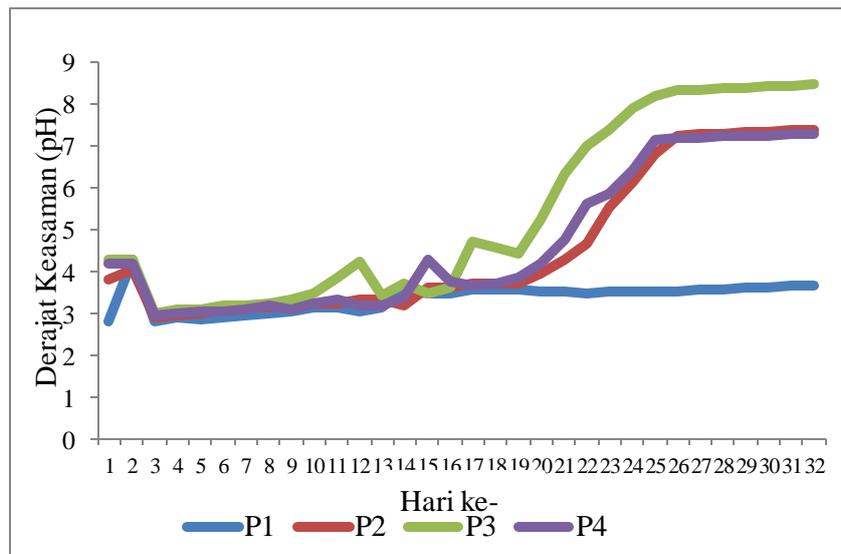
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Apriani, 2009) suhu yang baik pada proses pembentukan biogas berada pada rentang temperatur 25°C-40°C, pada penelitian yang lain juga dikatakan bahwa digester anaerob skala kecil bakteri mesophilic pada keadaan anaerob bekerja pada

suhu antrara 25°C-37°C (Saragih, 2010), oleh karena itu dapat dikatakan bahwa suhu rata-rata pada setiap perlakuan menunjukkan suhu normal untuk menghasilkan biogas.

Nilai suhu merepresentasikan maksimalnya kandungan biogas yang dihasilkan, dikarenakan biogas sudah berkembang selama proses fermentasi, akan tetapi temperatur digester yang berubah-ubah mempengaruhi kondisi hidup bakteri di dalam digester, karena untuk proses perkembangbiakan bakteri apabila temperatur terlalu rendah atau terlalu tinggi maka bakteri tidak akan hidup sehingga proses pembentukan biogas akan lebih lama terbentuk. Selama proses fermentasi suhu di dalam reaktor tergolong baik untuk proses pembentukan biogas.

Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran Derajat Keasaman (pH) dilakukan satu kali sehari selama 32 hari, perubahan nilai pH dapat dilihat pada gambar 2.



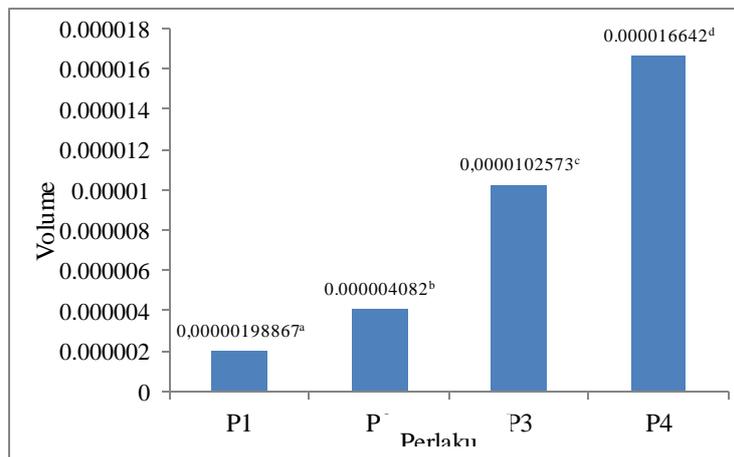
Gambar 7. Grafik Rerata Nilai Derajat Keasaman (pH)

Gambar 7 menunjukkan perubahan pH selama 32 hari, pada P1 pH terendah terukur sebesar 2,80 di hari ke-3 sedangkan pH tertinggi terukur sebesar 3,68 di hari ke-32, karena pH rata-rata yang dihasilkan selama pengukuran masih di bawah 5,00 artinya pH yang terukur masih belum tergolong sebagai pH optimum dalam pembentukan biogas, sedangkan pada P2 pH terendah terukur sebesar 2,98 di hari ke-4 sedangkan pH tertinggi terukur sebesar 7,40 di hari ke-32, di hari ke-25 pH yang terukur sebesar 6,83 hal ini menunjukkan bahwa pH yang dihasilkan tergolong pH optimum dalam pembentukan biogas, pada P3 pH terendah terukur sebesar 3,03 di hari ke-3 sedangkan pH tertinggi terukur sebesar 8,45 di hari ke-32, di hari ke-22 pH yang terukur sebesar 6,99 hal ini menunjukkan bahwa pH yang dihasilkan tergolong pH optimum dalam pembentukan biogas, pada P4 pH terendah terukur sebesar 3,01 di hari ke-4 sedangkan pH tertinggi terukur sebesar 7,30 di hari ke-32, di hari ke-25 pH yang terukur sebesar 7,16 hal ini menunjukkan bahwa pH yang dihasilkan tergolong pH optimum dalam pembentukan biogas. Selain suhu pH juga merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan mikroba selama proses pembentukan biogas. Umumnya kulit nanas memiliki nilai pH berkisar 3 sampai 4 dimana kulit nanas bersifat asam sedangkan kulit nanas yang digunakan memiliki pH sekitar 3,2, limbah tahu umumnya memiliki nilai pH berkisar antara 4 sampai 5, sedangkan limbah tahu yang di gunakan memiliki Ph 3,5, karena bahan awal yaitu kulit nanas dan bahan tambahan yaitu limbah tahu sama-sama memiliki sifat asam, hal ini menyebabkan fermentasi di dalam reaktor bekerja dengan lambat.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Gerardi, 2003) bahwa pH optimum yang dibutuhkan mikroba selama reaksi di dalam pembentukan biogas berkisar antara 6,8–7,2. Naik turnnya nilai pH berpengaruh terhadap mikroorganisme pada setiap perlakuan sehingga pada proses asidogenesis yang memiliki pertumbuhan yang cepat dan dapat menaikkan kadar keasaman bahan (Ni'mah, 2014). Jika nilai pH berada di bawah 6,5 mengakibatkan aktofotas bakteri metanogen akan menurun, pH dibawah 5,0 mengakibatkan fermentasi akan terhenti, dan jika pH diatas 8,5 menyebabkan pengaruh yang kurang baik terhadap bakteri yang bekerja, oleh karena itu hal tersebut dapat mempengaruhi laju pembentukan biogas dalam reaktor (Khaerunnisa, 2013). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa pH optimal selama proses penelitian berkisar antara 6,83–7,16.

Hasil Pengukuran Volume gas

Gambar 3 8 menunjukkan volume gas yang terbentuk selama 32 hari dihitung sejak hari pertama pada saat memasukkan bahan ke dalam reaktor. Volume yang memiliki nilai terendah terdapat pada P1 sebesar 0,00000198867m³ dimana P1 hanya menggunakan bahan utama yaitu limbah nanas, sedangkan volume tertinggi ditemukan pada P4 sebesar 0,000016642 m³, dimana P4 menggunakan bahan tambahan limbah tahu yaitu cair dan padat. Limbah tahu merupakan salah satu bahan organik yang mengandung biogas, hal ini membuktikan bahwa dengan penambahan limbah tahu mempengaruhi volume gas yang terbentuk dalam proses pembentukan biogas.

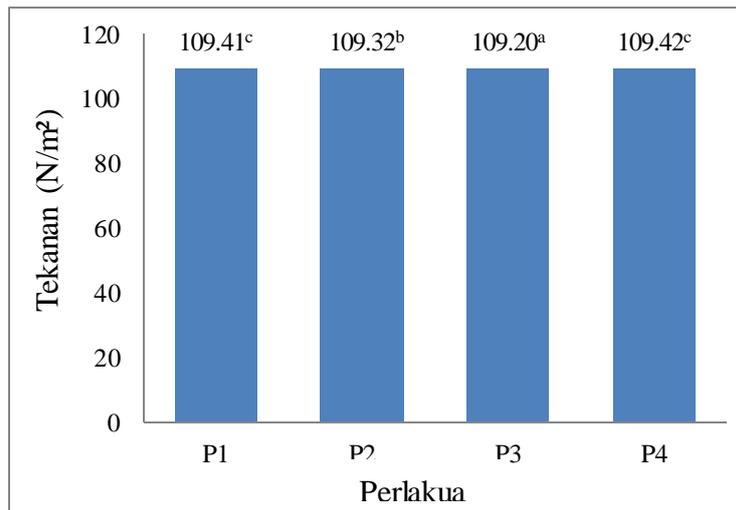


Gambar 3. Volume biogas

Hasil Pengukuran Tekanan

Gambar 9 menunjukkan tekanan gas yang terbentuk selama 32 hari dihitung sejak hari pertama pada saat memasukkan bahan ke dalam reaktor. Tekanan terendah terdapat pada P3 sebesar 109,20 N/m², dimana P3 menggunakan bahan tambahan limbah padat tahu, sedangkan tekanan tertinggi di temukan pada P4 sebesar 109,42 N /m², dimana P4 menggunakan bahan tambahan limbah tahu cair dan padat. Limbah tahu merupakan salah satu bahan organik yang mengandung biogas.

Menurut (Sholeh dkk, 2012) produksi tekanan biogas tertinggi dengan perbandingan komposisi campuran air dengan bahan oraganik sebanyak 50 : 50, sedangkan produksi tekanan biogas terendah dengan perbandingan komposisi air dengan bahan organik sebanyak 30 : 70, komposisi dan sifat bahan mempengaruhi tekanan yang dihasilkan dan penambahan limbah padat dan cair tahu terbukti dapat mempengaruhi terbentuknya biogas yang di hasilkan.



Gambar 4. Grafik Rerata Nilai Tekanan biogas (N/m²)

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai bahwa penambahan limbah tahu berpengaruh terhadap pembentukan volume dan tekanan gas pada proses pembentukan biogas (Ananas omosus). Perlakuan terbaik terdapat pada P4 dengan penambahan limbah cair tahu dan limbah padat tahu, dengan suhu rata – rata 28°C, dengan pH optimal di hari ke-25 sebesar 7,16, dengan volume 0,00000198867m³, dan tekanan 109,42 N/m².

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Apriani, I. 2009. Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Terbarukan (Biogas). Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- [2] Candra A., Haryanto, A., Hasanudin, U., Zulkarnain, I. 2017. Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumpuk Gajah (*Pennisetum Purpureum*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 6, No. 1: 21-32.
- [3] Gantina, T.N., Pratama H, 2011. Potensi Biogas Limbah Tahu Menggunakan Digester Tipe Batch Sirkulasi Liquid Pada Suhu 35°C – 40°C. *Jurnal Teknik Energi*. Vol. 2 No.1:147.
- [4] Gerardi, M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. John Welley & Sons, Inc. Canada. 177 hlm.
- [5] Khaerunnisa, G., I. Rahmawati. 2013. Pengaruh pH dan Rasio COD:N Terhadap Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol 2 (3) : 1–7.
- [6] Kwartiningsih, Endang dan Nuning Sri Mulyati. 2005. *Fermentasi Sari Buah Nanas Menjadi Vinegar*. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- [6] Ni'mah, L. 2014. Biogas From Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture : Composition Effect. *Chemica*. Vol 1 (1) : 1–9.
- [7] Rahmawati, Diah., Alpiana., Adiansyah, J.S., Matrani, B.F.A., Hayani, D.S.N. 2019. Pemberdayaan Masyarakat Kecamatan Masbagik Melalui Pemanfaatan Sisa/Limbah Nanas Menjadi Sabun Alami. *Jurnal Sinergi*. Volume 1, Nomor 2 :48
- [8] Saragih, B.R. 2010. *Analiss Potensi Biogas Untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal Pada Gedung Komersil Di Daerah Perkotaan (Studi Kasus Pada Mall Metropolitan Bekasi)*. Tesis. Fakultas Teknik Elektro Universitas Indonesia Soetopo, R.D., Purwati, S., Hardiani, H., Aini, M.N., dan Wardhana K.A. 2014. Aplikasi Proses Digestasi Anaerobik Lumpur Biologi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Kertas. *Jurnal Selulosa*, Vol.4 No.2
- [9] Sholeh, A., Sunyoto., dan Al-Janani., D.A. 2012. Analisis Komposisi Campuran Air dengan Limbah Kotoran Sapi dan Peletakan Posisi Digester Terhadap Tekanan Gas yang Dihasilkan. *Journal of Mechanical Engineering Learning* vol.1 No.1: 14-20
- [10] Simamora, S. et al. 2006. *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak Dan Gas Dari Kotoran Ternak*. Jakarta: AgroMedia Pustaka.