



PENGARUH TEMPERATUR CAMPURAN LIMBAH CAIR TAHU LIMBAH ROTI DAN FESES SAPI TERHADAP HASIL BIOGAS

Ody Gunawan¹, Sri Nengsih², Nur Aida^{1*}

¹ Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Fakultas Sains dan Teknologi, Banda Aceh, Indonesia

² Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Fakultas Sains dan Teknologi, Banda Aceh, Indonesia

*Corresponding Email: nur.aida@ar-raniry.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.22373/ljee.v3i2.2310>

Abstrak

Pembuangan limbah usaha kecil seperti industri tahu dan tempe secara langsung dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Limbah cair tahu dapat dimanfaatkan, salah satunya adalah bahan bakar biogas yang tentunya berguna bagi masyarakat. Selain limbah tahu, limbah roti juga dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan biogas. Limbah cair tahu dan limbah roti memiliki semua komponen yang dapat dijadikan sebagai feedstock untuk proses biogas yang menjanjikan karena limbah roti dan limbah cair tahu mudah didapatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari kombinasi limbah cair tahu, limbah roti dan feses sapi yang sudah kadaluarsa serta untuk mengetahui zat apa saja yang dihasilkan oleh kombinasi limbah cair tahu, limbah roti dan feses sapi yang sudah kadaluarsa. Pengamatan pada suhu di dalam biodigester dilakukan selama 42 hari, dan hasil dari pengamatan didapatkan suhu rata-rata pada digester 1= 31,4, pada digester 2= 31,2, dan pada digester 3= 31,2. Proses produksi gas berada pada rentang suhu diatas 30°C yang merupakan rentang suhu yang optimal untuk produksi biogas. Hasil pengujian dari GC-MS tidak teridentifikasi adanya gas metana tetapi didapati Kandungan 5-Methyl-3-propyl-isoxazole dengan persentase 64,37%, zat Cyclononasiloxane, octadecamethyl- dengan persentase 7,98 %, dan Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl- dengan persentase 6,79 %. Senyawa ini dari kelompok cycloheptasiloxane menurut ulasan yang diterbitkan oleh Hassan (2016) adalah senyawa yang mencakup agen antibakteri, antikoagulan dan anti-inflamasi.

Kata kunci: Limbah cair tahu, limbah roti, feses sapi, biogas

1. Pendahuluan

Tahu merupakan makanan khas masyarakat Indonesia yang umumnya sederhana dan mengandung gizi yang baik bagi setiap masyarakat (Fibria, 2007). Industri tahu dan tempe merupakan industri kecil yang diawasi oleh perorangan dan produksinya

memanfaatkan tenaga manusia. Industri tahu dan tempe berkembang luas di wilayah metropolitan yang pada umumnya menggunakan peralatan dan penanganan yang sederhana. Menurut segi lingkungan, pertumbuhan aktivitas pendudukan akan berpotensi merubah kondisi iklim sehingga akan berdampak pada lingkungan (Ikhwali dan Pawattana, 2022; Karunia dan Ikhwali, 2021; Pawattana dkk., 2021). Untuk mengembalikan lingkungan yang seimbang dibutuhkan pengelolaan yang tepat (Ikhwali dkk., 2022).

Usaha kecil seperti aktivitas industri tahu dan tempe sangat berbahaya bagi daerah setempat karena tidak memperhatikan sistem pembuangan limbahnya (Yahya, 2016). Permasalahan limbah ini dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi berbagai produk yang berguna, sehingga dapat mengurangi risiko pencemaran. Limbah cair tahu dapat dimanfaatkan menjadi berbagai macam kegunaan, salah satunya adalah bahan bakar biogas yang tentunya berguna bagi masyarakat, seperti sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan. Limbah tersebut biasanya berbentuk air bekas cucian, rendaman, dan rebusan kacang kedelai. Campuran yang terkandung dalam limbah cair tahu adalah berupa protein, karbohidrat, dan lemak, sehingga terjadi pencemaran ketika dibuang ke sungai atau danau (Said dkk., 2015). Pencemaran ini akan berdampak buruk bagi masyarakat.

Limbah cair tahu dan tempe mengandung kadar BOD, dan COD yang tinggi dan berbahaya jika di buang ke badan air akan menurunkan kualitas air di lingkungan tersebut. Limbah cair tahu yang dibuang ke badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu akan diurai dari campuran kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yang diurai oleh mikroorganisme aerob namun membutuhkan banyak oksigen. Hal ini menyebabkan konsentrasi oksigen yang terkandung di dalam air berkurang, dan jika pengurangan tersebut melewati ambang batas akan mengakibatkan matinya biota air karena kekurangan oksigen (Ratnani, 2011). Hasil dari limbah pengolahan tahu dan tempe mempunyai kadar BOD sekitar 5.000 -10.000mg/l Dan COD 7000 – 12000 mg/l (Agung dan Hanry, 2013).

Selain limbah tahu, limbah roti juga dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan biogas. Limbah roti adalah sisa pembuatan roti atau roti yang sudah

kadaluarsa yang dikembalikan oleh pedagang ke perusahaan pembuat roti. Limbah ini banyak mengandung lemak, gula, serat dan sebagian besar digunakan sebagai pakan ternak. Limbah roti dapat dibagi menjadi dua kategori, yang pertama adalah kue kering, termasuk roti tawar dan roti gulung, yang kedua adalah pai dan donat (Silvennoinen dkk., 2012).

Limbah roti dapat menghasilkan sekitar 650 m³ CH₄ dengan persentase metana 52 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur zat makanan pada limbah roti tawar hampir menyerupai jagung kuning yaitu : mengandung protein 14,35 %, lemak 16,12 %, serat 0,91 %, Ca 0,07 %, dengan daya cerna 3294 kkal/kg (Sudiastra dan Suasta, 1997).

Limbah cair tahu dan limbah roti memiliki semua komponen yang dapat dijadikan sebagai feedstock untuk proses biogas yang menjanjikan karena limbah roti dan limbah cair tahu mudah didapatkan. Perlu penelitian lebih lanjut untuk dapat menentukan kualitas dan jumlah biogas yang dihasilkan. Penelitian yang akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-raniry Banda Aceh. Melalui penelitian ini, diharapkan proses pengujian dapat menghasilkan biogas yang berkualitas dan dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 42 hari. dan parameter yang akan diukur yaitu, gas yang dihasilkan, pH dan suhu awal penelitian (hari ke-0) dan akhir penelitian (hari ke-42). Variasi campuran bahan untuk produksi biogas ada 3, yaitu :

- a. variasi 1 (5 liter limbah cair tahu, 5 liter limbah roti dan 5 liter feses sapi)
- b. variasi 2 (6 liter limbah cair tahu, 3 liter limbah roti dan 6 liter feses sapi)
- c. variasi 3 (8 liter limbah cair tahu dan 7 liter feses sapi)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi limbah roti sebagai bahan dalam proses produksi biogas dengan menggunakan reaktor sederhana. Jangka waktu penelitian adalah selama 42 hari untuk proses pembentukan gas yang dimana diameter yang diukur setiap hari adalah suhu dari bahan yang ada didalam reaktor.

Selanjutnya hasil gas akan dianalisa di lab teknik kimia USK untuk mengidentifikasi gas apa yang dihasilkan dari proses pembentukan biogas.

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

2.2.1 Tempat dan lokasi

Limbah roti diambil dari pabrik roti “NUSA INDAH BAKERY” yang beralamat di Jl. Nusa Kec. Lhoknga Kab. Aceh Besar. Limbah cair tahu diambil dari rumah produksi tahu “TAHU SOLO” yang beralamat di Jl. Tepi Kali Gampong Punge Blang Cut, Banda Aceh. Proses produksi biogas berlokasi di gedung Laboratorium Multi Fungsi UIN Ar-Raniry. Lokasi analisa hasil biogas di Laboratorium Teknik Pengujian kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Jurusan Teknik kimia Universitas Syiah Kuala.

2.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan dengan tahap sebagai berikut:

1. Tahap persiapan, dimana pada tahap ini dilakukan observasi awal ke lokasi tempat pengambilan bahan baku dan ketersediaan bahan penelitian di lokasi masing-masing. Tahap ini berlangsung pada bulan april 2022.
2. Tahap pelaksanaan kegiatan penelitian, dimana pada tahap ini dilakukan pengecekan temperatur digester sekitar pukul 10.00-12.00 WIB. Pengecekan ini dilakukan setiap hari selama 42 hari. Tahap ini berlangsung pada bulan april hingga juni 2022.
3. Tahap akhir, hasil dari proses pembentukan gas dikumpulkan dan dibawa ke laboratorium pengujian kualitas lingkungan untuk dianalisa. Tahap ini berlangsung dari bulan juni hingga juli 2022.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Proses pengambilan data didapatkan dari pengamatan secara langsung, sesuai dengan penelitian yang dilaksanakan pada lokasi penelitian.

2.3.1 Data Primer

Merupakan sumber data yang didapat di lapangan. Data primer dalam penelitian ini, dikumpulkan melalui pegamatan langsung. Pengambilan data dilakukan dengan

mengecek pH, suhu awal dari setiap campuran dan suhu campuran didalam digester selama waktu penelitian.

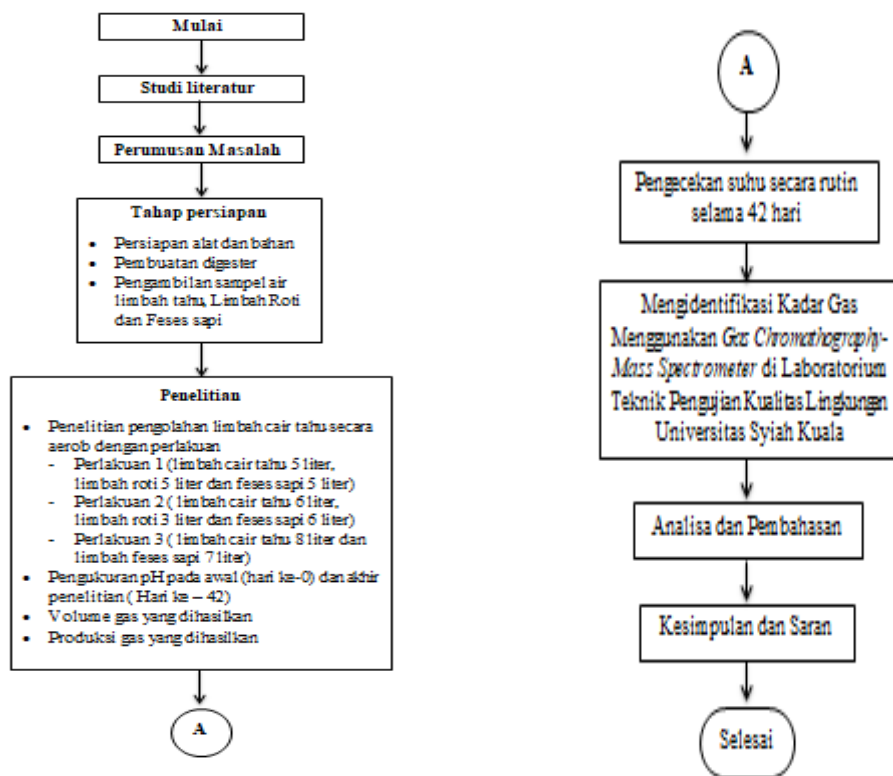
2.4 Pengolahan Data

Data yang ditampilkan adalah data suhu harian dan juga hasil dari lab Teknik kimia unsyiah. Pengukuran pH awal dan akhir dari setiap digester yang digunakan, serta pengukuran suhu dan volume biogas setiap digester yang akan disajikan dari hasil penelitian, dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan *Microsoft Excel* dan *Microsoft Word*.

2.4.1 Data Yang Digunakan

Pada penelitian ini data yang digunakan yaitu data pH awal campuran, suhu awal campuran dan suhu akhir campuran dari penelitian yang dilakukan.

2.5 Diagram Penelitian



Gambar 1: Diagram Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran pH Awal dan Temperatur

Pengukuran suhu awal dilakukan pada bahan feses sapi dan juga limbah cair tahu. Limbah roti tidak dapat diukur pH awalnya karena bahan berbentuk padatan, dan alat yang digunakan khusus untuk mengukur pH dalam bentuk cair. Pengukuran suhu juga dilakukan pada setiap bahan penelitian menggunakan termometer digital dengan panjang 1 meter dan probe atau ujung pendeteksi temperatur dari bahan aluminium. Untuk hasil pengukuran pH dan suhu awal bahan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Suhu dan pH awal bahan

Bahan Dasar	Suhu Awal (Celcius)	pH Awal
Limbah roti	36,5	-
Feses sapi	32,2	7,6
Limbah cair tahu	31,4	3,5

Tabel 2. Suhu dan pH setelah Pencampuran

Campuran Bahan Dasar	Suhu Setelah Pencampuran	pH Setelah Pencampuran
Variasi 1	31,8	5,8
Variasi 2	31,5	5,4
Variasi 3	31,4	4,7

Berdasarkan table 1 suhu awal dari limbah roti sebesar 36,5°C, untuk feses sapi sebesar 32,2°C, dan limbah cair tahu sebesar 31,4°C. Untuk derajat keasaman atau pH feses sapi yang didapat dari pengukuran adalah 7,6 dan limbah cair tahu 3,5. Pada table 2 didapatkan suhu setelah pencampuran pada variasi 1: 31,8°C, variasi 2: 31,5°C, dan variasi 3: 31,4°C. Nilai pH setelah pencampuran bahan pada variasi 1: 5,8, variasi 2: 5,4, dan variasi 3: 4,7.

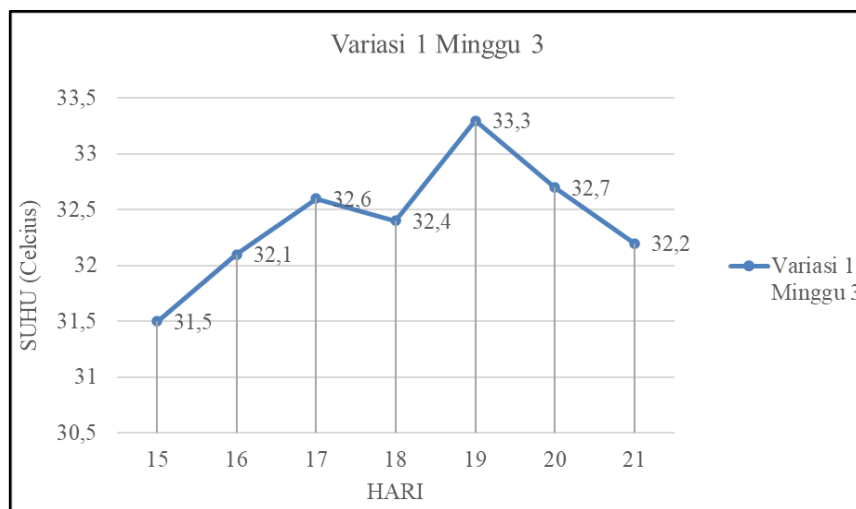
3.2 Hasil Pengamatan Suhu harian

Tabel 3. Pengamatan Suhu digester

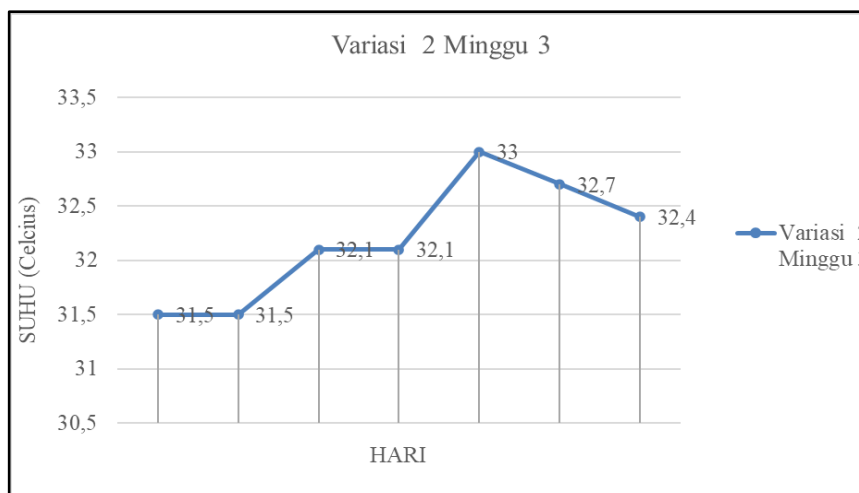
Tanggal	Hari	Suhu (Celcius)			kondisi cuaca
		Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	
27 April 2022	1	31,8	31,5	31,4	CERAH
09 May 2022	13	31,2	31,1	30,9	BERAWAN
10 May 2022	14	31,9	31,3	31,6	CERAH
11 May 2022	15	31,5	31,5	31,1	BERAWAN
12 May 2022	16	32,1	31,5	31,9	CERAH
13 May 2022	17	32,6	32,1	32	CERAH
14 May 2022	18	32,4	32,1	32,3	CERAH
15 May 2022	19	33,3	33	33,7	CERAH
16 May 2022	20	32,7	32,7	32,7	BERAWAN
17 May 2022	21	32,2	32,4	32,2	CERAH
18 May 2022	22	32,7	32,6	32,7	CERAH
19 May 2022	23	32,6	32,4	32,8	CERAH
20 May 2022	24	32,5	32,5	32,4	CERAH
21 May 2022	25	32,5	32,6	32,5	CERAH
22 May 2022	26	32,5	32,6	32,5	CERAH
23 May 2022	27	32,6	32,6	32,7	CERAH
24 May 2022	28	30,5	30,4	30,1	AC HIDUP
25 May 2022	29	31,6	31,4	31,4	CERAH
26 May 2022	30	32,8	31,7	32,7	CERAH
27 May 2022	31	32,7	32,7	32,6	CERAH
28 May 2022	32	30,4	30,3	30,2	BERAWAN
29 May 2022	33	30,3	30,3	30,1	BERAWAN
30 May 2022	34	30,4	30,3	30,2	BERAWAN
31 May 2022	35	29,6	29,5	29,3	BERAWAN
1 juni 2022	36	28,4	28,2	28	BERAWAN
2 juni 2022	37	28,4	28,2	28,1	BERAWAN
3 juni 2022	38	29,6	29,4	29,3	CERAH
4 juni 2022	39	29,6	29,4	29,3	CERAH

5 juni 2022	40	30,3	30	30	CERAH
6 juni 2022	41	30,3	30,7	30	CERAH
7 juni 2022	42	30,7	31	30,5	CERAH
Suhu Rata-rata		31,4	31,2	31,2	

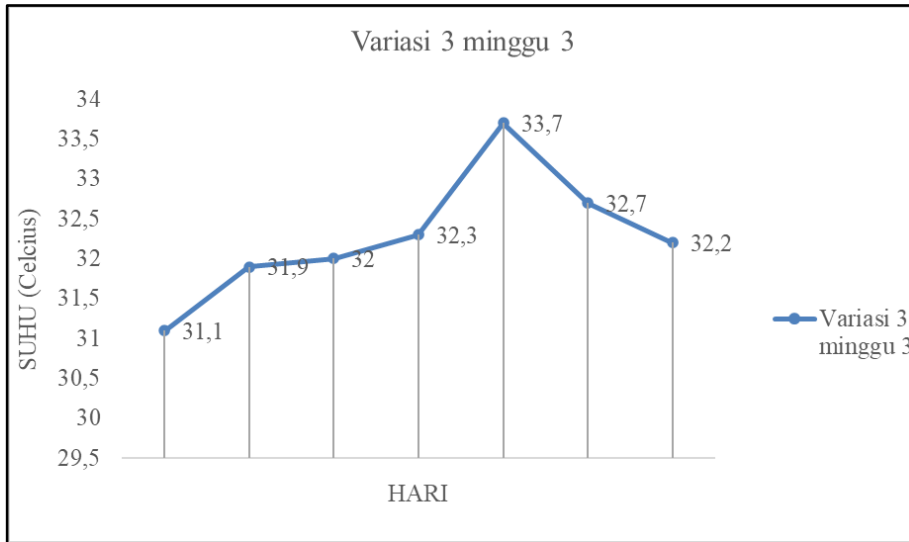
Suhu tertinggi didapatkan pada hari ke 19 dengan suhu tertinggi 33,7 °C pada digester 3. Dapat dilihat pada gambar 2.



(a)



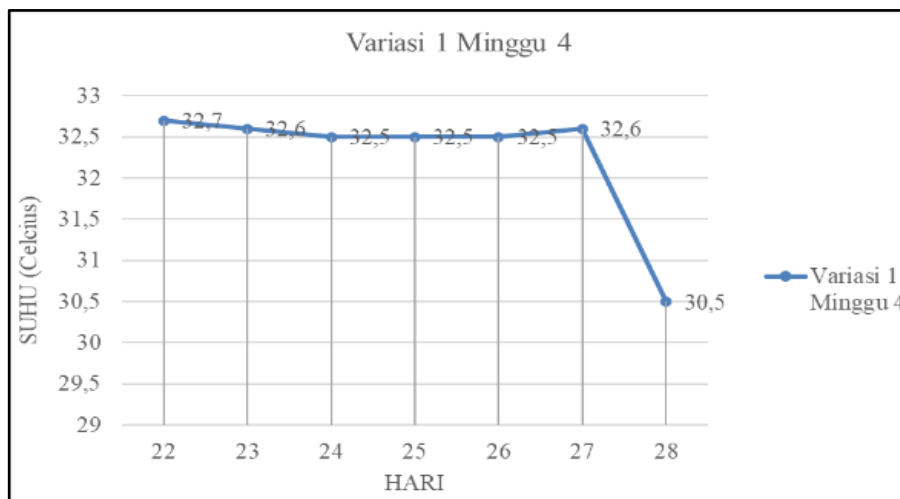
(b)



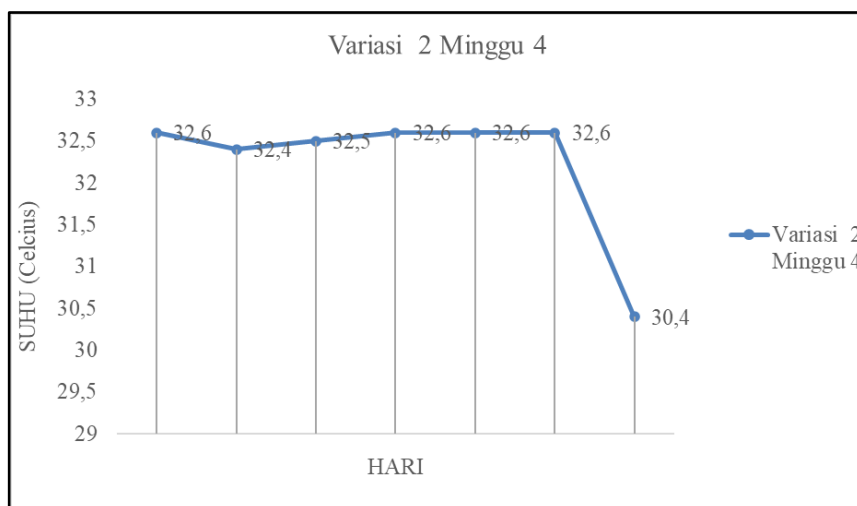
(c)

Gambar 2: Grafik suhu minggu 3 : (a). Variasi 1, (b). Variasi 2 (c). Variasi 3

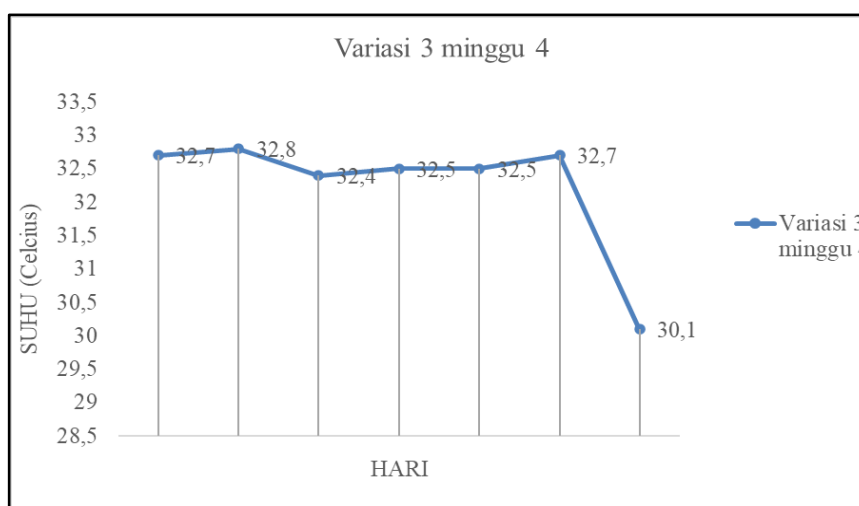
Penurunan suhu terjadi kembali pada hari 28. Menurut (Sahirman dalam Indarto, 2010) rentan suhu optimal untuk digester di Indonesia adalah pada kisaran 35°C. Pada hari pengamatan suhu ruangan berada pada kondisi AC menyala dan menyebabkan suhu digester ikut turun hingga 30°C. Dapat dilihat pada gambar 3.



(a)



(b)

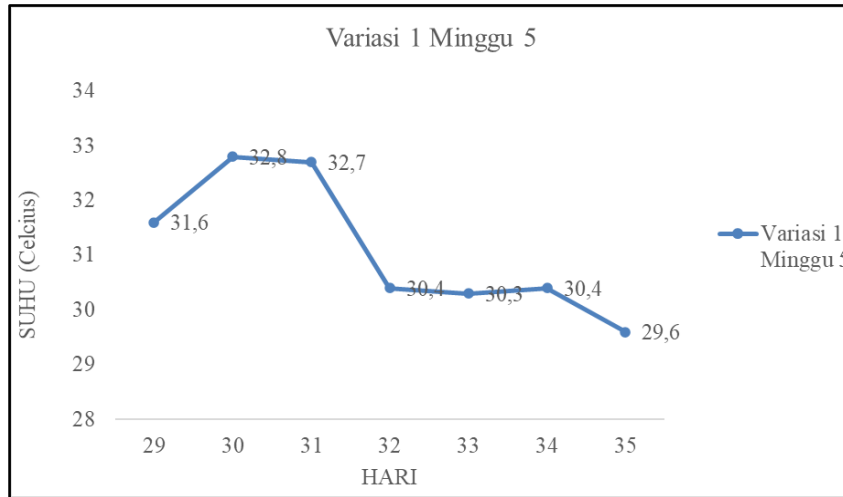


(c)

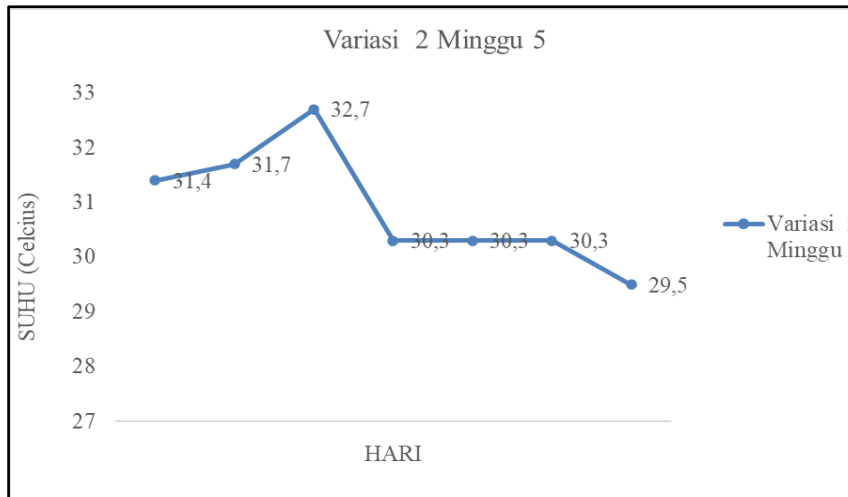
Gambar 3: Grafik suhu minggu 4: (a). Variasi 1, (b). Variasi 2, (c). Variasi 3

Terdapat penurunan suhu yang sangat signifikan pada hari pengamatan 32 hingga hari 37 Dimana Kondisi cuaca pada hari tersebut menyebabkan suhu ruangan turun dan ikut mempengaruhi suhu digester yang berada di dalam ruangan hingga suhu digester 3 turun menjadi 28°C. Dapat dilihat pada gambar 4.

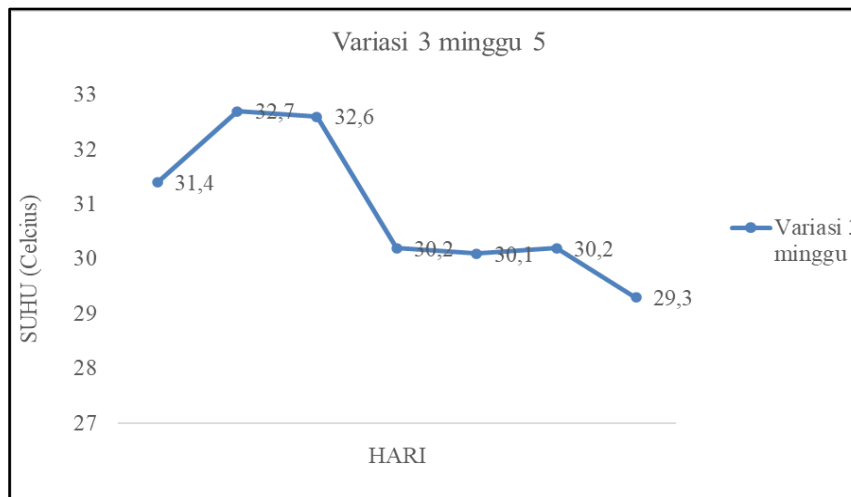
Pengamatan pada suhu di dalam biodigester dilakukan selama 42 hari, dan hasil dari pengamatan didapatkan suhu rata-rata pada digester 1= 31,4°C, pada digester 2= 31,2 °C, dan pada digester 3= 31,2 °C.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4: Grafik suhu minggu 5: (a). Variasi 1, (b). Variasi 2, (c). Variasi 3

3.3 Hasil Analisa Kandungan Biogas

3.3.1 Gas Chromathography-Mass Spectrometer (GC-MS)

Gas Chromathography-Mass Spectrometer adalah kombinasi metode analisis antara GC dan MS. Dalam hal ini GC hanya bertindak sebagai alat pemisah tanpa dilengkapi dengan detektor seperti GC pada umumnya, tetapi mesin yang bertindak sebagai pendeteksi adalah MS. Kapasitansi dan aturan pemisahan akan mengikuti aturan GC, aturan fragmentasi dan model spektral massa akan mengikuti aturan MS. Kombinasi kedua metode ini menawarkan keuntungan yang lebih besar karena senyawa yang dipisahkan GC dapat dideteksi secara langsung oleh MS.

Detektor MS untuk kromatografi gas termasuk penggunaan senyawa yang dikenal sebagai isotop sebagai standar untuk meningkatkan akurasi analisis dan memungkinkan komposisi dasar senyawa dianalisis untuk ditentukan dengan resolusi tinggi. Ada kelebihanannya. Dengan mengintegrasikan kedua alat tersebut, GC-MS dapat memisahkan komponen objek analisis sekaligus menentukan sifat-sifat komponen melalui spektrum massanya.



Gambar 5: Gas Chromathography-Mass Spectrometer (GC-MS)

(Sumber: <http://central-laboratory.um.ac.id/>)

Prinsip operasi GC-MS adalah bahwa sampel disuntikkan ke injektor dalam bentuk cairan dan kemudian diuapkan. Sampel uap dibawa oleh gas pembawa ke kolom untuk proses pemisahan. Setelah pemisahan, setiap komponen melewati ruang

ionisasi, di mana elektron bertabrakan dan ionisasi terjadi. Fragmen ion yang dihasilkan ditangkap oleh detektor dan spektrum massa dihasilkan.

Tabel 4. Hasil analisa GC-MS Lab Teknik Kimia USK

Area %	Height	Height%	A/H	Name
31,57	14304995	64,37	1,06	5-methyl-3-propyl-isoxazole
3,49	1009185	4,54	1,66	triethylene tetramine
30,25	1509208	6,79	9,64	cyclooctasiloxene, hexadecamethyl-
11,96	1773432	7,98	3,25	cyclononasiloxane, octadecamethyl-
5,44	931223	4,19	2,81	EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXA
4,12	706199	3,18	2,81	TETRACOSAMETHYLCYCLODODECA
4,35	713184	3,21	2,93	OCTADECAMETHYLCYCLONONASIL
4,3	707575	3,18	2,92	cyclononasiloxane, octadecamethyl-
4,52	568214	2,56	3,83	TETRACOSAMETHYLCYCLODODECA

Berdasarkan hasil Analisa Laboratorium, tidak ada indikasi adanya gas metana yang dihasilkan. Dapat dikatakan bahwa penelitian untuk proses produksi gas metana gagal. kondisi untuk produksi gas metan pada proses pengelolaan dapat dikatakan tidak maksimal. Banyak faktor yang menyebabkan tidak adanya gas metan yang terbentuk, salah satunya adalah adanya penurunan suhu ruangan yang menyebabkan suhu digester juga ikut turun. Hal ini sejalan dengan pernyataan Menurut Wati dan Prasetyani (2011), suhu mempengaruhi pertumbuhan mikroorganismenya dan kecepatan reaksi dalam pembentukan biogas. Pertumbuhan bakteri, selain dipengaruhi oleh kondisi suhu, sama pentingnya dengan jumlah nutrisi yang terkandung dalam substrat, semakin tinggi nilai gizi substrat yaitu protein, semakin tinggi jumlah atau pertumbuhan bakteri. dapat menghasilkan enzim dalam jumlah besar dan dengan konsentrasi yang sesuai dalam reaksi biokimia untuk mendegradasi substrat (Pelczar dkk., 2005).

Hasil analisa lab USK pada tabel 4 didapati Kandungan terbanyak dari hasil analisa di lab kimia adalah *5-Methyl-3-propyl-isoxazole* dengan persentase 64,37%, selanjutnya zat *Cyclononasiloxane, octadecamethyl-* dengan persentase 7,98 %, diikuti *Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-* dengan persentase 6,79 %.

Senyawa ini dari kelompok *cycloheptasiloxane* menurut ulasan yang diterbitkan oleh Hassan (2016) adalah senyawa yang mencakup agen antibakteri, antikoagulan dan anti-inflamasi. Sejalan dengan penelitian Satria (2020), Identifikasi senyawa menggunakan *Chromatography-Mass Spectrophotometer* (GC-MS) menghasilkan senyawa yang hampir homogen, yaitu golongan *cycloheptasiloxane*.

4. Kesimpulan

Dari pembahasan hasil penelitian dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan hasil penelitian tidak ada indikasi adanya gas metana yang dihasilkan. Dapat dikatakan bahwa penelitian untuk proses produksi gas metana gagal. kondisi untuk produksi gas metan pada proses pengelolaan dapat dikatakan tidak maksimal. Banyak faktor yang menyebabkan tidak adanya gas metan yang terbentuk, salah satunya adalah adanya penurunan suhu ruangan pada masa penelitian yang menyebabkan suhu digester juga ikut turun,
2. Hasil analisa lab USK pada Tabel IV.3 didapati Kandungan terbanyak dari hasil analisa di lab kimia adalah *5-Methyl-3-propyl-isoxazole* dengan persentase 64,37%, selanjutnya zat *Cyclononasiloxane, octadecamethyl-* dengan persentase 7,98 %, diikuti *Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-* dengan persentase 6,79 %. Senyawa ini dari kelompok *cycloheptasiloxane* menurut ulasan yang diterbitkan oleh Hassan (2016) adalah senyawa yang mencakup agen antibakteri, antikoagulan dan anti-inflamasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Tuhu dan Andri Sutan winata. (2012). Pengolahan Limbah Industri Tahu dengan Menggunakan Teknologi Plasma. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol 02 (2).
- Anonim. (2007). Digester Gas Bio. *Jurnal Penelitian Peternakan*. Kerjasama Pusat Teknologi Pembangunan ITB dengan Program Badan Urusan Tenaga Kerja Sukarela Indonesia (BUTSI) Departemen Tenaga Kerja Transmigrasi dan Koperasi Bandung Pusat Infomasi Dokumentasi PTP-ITB.
- Deublein, D dan A. Steinhauser. (2008). *Biogas from waste and Renewable Resource*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KgaA, Weinheim
- Dieyna, *Analisis Kadar Air*, <http://mizuc.blogspot.com/2012/11/analisis-kadarair.html> diakses pada 29 Februari 2020

- Drapcho, C. M., Nhuan, N. P., dan Walker, T. H. (2008). *Biofuels Engineering Proces Technology*, The Mc Graw-Hill Companies Inc. United States
- Fibria, K. (2007). *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu*. Program Studi Megister Universitas Diponegoro.
- Fibria, N. (2007). *Pengaruh Penggantian Sirup Glukosa dengan Sirup Sorbitol dan Penggantian Butter dengan Salatrim Terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Kembang Gula Lunak Karamel*.
- Gamman, B. M., dan Sherrington, K. B. (1992). *Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi*. Diterjemahkan oleh Gadjito, MS, Murdiati. A. dan Sardjono. Edisi Kedua.
- Hastuti, S., Noor, Z., dan Santoso, U. (2000). Hubungan Jumlah Ikatan disulfa dan Kadar Protein dengan Sifat Mekanik Edible Film dari Tepung Biji Kecipir Rendah Lemak Mechanical Properties of Edible from Defatted Winged Flour at Various level of Disulfide Levels and. *Agrosains*, 13.
- Hozairi, Bakir dan Buhari. (2012). *Pemanfaatan kotoran hewan enjadi energy biogas untuk mendukung pertumbuhan umkm di kabupaten penekasan LPPM Universitas islam Madura*.
- Ikhwal, M. F., dan Pawattana, C. (2022). Assessment of Hydrologic Variations Under Climate Change Scenarios Using Fully-distributed Hydrological Model in Huai Luang Watershed, Thailand. *Engineering and Applied Science Research*, 49(4), 470–484. <https://doi.org/10.14456/easr.2022.47>
- Ikhwal, M. F., Pawattana, C., Nur, S., Azhari, B., Ikhsan, M., dan Aida, N. (2022). Reviews, Challenges, and Prospects of The Application of Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modelling System (HEC-HMS) Model in Indonesia. *Engineering and Applied Science Research*, 49(5), 669–680. <https://doi.org/10.14456/easr.2022.65>
- Jiwantoro. (2005). *Infrastruktur Pembangkit Biogas*.
[http://www.jiwantoro.com/index.php/ Artikel?start=10](http://www.jiwantoro.com/index.php/Artikel?start=10).
- Joacim D. C. (2011). *Optimasi Produksi Biogas Pada Anaerobic Digester Biogas Type Horizontal Berbahan Baku Kotoran Sapi Dengan Pengaturan Suhu Dan Pengadukan*. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Kaparaju, P., 2006. *Effect of Temperature and Active Biogas Process on Passive Separation of Digested Manure*. Journal Bioresources Technology. Australian Government Publishing Service.
- Karunia, T. U., & Ikhwal, M. F. (2021). Effects of population and land-use change on water balance in DKI Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 622(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/622/1/012045>

- Kaswinarni, F. (2007). *Kajian teknis pengolahan limbah padat dan cair industry tahu studi kasus industri tahu tandang semarang, sederhana kendal dan gagal sipat boyolali* (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).
- Ketaren.S., 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. UI-Press. Jakarta.
- Kusuma, R. (2008). Pengaruh Penggunaan Cengkih (*Syzygiumaromaticum*) dan Kayu Manis (*Cinnamomum sp.*) sebagai Pengawet Alami terhadap Daya Simpan Roti Manis.[Skripsi]. *Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor*.
- Ling, Y. L. (2007). *Treatability of palm oil mill effluent (POME) using black liquor in an anaerobic treatment process* (Doctoral dissertation).
- Manurung, R., Hasibuan, R., & Irvan, H. (2004). Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob–Aerob. *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan*.
- Moenir, M., dan Yuliasni, R. (2011). Penerapan Teknologi Bio-desulfurisasi Gas HidrogenSulfida (H₂S) pada IPAL Industri Tahu sebagai Upaya Pengambilan Kembali (Recovery) Sulfur. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 1(4), 1-8.
- Neves, L., Goncalo, E., Oliveira, R., dan Alves, M. M. (2008). Influence of composition on the biomethanation potential of restaurant waste at mesophilic temperatures. *Waste management*, 28(6), 965-972.
- Nugraha, M. A. (2014). *Kajian Laju Alir Recycle Air Lindi Terhadap Kualitas Biogas dengan Green Phoskko (GP7) dan Reaktor Tipe Partition*. Doctoral dissertation. Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Padang, Y. A., Nurcahyati, dan Suhudi. (2011). *Meningkatkan Kualitas Biogas Dengan Penambahan Gula*. *Jurnal Teknik Rekayasa*, 12.
- Paimin, F. B. (2001). *Alat Pembuat Biogas dari Drum*, Penebar Swadaya : Jakarta.
- Pawattana, C., Panasontorn, S., dan Poopiwkham, S. (2021). *Assessment of Water Shortage Situations in Lower Nam Pong Basin under Climate Change*, 29, 52–61. DOI: <https://doi.org/10.14456/nujst.2021.35>
- Pelczar, Michael dan Chan, E. C. S. (2005). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Penerjemah Hadioutomo, Ratna Sri. Penerbit UI Press, 2010.
- Ratnani, D. (2011). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipers* (Mart.) Solm) Untuk Menurunkan Kandungan COD, pH, Bau dan Warna pada Limbah Cair Tahu. *Jurnal Momentum*, 7(1), 41-47.

- Ratnani, R. D., Hartati, I., dan Kurniasari, L. (2013). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk Menurunkan Kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*), pH, Bau, Dan Warna Pada Limbah Cair Tahu. *Laporan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*.
- Rosdi, F. A. (2011). *Pembuatan Biogas Dari Hasil Fermentasi Thermofilik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Sistem Recycle Menjadi Energi Listrik Untuk Kapasitas 45 Ton Tbs/Jam*. Tesis. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- Said, N. I. (2015) *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Tersedia pada:
<http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Limbahtt/limbahtt.html>
- Sastrohamidjojo, H. (2005). *Kimia Dasar*. Gajah Mada University Press. Jogjakarta.
- Setyorini, D. dan Prihatini, T. (2003). *Menuju "quality control" pupuk organik di Indonesia*. Disampaikan dalam Pertemuan Persiapan Penyusunan Persyaratan Minimal Pupuk Organik di Dit. Pupuk dan Pestisida, Ditjen Bina Sarana Pertanian.
- Silvennoinen, K., Katajajuuri, J. M., Hartikainen, H., Jalkanen, L., Koivupuro, H. K., & Reinikainen, A. (2012). Food waste volume and composition in the Finnish supply chain: Special focus on food service sector. *Proceedings Venice*.
- Simamora, S., dan Salundik, S. W. (2006). *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak & Gas dari Kotoran Ternak*. AgroMedia.
- Sudiastra, I. W., dan Suasta, I. M. (1997). *Pemanfaatan Limbah Roti untuk Makanan Ternak Babi*. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana.
- Sudiastra, I. W., dan Suasta, I. M. (1997). *Pemanfaatan Limbah Roti untuk Makanan Ternak Babi*. Laporan Penelitian Dosen Muda, Ditbinlitabmas, Dirjen Dikti, Fapet. Unud. Denpasar.
- Tarwotjo, S. C. (1998). *Dasar-Dasar Kuliner Gizi*. Jakarta. Grasindo.
- Tirtawinata, T. C. (2006). *Makanan dalam perspektif alqur'an dan ilmu gizi*. Jakarta. Balai penerbit.
- Wagiman. (2006). Identifikasi Potensi Produksi Biogas dari Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Reactor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB). *Prosiding Seminar Nasional Energi Hayati sebagai Solusi Krisis Energi : Peluang dan Tantangannya di Indonesia*. Surakarta
- Wahyuni, S., dan MP, S. (2011). *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah (Revisi)*. AgroMedia.

- Yahya V. J. (2016). Pengolahan Limbah Industri Tahu. vandajulita.blogspot.com/2016/01/pengolahan-limbah-industri-tahu.html.
- Yulianti, L. N., dan Mudjajanto, E. S. (2004). Membuat aneka Roti. *Penebar Swadaya*. Bogor.