



Implementasi fusi sensor pada reaktor biogas anaerobik dengan memanfaatkan limbah pasar domestik

Implementation of sensor fusion for an anaerobic biogas digester using domestic market waste

F.B. Tsulutsya¹, H. Budiarto^{*2}, I. Irawan³, A.S. Romadhon⁴

¹Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Jl. Raya Kamal P.O BOX 2 Kamal Bangkalan, Jawa Timur, Indonesia.

^{2,4}Prodi Teknik Mekatronika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Jl. Raya Kamal P.O BOX 2 Kamal Bangkalan, Jawa Timur, Indonesia. HP. 087850808165

³Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Jl. Raya Kamal P.O BOX 2 Kamal Bangkalan, Jawa Timur, Indonesia.

*E-mail: haidar_060282@trunojoyo.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 04 June 2024

Accepted 14 August 2024

Available online 01 October 2024

Keywords:

Thermocouple

Biogas

Methane

Bio digester

Renewable energy



Domestic market waste is ranked second as the largest producer of organic waste in several regions in Indonesia. This lack can be a valuable thing. For example, alternative energy can be made possible through organic waste, one example is biogas. Vegetable and fruit waste that is produced daily by the market has great potential to be used as a substrate for making biogas, which can later be used as an alternative energy source. By adding other substrates such as methane (CH₄), which can be obtained from agricultural waste such as cow dung, which is abundantly available in various regions, these two types of waste can be processed into biogas. The method for extracting biogas here is an anaerobic biogas digester. To maximize biogas through processed waste, two starters are used in the form of EM4 and yeast. The effect of the yeast type starter can maximize CH₄ yields, which can be proven by the results of the two types of digesters, namely with yeast 192.56 ppm while with EM4 93.05 ppm. In practice, in order to analyze the gas results, the researchers implemented an MQ2 gas sensor and thermocouple. Through sensor fusion, the best methane value can be seen at 192.56 ppm with a temperature of 34° Celsius, which was obtained through fermentation for 30 days. Through this, the benefits obtained are not only reducing waste, but also renewable energy can be obtained.

1. PENDAHULUAN

Hampir dari setengah jumlah makanan yang diproduksi di dunia dibuang setiap tahunnya. Temuan ini diperoleh pada beberapa negara maju sejak periode abad 2000. Hasil ini menghasilkan data bahwa hanya 0,25% limbah makanan yang menghasilkan kompos, sisanya berakhir dibuang ke TPA (tempat pembuangan akhir) atau dibakar. Kejadian serupa yang berada negara lain relatif sama, bahkan juga lebih buruk. Sisa makanan yang berupa limbah umumnya adalah bahan organik yang memiliki nilai kalor yang tinggi serta menghasilkan gas rumah kaca yaitu metana, hal ini terjadi ketika terurai di TPA, Hanson dkk (2022). Selain menghasilkan gas, pembuangan ke TPA membutuhkan lahan yang luas dan menghasilkan bau yang menyengat hingga menimbulkan bahaya kesehatan. Melalui beberapa tahun terakhir, jumlah limbah jenis ini semakin menunggu di TPA sehingga menimbulkan kekhawatiran lingkungan, kesehatan, dan sosial. Daur ulang limbah pada tingkat rumah tangga akan menjadi solusi yang efisien dan ekonomis guna mengurangi sebagian besar limbah makanan pada TPA. Digester anaerobik dengan limbah makanan mempunyai potensi kuat untuk mengurangi emisi gas rumah kaca serta masalah kesehatan. Lain hal tersebut, masyarakat memperoleh nilai tambah berupa biogas dan kompos, yang berguna untuk gas dan pupuk.

Daur ulang sampah organik ini mampu dilakukan melalui proses digester anaerobik, di mana mikroorganisme memproses bahan organik tanpa oksigen, Kabaivanova dkk (2022). Proses ini menghasilkan produk gas yang dikenal sebagai "biogas". Biogas ini menghasilkan metana, karbon dioksida, dan gas-gas lain seperti amonia, hidrogen sulfida, nitrogen, hidrogen, serta oksigen. Digester anaerobik melepaskan karbon ke dalam fase gas. Daur ulang sampah dengan hasil biogas tidak memerlukan teknologi yang tinggi guna menghasilkan energi, sehingga biogas merupakan sumber energi yang sangat ramah lingkungan, Yarra dkk (2023). Digester anaerobik merupakan proses bakteri yang memecah limbah organik seperti kotoran hewan, biopadatan air limbah, dan sisa makanan tanpa memerlukan kehadiran oksigen. Reaktor digester anaerobik yang memecah limbah untuk menghasilkan biogas mengandung populasi mikroba yang kompleks. Pilihan jenis digester yang digunakan bergantung faktor-faktor seperti skala operasi, sumber daya hingga kebutuhan yang spesifik.

Jenis yang digunakan pada penelitian ini adalah "Digester Biogas Terapung". Digester jenis ini mirip dengan digester kubah tetap, tetapi alih-alih menggunakan kubah tetap, digester ini menggunakan penampung gas yang dapat bergerak dan mengapung di atas *slurry* digester, Sharma dkk (2022). Ketika biogas mulai diproduksi, gas tersebut menggeser penampung sehingga menunjukkan adanya produksi gas. Digester jenis terapung sering digunakan untuk sistem biogas skala kecil hingga menengah.

Langkah absolut lainnya dalam merancang biogas adalah menilai secara akurat perkiraan hasil biogas. Hal ini dapat dilakukan dengan memantau indikator, seperti jumlah starter, hasil biogas, kandungan metana, sifat bahan baku, dan sifat digester. Dengan penerapan beberapa sensor yang digunakan pada proyek ini seperti sensor temperatur dan gas maka indikator pada digester dapat dipantau sehingga seketika dapat dilakukan pencegahan ketika terjadi fluktuasi yang berlebihan pada metana, karbon dioksida hingga suhu pada biogas.

Penelitian ini memfokuskan pada penggunaan sampah buah nanas yang melimpah di pasar tradisional Kabupaten Bangkalan. Menurut statistik BPS, kabupaten ini menghasilkan panen sebesar 11.256 kwintal nanas per tahun sehingga menghasilkan volume limbah nanas yang signifikan mengingat tidak semua bagian buah ini dapat dimakan. Faktor ini menjadikan buah nanas pilihan utama sebagai bahan baku untuk bio digester dalam penelitian yang bertempat di Kabupaten Bangkalan. Penambahan katalis berjenis EM4 (Effective Microorganisms 4) dan ragi dapat digunakan sebagai katalis dalam bio digester untuk meningkatkan efisiensi produksi biogas. Kedua bahan ini berfungsi sebagai inokulum yang mempercepat proses fermentasi anaerobik dengan menguraikan bahan organik lebih cepat sehingga mampu meningkatkan produksi gas metana, Gao dkk (2020). Digester ini diharapkan dapat mengurangi limbah yang dibuang ke tempat pembuangan sampah sehingga mampu menghasilkan biogas untuk keperluan energi terbarukan.

2. METODE PENELITIAN

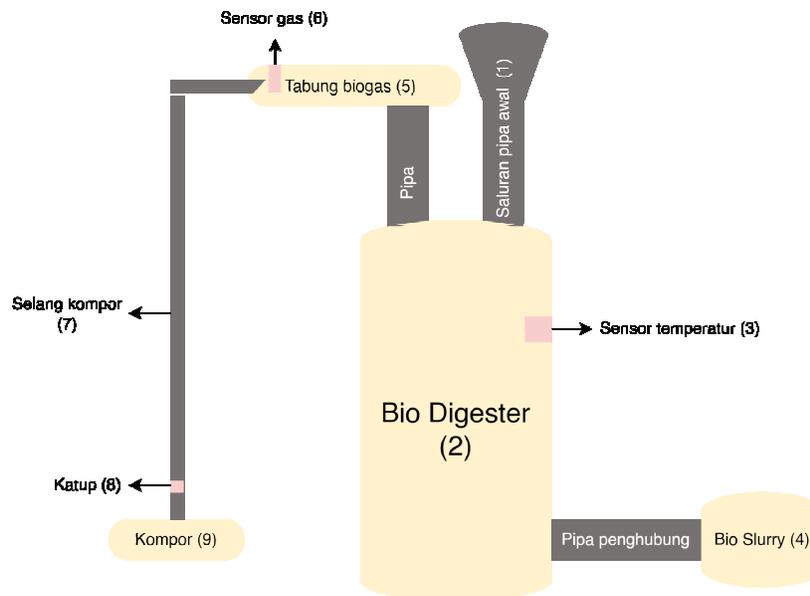
Reaktor jenis terapung (*floating biogas digester*) awal pengembangannya terjadi di India pada tahun 1937 sehingga mempunyai sebutan lain reaktor India. Reaktor berjenis ini memiliki banyak bagian digester yang sama dengan reaktor berjenis kubah, yang memberikan perbedaan pada jenis ini terletak pada bagian penyimpanan gas yang memanfaatkan peralatan bergerak dari drum, Otanocha dkk (2021).

Pergerakan tempat penyimpanan yang mengapung di atas cairan bergantung pada jumlah gas yang diproduksi. Keunggulan serta kelebihan reaktor berjenis ini ialah bisa dilihat secara langsung volume gas yang tersimpan di dalam tempat penyimpanan yang diakibatkan oleh pergerakannya. Sedangkan kekurangannya ialah biaya bahan konstruksi dari drum lebih mahal. Faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpulan gas pada reaktor ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan dengan memanfaatkan tipe *fixed dome* Tabung produksi/Tabung Fermentasi.

Oleh karena dari alasan drum mempunyai biaya yang mahal, maka penyimpanan biogas digantikan oleh ban dalam yang bersifat elastis, Abdurrahman dkk (2017). Digunakannya ban karena bahan terbuat dari plastik

kedap gas dan memiliki struktur seperti balon yang dapat mengembang. Limbah organik yang dimasukkan ke dalam digester akan memproduksi biogas sehingga ban tersebut tersebut mengembang ketika menyimpan gas, Zaki dkk (2020).

Desain alat yang akan digunakan untuk membuat biogas ini membutuhkan beberapa media fermentasi, yaitu satu buah drum air yang berukuran 50-liter. Kemudian pada bagian kedua di bawah drum air dipasang pipa 2 inci sepanjang 75 cm yang berguna sebagai lubang untuk memasukkan sampah rumah tangga yang telah dicampur dengan air. Kemudian ditambahkan 1 drum air lagi yang berukuran 50-liter sebagai tempat penerimaan sampah organin dari hasil fermentasi bio digester yang akan menjadi pupuk organik, desain yang akan dikembangkan tersaji pada gambar 1 serta tabel 1 dan 2 menunjukkan dimensi tabung dan bahan lainnya yang digunakan.



Gambar 1. Desain alat fermentasi untuk biogas

Tabel 1. Dimensi pada benda yang dipakai

No.	Nama	Dimensi
1	Saluran pipa awal (1)	2 inch
2	Bio digester (2)	50 liter
3	Bio slurry (4)	3 liter
4	Tabung biogas (5)	1 liter
5	Selang kompor (7)	10 mm

Alur dari digester ditunjukkan sesuai dengan nomer yang ada pada gambar. Awal mula proses melalui (1) saluran pipa awal, berguna sebagai pipa untuk memasukkan sampah yang telah dicacah dan dicampurkan dengan starter (EM_4) dan kotoran sapi. Drum pertama berguna sebagai (2) bio digester yakni menampung limbah yang berisi sampah organik dan beberapa zat lainnya. Untuk mengetahui suhu maka (3) sensor temperatur ditempatkan pada bagian dalam drum bio digester. Sedangkan untuk menampung limbah yang nantinya dapat dimanfaatkan guna kompos pertanian, maka (4) Bio Slurry ditempatkan disebelah drum pertama. Pada bagian (5) penyimpanan biogas dibutuhkan (6) Sensor Gas guna mengetahui jenis-jenis gas beserta volume gas yang dihasilkan oleh drum bio digester. Pada bagian akhir dari instrument fermentasi ini terdapat (7) selang untuk menyalurkan gas bio digester (8) *valve* (katup) untuk mengatur aliran gas pada (9) kompor. Penelitian ini menggunakan dua buah digester guna membandingkan kecepatan dan jumlah metana dan jenis gas lainnya yang dihasilkan oleh bio digester.

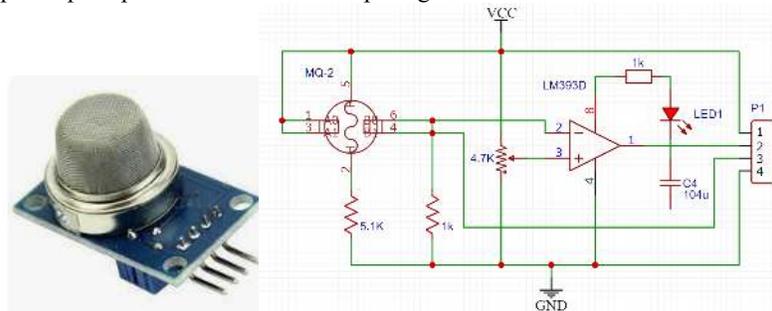
Bahan dan alat yang akan digunakan untuk kepentingan penelitian bio digester ini tercantum pada tabel 2. Spesifikasi, kebutuhan daya, bahan, dan jangkauan kerja sensor tercantum di dalam tabel tersebut.

Tabel 2. Alat dan bahan yang digunakan

No.	Bahan	Spesifikasi
-----	-------	-------------

1	Drum	Bahan plastik 50 Liter
2	Pipa	Bahan karet 2 inch
3	Sambungan Pipa	Bahan karet 2 inch
4	Ban dalam	Bahan karet
5	Arduino	Tegangan 5 volt
6	LCD 2x16	Monitor untuk sensor dengan ukuran 2x16 karakter
7	Sensor Gas MQ2	Deteksi gas 0-1000 ppm (<i>parts-per-million</i>), mendeteksi gas H ₂ , LPG, CH ₄ , CO, C ₃ H ₈
8	Thermocouple	Berjenis K, berbahan kromel dan alumel, deteksi -200° – 700° C

Gas Sensor (MQ2) adalah sensor yang berguna untuk mengukur konsentrasi gas baik pada rumah maupun industri. Sensor ini sangat cocok untuk mendeteksi H₂ (Dihidrogen), LPG, CH₄ (Methane), CO (Karbon Monoksida), C₃H₈ (Alkohol), asap, dan propane, Wijaya dkk (2022). Karena sensitivitasnya yang tinggi terhadap beberapa jenis gas, sensor ini mampu mendeteksi hingga 1000 ppm. Sensitivitas sensor dapat disesuaikan dengan potensiometer, dimana resistor berjenis ini mampu menurunkan dan menaikkan nilai volt yang dihasilkan oleh pembacaan MQ2. Sensing material yang berbahan SNO₂ mempunyai konduktivitas yang rendah bergantung dengan gas yang ada disekitar sensor. OP-AMP yang digunakan untuk sensor ini adalah LM393D, berjenis comparator untuk membandingkan antara input dari MQ2 dan catu daya yang digunakan. Bentuk sensor dan sirkuit dasar komponen pada penelitian ini tercantum pada gambar 2.



Gambar 2. Sensor MQ2 dan diagram sirkuit elektronik

Fungsi dari sensor MQ2 adalah sebagai monitoring hasil dari fermentasi sampah organik yang menjadi gas metana. Sensor ini diletakkan pada tanki penyimpanan biogas agar *monitoring* yang dilakukan mampu mendeteksi jenis dan volume gas yang mengisi tanki penyimpanan. Keunggulan lain dari penggunaan monitoring adalah mendeteksi kebocoron gas yang ditandai dari penurunan gas methane yang signifikan.

Thermo dan *couple* adalah kalimat penyusun dari sensor ini. *Thermo* adalah kepanjangan dari thermometer atau alat yang digunakan untuk mengukur suhu. Sedangkan *couple* sendiri dikarenakan sensor thermocouple terdiri dari dua kabel yang berlainan jenis yang disatukan di salah satu ujungnya. Kedua kabel ini akan menghasilkan energi potensial yang berbeda ketika suhu yang dideteksi mengalami fluktuasi. Energi potensial inilah yang nantinya akan diproses mikrokontroller menjadi nilai analog dan dijadikan nilai acuan untuk temperatur pada alat fermentasi yang ada. Sensor thermocouple yang digunakan seperti pada gambar 3.

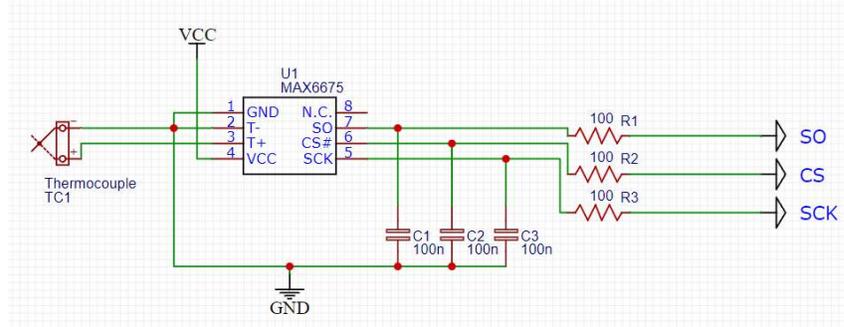


Gambar 3. Sensor Thermocouple

Thermocouple akan mendeteksi perubahan suhu dari campuran sampah organik tersebut, data akan dikirimkan ke mikrokontroller. Thermocouple yang digunakan pada penelitian ini bertipe K, dengan rentang suhu yang mampu dideteksi adalah -200° hingga +700° C. Penggunaan bahan kromel (nikel dan kromium) serta alumel (nikel, aluminium, mangan, dan silikon) pada tipe K mempunyai keuntungan pada penelitian ini,

dikarenakan tidak adanya karat yang akan berdampak pada sensor, sehingga pengukuran yang dilakukan tetap dalam keadaan akurat, Wang dkk (2022).

Ketika mendeteksi suhu pada bio digester, perubahan nilai analog terjadi disebabkan karena perbedaan voltage pada T- dan T+ pada ic max 6675. Perbedaan nilai tersebut akan diterjemahkan menjadi nilai besaran suhu (nilai digital) oleh mikrokontroler. Elektronik circuit yang digunakan sebagai perantara sensor thermocouple dan IC Max 6675 digambarkan pada gambar 4. Max 6675 diberdayakan sebagai integrated circuit yang berfungsi sebagai ic pengubah nilai voltage menjadi nilai analog.



Gambar 4. Diagram sirkuit elektronik Max6675 pada sensor thermocouple

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 dengan arsitektur 8-bit membuat mikrokontroler ini dapat membaca nilai analog hingga 10^8 . Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset, Ahyadi dan Zaiyan (2020). Pemilihan mikrokontroler jenis ini dikarenakan banyaknya kemudahan penggunaan, library yang luas, kompatibilitas, fleksibilitas dan harganya yang terjangkau. Penggunaan miktokontroler arduino uno digambarkan pada gambar 5.



Gambar 5. Arduino uno

HD44780 LCD adalah output controller yang umumnya digunakan sebagai media penampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama yang mempunyai struktur molekul polar, yang diapit oleh 2 elektroda yang transparan, oleh karenanya dinamakan *liquid crystal display*, Suryantoro dan Budianto (2019). Tampilan LCD seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Aktuator LCD (*Liquid Crystal Display*)

Hasil pembacaan dari berbagai sensor yang digunakan pada penelitian ini akan ditampilkan pada LCD sebagai alat untuk memantau data yang dalam hal ini adalah data temperature dan gas yang ada pada

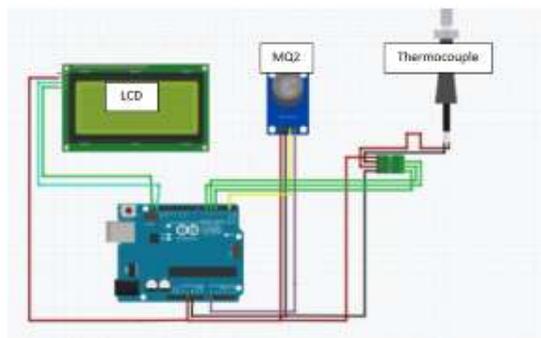
penyimpanan biogas. Dengan adanya output berupa tampilan secara real time maka diharapkan dapat dilakukan pencegahan dini ketika suhu atau gas yang dipantau mengalami fluktuasi data yang tidak diharapkan.

Percobaan digester biogas akan dilaksanakan di laboratorium Teknik Mekatronika dengan menggunakan rancangan sesuai dengan gambar 1, implementasi hasil rancangan ini ditunjukkan pada gambar 7. Digester ini memiliki volume 50-liter. Saat memulai proses pembuatan biogas, bahan utama yakni sampah organik dan air diisi hingga 2/3 dari total kapasitas derigen, proses ini dilakukan agar 1/3 ruang terisi oleh gas metana yang diproses selama fermentasi. Gas hasil proses fermentasi selanjutnya disimpan pada ruang penyimpanan gas yang berupa balon yang terbuat dari karet ban, penyaluran gasnya menggunakan pipa yang pada umumnya digunakan untuk pipa konstruksi. Keuntungan penggunaan bahan ini telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 7. Peralatan fermentasi untuk biogas digester

Untuk mempermudah proses monitoring produksi gas metana dan suhu yang disebabkan oleh bio digester, diperlukan sensor dan aktuator. Pengkabelan yang digunakan untuk menghubungkan sensor dan aktuator agar sistem monitoring pada bio digester dapat bekerja ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Perkabelan sensor dan aktuator

Pengujian terhadap hasil biogas yang terjadi pada digester dilakukan selama kurang lebih 30 hari. Pengujian biogas berupa uji pembakaran juga dilakukan untuk mengetahui karakteristik warna api yang dihasilkan oleh biogas. Data yang akan diperoleh meliputi jumlah gas metana (CH_4) yang dihasilkan, kondisi suhu di dalam bio digester, dan keberadaan gas pengotor seperti karbon dioksida (CO_2).

Sampah organik yang digunakan pada penelitian ini adalah sampah buah nanas yang sangat banyak di sekitar Kota Bangkalan. Alasan mendasar mengapa menggunakan sampah buah nanas dikarenakan sampah ini mempunyai ketebalan yang membuat mempunyai unsur air dan glukosa yang ada pada sampah tersebut. Terlebih lagi nanas adalah buah yang bisa didapatkan harian (bukan buah musiman). Jumlah zat yang mendukung proses bio digester diantaranya adalah karbohidrat berbentuk gula yang merupakan zat mudah larut dan terfermentasi. Asam organik khususnya asam sitrat membantu dalam menyeimbangkan kadar Ph dalam proses bio digester sehingga dapat mengoptimalkan aktivitas mikroorganisme di dalamnya. Terlebih dengan adanya senyawa fenolik aktivitas mikroba patogen yang tidak diinginkan dapat terhindar, sehingga mikroorganisme yang

memproduksi gas metana tetap aktif. Hal ini merupakan sumber daya dari bahan biogas yang akan diteliti. Poin berikutnya adalah penjelasan mengenai penyiapan bahan sampah organik sebagai bahan utama untuk bio digester.

Proses pada bio digester dijelaskan pada bagian ini beserta penjelasan volume yang digunakan dan perbandingan antara air serta sampah organik yang digunakan. Terlebih dahulu sampah buah nanas dibersihkan dari debu yang menempel pada kulitnya, pembersihan dilakukan dengan merendam semua sampah buah nanas yang akan diproses dengan air. Langkah berikutnya dilakukan penimbangan untuk mengetahui berat dari sampah tersebut. Setelah dilakukan penimbangan, maka sampah dimasukkan ke dalam digester biogas melalui pipa yang telah dibuat. Volume bio digester yang digunakan pada penelitian ini adalah 50 liter dengan pencampuran antara sampah dan air melalui perbandingan 1:2, dengan artian 1 kilogram sampah nanas dicampur dengan 2 liter air, seperti pada gambar 9.



Gambar 9. (a) Proses penghancuran sampah nanas, (b) Memasukkan sampah dengan skala perbandingan 1:2 dengan air, (c) Mencampurkan air sebagai bahan akhir pada bio digester

Pada penelitian ini dibandingkan antara dua bio digester. Perbedaan kedua bio digester terdapat pada komposisi senyawa yang menyusun. Pada bio digester pertama komposisi zat pembedanya adalah EM4, sedangkan pada drum digester kedua zat EM4 (*Effective Microorganism 4*) digantikan oleh ragi (*yeast*). Dipilihnya kotoran sapi dibandingkan dengan kotoran hewan lainnya dikarenakan kotoran ini mudah didapat di peternakan segala daerah di Indonesia. Hal penunjang lainnya adalah unsur metana (CH_4) yang cukup tinggi sebesar 65-70% dari berat kotoran dan kalor dengan kisaran 590-700 kcal/m³. Berikut adalah pembahasan perbedaan menyeluruh antara kedua drum bio digester

Pada penelitian ini peneliti menggunakan dua macam starter untuk membuat gas metana, yang pertama yakni kotoran sapi dan EM4 serta yang kedua adalah kotoran sapi dan ragi. Volume penggunaan kotoran sapi untuk digester satu dan digester dua mempunyai volume yang sama. Pencampuran starter kotoran sapi dan EM4 tercantum pada gambar 10. Mengenai volume tiap bahan yang dipakai ada pada tabel 3.



Gambar 10. (a) Mengencerkan kotoran sapi dengan zat EM4 (b) Memasukkan kotoran sapi sebagai katalis

Tabel 3. Komposisi bahan pada drum bio digester pertama

No.	Bahan	Berat
1	Air	10 liter
2	Sampah Buah Nanas	20 kilogram
3	Kotoran Sapi	3.5 kilogram
4	EM4	50 ml

Pada tabung digester kedua, menggunakan starter kotoran sapi dan ragi memiliki perlakuan yang sama seperti digester pertama. Tabel 4 menjelaskan komposisi dan berat tiap bahan yang dipakai sedangkan gambar 11 merupakan pencampuran ragi terhadap kotoran sapi yang akan digunakan.

Tabel 4. Komposisi bahan pada drum bio digester kedua

No.	Bahan	Berat
1	Air	10 liter
2	Sampah Buah Nanas	20 kilogram
3	Kotoran Sapi	3.5 kilogram
4	Ragi	50 gram



Gambar 11. (a) Starter kotoran sapi dan ragi, (b) Menimbang ragi yang akan dicampurkan dengan bio digester

Perlakuan kedua drum bio digester akan dicatat setiap harinya. Keluaran pada LCD yang berupa data temperatur dan kandungan gas akan membantu untuk mengetahui perkembangan gas serta suhu yang terjadi. Lama waktu yang digunakan untuk meneliti kedua bio digester adalah 30 hari. Selama itu akan dipantau perkembangan gas metana yang terjadi. Dalam melakukan monitoring, data yang terkumpul akan di-*sampling*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Guna menentukan zat mana yang akan menghasilkan biogas lebih banyak maka akan ditindaklanjuti dengan melakukan uji coba secara eksperimental, yakni membandingkan dua buah bio digester yang menggunakan EM4 dan ragi sebagai katalis untuk mendapatkan biogas. Dalam melakukan pengamatan hasil produksi, sensor biogas dan suhu diharapkan dapat memberikan data yang diperlukan oleh peneliti untuk menyimpulkan hasil dan mengevaluasi hasil tersebut secara komprehensif. Dalam kondisi tertentu, ragi mampu mempercepat produksi biogas pada tahap awal fermentasi karena aktivitas dari enzimatik yang kuat seperti yang sudah dilakukan oleh, Gao dkk (2020). Namun pada penelitian yang dilakukan oleh, Ferreira dkk (2017), mengungkapkan bahwa zat EM4 lebih efektif secara keseluruhan dalam memastikan proses fermentasi yang stabil dan cepat selama siklus bio digester berjalan. Kedua hasil tersebut akan bergantung pada jenis bahan baku yang digunakan, yang pada penelitian ini dipilih sampah buah nanas sebagai bahan pembuktian untuk mengetahui jenis katalis manakah yang mempunyai hasil yang lebih banyak mengandung gas metana.

Dalam melakukan data *sampling*, data hasil dari sensor temperatur dan gas yang bereaksi pada bio digester akan di-*sampling* sekali di setiap 5 hari. Perlakuan *sampling* data ini akan dilakukan selama 30 hari penuh. Tempat pengujian alat digester biogas terdapat di Laboratorium Mekatronika dasar. Dilakukannya pengujian ini ditempatkan pada ruangan *outdoor* mengingat hasil dari penelitian ini adalah biogas yang jika dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) ditakutkan akan terjadi kebocoran dan bau yang menyengat karena bahan dasar dari bio digester ini adalah sampah organik dan kotoran hewan. Hasil pembacaan sensor baik temperatur ataupun gas metana akan ditabelkan pada tabel 5.

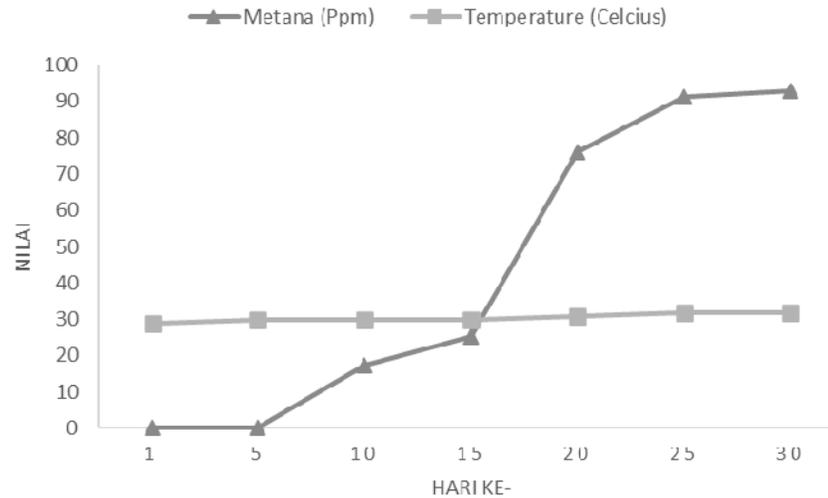
Tabel 5. Hasil percobaan pada kedua bio digester

Hari ke-	Temperature (Celcius)		Gas Metana (ppm)	
	Drum Pertama*	Drum Kedua**	Drum Pertama*	Drum Kedua**
1	29	29	0	0
5	30	32	0	37,4
10	30	32	17,2	83, 3
15	30	33	25,3	131,7

20	31	34	76,1	163,3
25	32	35	91,4	181,1
30	32	34	93,1	192,6

*Drum pertama = Kotoran sapi + EM4 **Drum kedua = Kotoran sapi + Ragi

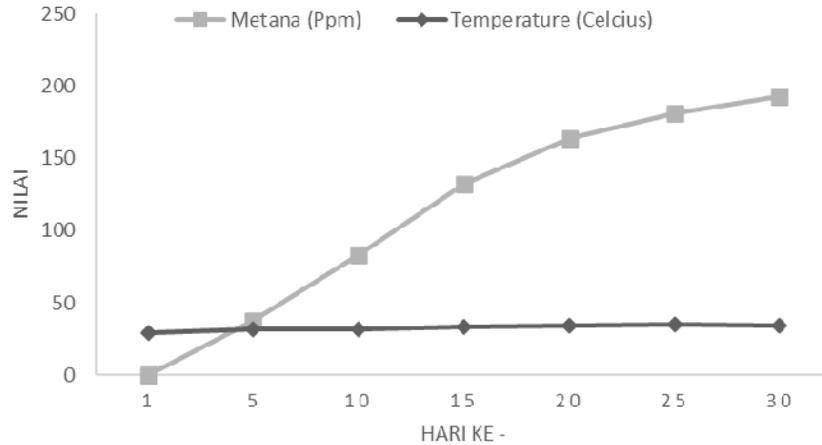
Berdasarkan data baik sensor temperatur dan gas pada tabel 5 yang diperoleh dari dua drum bio digester, didapatkan grafik berupa gambar 12 (perbandingan metana dan temperatur pada bio digester pertama), gambar 13 (perbandingan metana dan temperatur pada bio digester kedua) serta gambar 14 (perbandingan metana pada bio digester pertama dan kedua).



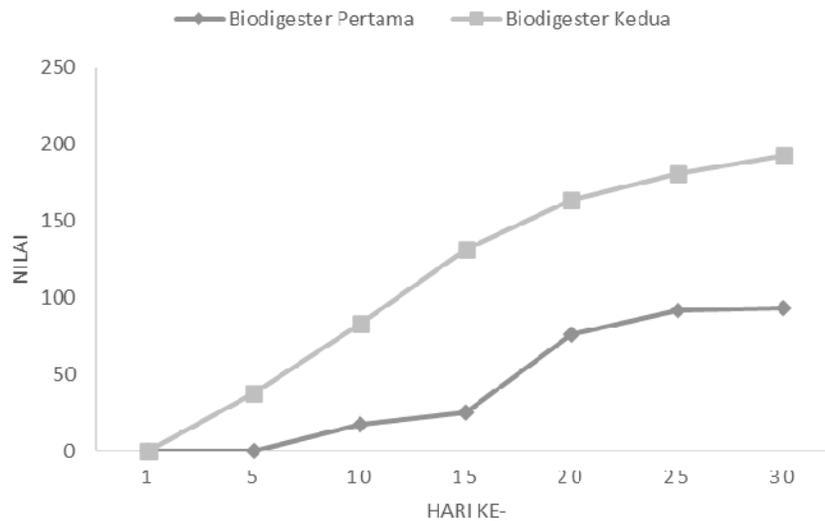
Gambar 12. Pertambahan gas metana dengan starter kotoran sapi dan EM4

Melalui penggambaran grafik pada gambar 12, hasil produksi biogas metana pada bio digester dengan menggunakan starter kotoran sapi dan EM4 mengalami kenaikan nilai metana yang signifikan disebabkan oleh kemampuan EM4 yang mempercepat proses penguraian bahan organik melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme serta menjaga keseimbangan mikrobiologis pada bio digester seperti yang dikemukakan oleh Shitophyta dkk (2020). Hal ini dibuktikan dengan grafik pada hari ke-15 hingga hari ke-20 yang mengalami kenaikan nilai dari 25,4 ppm ke 76,1 ppm. Hasil produksi gas metana mengalami sedikit fluktuasi dengan kenaikan 1,7 ppm pada hari ke-25 hingga ke-30 menyebabkan ini menjadi kenaikan gas yang paling sedikit. Sedangkan data temperatur yang terjadi pada bio digester pertama mengalami kenaikan sebesar 3⁰ celcius dari hari pertama percobaan hingga hari terakhir, hal ini terjadi disebabkan oleh kondisi lingkungan dan cuaca *outdoor* yang stagnan di setiap harinya.

Kejadian yang dicatat pada digester yang kedua digambarkan pada gambar 13, perbedaan perlakuan yang berbeda yakni zat yang diberikan adalah starter kotoran sapi dan ragi. Hasil ini dilakukan juga selama 30 hari dengan data sampling setiap 5 hari. Berdasarkan gambar 13 terdapat perbedaan jauh dari hasil produksi gas metana yang dihasilkan dengan menggunakan starter kotoran sapi dan ragi dibandingkan dengan bio digester yang sebelumnya. Pada hari ke-5 gas metana dapat dideteksi sebesar 37,4 ppm. Terdapat fluktuasi kenaikan nilai metana di setiap harinya dan mencapai nilai puncak sebesar 192,6 ppm di hari ke-30. Sama seperti yang terjadi pada bio digester yang pertama, temperatur yang dideteksi tidak mengalami kenaikan yang signifikan, namun sedikit perbedaan dapat dilihat pada nilai temperatur hari ke-30, jika dibandingkan dengan bio digester pertama (32°C), nilai temperatur bio digester kedua berada pada 34°C. Hal ini dikarenakan banyaknya gas metana hasil aktivitas mikroorganisme selama fermentasi menyebabkan pengaruh perubahan suhu di dalam bio digester seperti yang dikemukakan oleh Yang dkk (2022). Untuk melihat lebih jelas grafik perbandingan antara hasil gas metana pada bio digester pertama dan kedua bisa dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Pertambahan gas metana dengan starter kotoran sapi dan ragi



Gambar 14. Perbandingan gas metana pada bio digester pertama dan kedua

Perbedaan yang signifikan dapat dilihat pada gambar 14, puncak nilai antara nilai bio digester pertama dan kedua sangat jauh. Pada biodegester pertama nilai maksimal yang didapatkan adalah 93,1 ppm, sedangkan pada bio digester yang kedua, nilai yang didapatkan hampir dua kali lipat dari bio digester pertama, yakni 192,6 ppm. Perbedaan yang terjadi bisa dilihat sejak awal, pada hari ke-5 biodegester pertama tidak terdeteksi adanya gas metana. Sebaliknya, nilai metana terjadi pada bio digester kedua, yakni pada hari ke-5 nilai produksi gas metana yang didapatkan senilai 37,4 ppm. Hal yang terjadi pada bio digester baik yang pertama maupun kedua dikarenakan beberapa faktor yang menyebabkan kenaikan nilai metana baik dari faktor alamiah ataupun buatan. Dimulai dari proses *pretreatment* bahan baku yakni pemotongan dan penghancuran nanas yang dapat memudahkan akses mikroorganisme sehingga mempercepat proses fermentasi. Faktor selanjutnya adalah suhu yang berada pada rentang 30° hingga 40° celcius (seperti data yang terlihat pada tabel 5) yang cocok untuk bakteri mesofilik. Faktor buatan pada bio digester kedua adalah penambahan ragi (*yeast*) yang mampu memfermentasi gula menjadi alkohol dan asam organik yang kemudian diubah menjadi biogas metana oleh mikroorganisme anaerobik yang terdapat pada bio digester. Sehingga dengan penambahan ragi tersebut terbukti meningkatkan produksi biogas.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan percobaan selama 30 hari, dapat disimpulkan bahwa sensor temperatur dan gas dapat membantu memantau kinerja antara kedua bio digester anaerobik yang diuji dan diteliti. Terutama dengan penggunaan sensor gas yang membantu dalam *monitoring* nilai metana, dapat dikatakan bahwa bio digester kedua dengan kandungan ragi dan kotoran sapi mampu memproduksi gas metana yang mempunyai konsentrasi nilai ppm jauh lebih tinggi hingga dua kali lipat dibandingkan menggunakan EM4 dan kotoran sapi. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan melalui sensor tersebut, sampah buah nanas mampu menghasilkan gas metana sebesar 192,6 ppm selama 30 hari jika menggunakan *starter* kotoran sapi dan ragi. Hal ini menjadikan kombinasi bahan tersebut (sampah buah nanas, kotoran sapi, dan ragi) lebih efektif untuk memproduksi gas metana dibandingkan dengan kotoran sapi dan EM4 pada proses bio digester anaerobik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan luaran dari penelitian mandiri LPPM UTM pada tahun 2023, penulis mengucapkan terimakasih kepada para pihak yang telah membantu penulisan proposal, laporan akhir dan draft jurnal ini sehingga dapat rampung sesuai dengan keinginan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A., Tiyas, A.W., Rancang bangun sistem pengendalian biogas bertekanan pada biogas storage tank system hasil purifikasi dengan metode water scrubber system, 2(2), 1-7, 2017.
- Ahyadi., Zaiyan., Belajar antarmuka arduino secara cepat dari contoh Indonesia, Penertbit Deepublish, 2020.
- Ferreira, C.F.S., Gates, R.S., Batista, M.D., Tinoco, I.F.F., Effective microorganisms (EM) as biofeeders for anaerobic digestion, *Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng*, 25(6), 491-499, 2017.
- Gao, M., Zhang, S., Ma, X., Guan, W., Song, N., Wang, Q., Wu, C., Effect of yeast addition on the biogas production performance of a food waste anaerobic digestion system, *R. Soc. Open Sci*, 7, 200443, 2020.
- Hanson, J.L., Onnen, M.T., Yesiller, N., Kopp, K.B., Heat energy potential of municipal solid waste landfills, review of heat generation and assessment of vertical extraction systems, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2022.
- Kabaivanova, L., Hubenov, V., Dimitrova, L., Simeonov, I., Wang, H., Petrova, P., Archaeal and bacterial content in a two-stage anaerobic system for efficient energy production from agricultural wastes, *Molecules*, 2022.
- Otanocha, O., Oyovwikefe, R., Okwu, M., Tartibu, L., Modified biogas digester tank for production of gas from decomposable organic wastes. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2021.
- Sharma, A.K., Sahoo, P.K., Mukherjee, M., Patel, A, Assessment of sustainable biogas production from codigestion of jatropha de-oiled cake and cattle dung using floating drum type digester under psychrophilic and mesophilic conditions, *Clean Technologies*, 2022.
- Shitophyta, L.M., Budiarti, G.I., Nugroho, Y.E., Hanafi, M., The effect of effective microorganisms-4 (em-4) on biogas yield in solid-state anaerobic digestion of corn stover, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(2), 022024, 2020.
- Suryantoro, H., Budiyanto, A., Sistem monitoring level air berbasis labview & arduino sebagai sarana pendukung praktikum instrumentasi sistem kendali, *Indonesian Journal of Laboratory Prototype (Vol. 1, Issue 3)*, 2019.
- Wang, W., Sun, Y., Design of k type thermocouple cold end automatic compensation based on single chip microcomputer, *Journal of Robotics and Automation Research*, 2022.
- Wijaya, M.A., Ikhsan, R.N., Sugianto, E., Analisis perbandingan kinerja antara sensor api flame 5 channel dengan sensor asap MQ2. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 3(4), 231 – 238, 2022.
- Yang, F., Feng, L., Zhen, X., Influence of organic loading rate and temperature fluctuation caused by solar energy heating on food waste anaerobic digestion. *Waste Management & Research*, 40, 1440 – 1449, 2022.
- Yarra, S., Herdyanti, M.K., Meirawaty, M., Yuda, H.F., Rendy, R., Mahendra, R.K., Ardikasa, G., Letlora, I., Biogas from goat waste as a green energy source, *Community Empowerment*, 2023.
- Zaki, M.B.A.M., Shamsudin, R., Yusoff, M.Z.M., Portable bio digester system for household use – a review, *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, 2020.