

# Perancangan Sistem Akuisisi Data pada Reaktor Biogas Sampah Organik Skala Kecil

Prahyudi Setiawan<sup>1</sup>, Akhmad Musafa<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur, Jakarta 12260

<sup>1</sup>E-mail : prahyudi@gmail.com

<sup>2</sup>E-mail : akhmad.musafa@budiluhur.ac.id

## ABSTRAK

Pengukuran parameter biogas seperti volume biomassa, suhu reaktor, kadar dan tekanan gas penting dilakukan sebelum merancang sistem pembangkit energi listrik dari biogas. Paper ini membahas perancangan sistem akuisisi data pada reaktor biogas sampah organik skala kecil yang digunakan untuk mengukur volume biomassa, suhu reaktor, kadar dan tekanan gas. Sistem akuisisi data terdiri dari sensor volume menggunakan ultrasonik, sensor suhu menggunakan DHT11, sensor gas menggunakan MQ-2 dan sensor tekanan menggunakan *water pressure sensor*. Pengukuran volume biomassa pada reaktor biogas dilakukan dengan memodifikasi persamaan volume tabung dengan jari-jari tabung yang dilakukan berdasarkan data hasil pengukuran jarak antara permukaan atas reaktor biogas dan permukaan tumpukan biomassa. Pengukuran kadar gas dengan sensor MQ-2 dilakukan dengan menentukan nilai ppm gas yang diukur. Kemudian nilai ppm digunakan untuk mencari persentase kandungan gas menggunakan persamaan dan karakteristik sensitivitas sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor volume memiliki rata – rata persentase error sebesar 14.15% dikarenakan pada pembacaan jaraknya sensor memiliki akurasi pendeteksian  $1\text{cm} \pm 1\%$ . Sensor MQ-2 mampu mendeteksi kadar gas, pada pengujian ini mengukur kadar gas propana sebesar 45.02%. Sensor DHT11 memiliki rata – rata persentase error sebesar 0.83% dikarenakan memiliki ketelitian  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Sensor tekanan *water pressure sensor* memiliki rata – rata error sebesar 29.21%.

## Kata Kunci

*Akuisisi data, biogas, sampah organik, biodigester, biomassa*

## 1. PENDAHULUAN

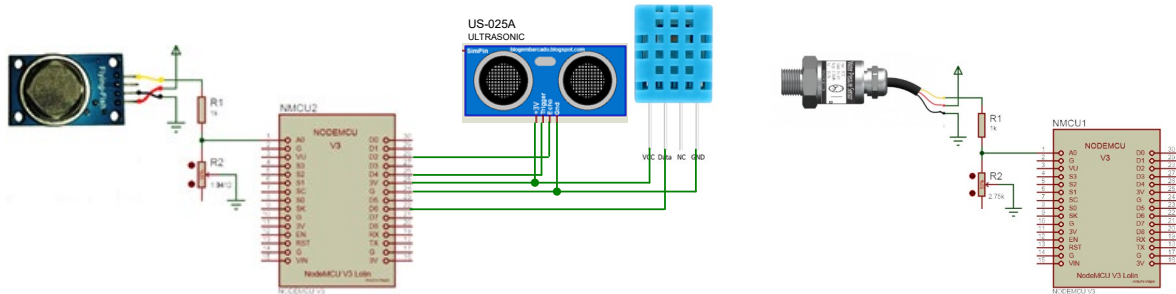
Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari fermentasi bahan organik oleh bakteri anaerob yang diproses dalam reaktor gas yang disebut biodigester. Biogas umumnya berasal dari kotoran ternak seperti kotoran babi (1), dan kotoran ternak (2). Selain kotoran ternak, biogas juga dapat dihasilkan dari sampah organik seperti makanan (3) dan sampah sayuran.

Selain digunakan sebagai sumber energi alternatif (*waste to energy*) (4) pengganti LPG untuk memasak, biogas juga dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik (5)(6), yaitu dengan memanfaatkan tekanan yang dihasilkan untuk menggerakkan generator listrik. Besarnya potensi energi listrik dari biogas dipengaruhi oleh volume biomassa sebagai bahan baku organik yang dimuat (7), kandungan gas metana dan tekanan yang dihasilkan dalam reaktor. Sedangkan proses pembentukan kadar metana pada

biogas dipengaruhi oleh suhu (8)(9)(10) dan kondisi kelembaban yang terjadi di dalam tabung reaktor.

Oleh karena itu, diperlukan pengukuran dan pemantauan parameter-parameter yang mempengaruhi proses pembentukan biogas (11). Data hasil pengukuran parameter ini dapat digunakan untuk menghitung potensi energi listrik yang dapat dihasilkan (12). Paper ini mengusulkan rancangan sistem akuisisi data untuk mengetahui nilai parameter pada biodigester biogas sampah organik skala kecil. Hasil perancangan sistem akuisisi data ini dapat digunakan untuk mengetahui potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari digister biogas skala kecil berbahan dasar sampah organik.

Struktur makalah ini disusun sebagai berikut: Bagian 2 menjelaskan perancangan perangkat keras biodigester, sistem akuisisi data, dan perancangan algoritma program, bagian 3 menjelaskan hasil dan pembahasan, serta bagian 4 adalah kesimpulan.



Gambar 2. Skematik rangkaian sistem akuisisi data pada reaktor biogas sampah

## 2. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan rangkaian sensor volume biomass, rangkaian sensor suhu, rangkaian perancangan sensor gas, dan rangkaian sensor tekanan. Sedangkan perancangan perangkat lunak adalah membuat algoritma program sistem akuisisi data.

### 2.1 Rancangan Biodigester

Rancangan reaktor biogas yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor tipe plant yang terbuat dari tabung penampung air yang mempunyai kapasitas 1050 liter. Tabung penampung air yang digunakan ditempatkan secara horizontal, yang dimodifikasi dengan menambahkan pipa berukuran 3 inci pada kedua ujung dan bagian atas tabung. Pada ujung tabung dipasang pipa sebagai tempat memasukkan biomassa (inlet). Di bagian atas tabung dipasang pipa sebagai saluran keluar gas yang akan dihasilkan. Di ujung lainnya pada tabung dipasang pipa sebagai saluran keluar biomassa atau outlet biomassa. Pipa outlet dihubungkan dengan tempat sampah plastik sebagai tempat penyimpanan ampas sampah yang dihasilkan (slurry). Rancangan dan realisasi biodigester sampah organik ditunjukkan pada Gambar 1.



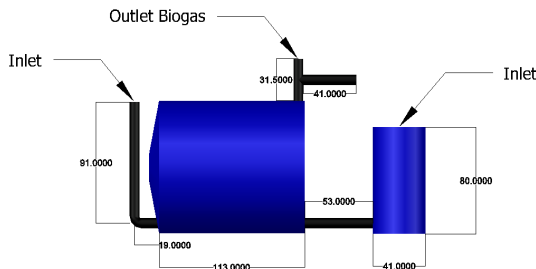
Gambar 1. Rancangan dan realisasi biodigester sampah organic skala kecil

Biodigester yang digunakan mempunyai diameter 105 cm dengan tinggi 132 cm. Pada saluran masuk, pipa biomassa ditempatkan 8 cm dari dasar tabung reaktor. Pipa inlet biomassa mempunyai panjang 91 cm pada posisi vertikal dan 9 cm pada posisi horizontal. Pada saluran keluar biogas, pipa yang digunakan berukuran panjang 31,5 cm dengan posisi vertikal dengan manometer logam di ujung atas pipa untuk membaca tekanan biogas dan posisi horizontal pipa saluran keluar biogas memiliki panjang 41 cm. Pipanya adalah bercabang sehingga ada tempat keluarnya biogas. Pada saluran keluar pipa biomassa yang digunakan ditempatkan 8 cm dari dasar tabung. Pipa keluar biomassa memiliki panjang 53 cm. Pipa tersebut dihubungkan dengan tempat penyimpanan slurry overflow. Tempat penyimpanan kelebihan slurry berbentuk tabung dengan diameter 41 cm dan tinggi tabung 80 cm.

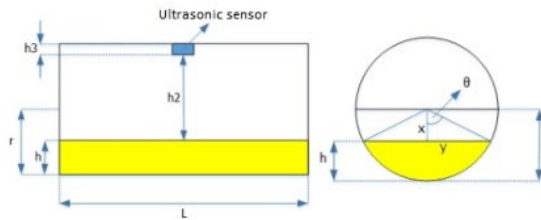
### 2.2 Rancangan Sistem Akuisisi Data

Sistem akuisisi data yang dirancang pada penelitian ini digunakan untuk memperoleh data pengukuran volume biomassa, suhu ruang di dalam reaktor, kandungan gas, dan tekanan gas yang dihasilkan. Sistem akuisisi data yang dirancang adalah rangkaian sensor volume, rangkaian sensor suhu, rangkaian sensor gas, dan rangkaian sensor tekanan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

#### 2.2.1 Rancangan Sensor Volume Biomassa



Perancangan sensor volume biomassa perlu dilakukan untuk dapat memantau volume biomassa yang masuk agar tidak memenuhi 100% tabung biomassa. Tabung biodigester perlu diberi ruang kosong sebesar 20% dari volume total tabung sebagai tempat gas metana yang dihasilkan. Pengukuran volume biomassa dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonik. Rancangan penempatan sensor ultrasonik di dalam tabung reaktor biogas untuk mengukur ketebalan tumpukan biomassa dengan cara mengukur jarak antara langit-langit tabung dengan permukaan biomassa ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan penempatan sensor ultrasonik di dalam biodigester sampah organik skala kecil

Ketebalan tumpukan biomassa dalam reaktor ( $h$ ) ditentukan dengan mengurangi diameter tabung reaktor ( $d$ ) dengan ketebalan sensor ( $h3$ ) karena sensor ditempatkan pada tabung reaktor dan dikurangi dengan jarak pembacaan sensor ( $h2$ ) seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1.

$$h = d - h2 - h3 \quad (1)$$

Berdasarkan Gambar 3, selanjutnya volume biomassa dalam tabung reaktor dihitung dengan menggunakan persamaan 3. Dimana  $h$  adalah tebal tumpukan biomassa dalam reaktor (cm),  $r$  adalah jari-jari tabung reaktor (cm),  $L$  adalah panjang/tinggi tabung reaktor (cm) dan  $\theta$  merupakan sudut yang dipengaruhi oleh ketebalan biomassa dalam reaktor yang dinyatakan dengan persamaan 2.

$$\theta = \arccos((r - h)/r) \quad (2)$$

$$V = [r^2 (\theta - (r - h) \sqrt{2rh - h^2})]L \quad (3)$$

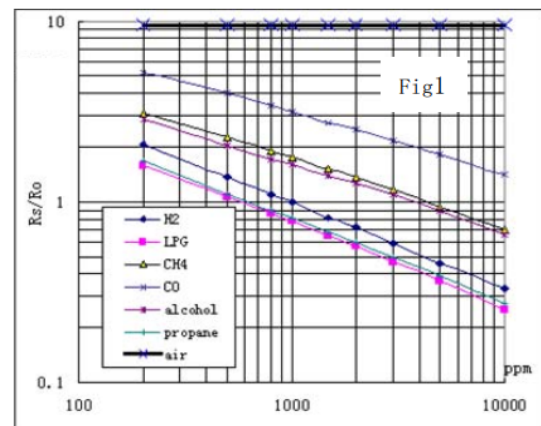
### 2.2.2 Rancangan Sensor Suhu

Dalam proses pembuatan biogas, suhu ruangan di dalam reaktor juga perlu diperhatikan. Kisaran suhu efektif untuk produksi biogas adalah 20°C hingga 35°C. Pengukuran suhu pada penelitian ini menggunakan sensor DHT11. Kisaran suhu yang dapat dibaca oleh sensor DHT11 adalah 0°C – 50°C. Sensor DHT11 mempunyai tegangan kerja 3 volt hingga 5 volt DC, jadi sesuai dengan tegangan kerja yang ada pada Node-MCU dimana tegangan kerjanya adalah 3,3 volt.

### 2.2.3 Rancangan Sensor Gas

Gas yang terkandung pada biogas tidak 100% gas metana. Oleh karena itu, perlu dirancang sensor yang dapat membaca kadar gas metana pada reaktor biogas, salah satunya adalah sensor MQ-2. Beberapa jenis gas yang dapat dibaca oleh sensor MQ-2 adalah LPG, alkohol, propana, hidrogen, CO, dan metana. Karakteristik sensor MQ2 ditunjukkan pada Gambar 4 (13).

Tegangan keluaran maksimum sensor MQ-2 adalah 5V, sedangkan tegangan masukan yang dapat diterima oleh Node-MCU adalah 3,3V. Agar tegangan keluaran sensor MQ-2 dapat diterima oleh Node-MCU maka diperlukan rangkaian pengkondisian sinyal dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan. Dengan rentang tegangan keluaran sensor MQ-2 yaitu 0-5 volt dan rentang tegangan masukan Node-MCU 0-3,3 volt, maka nilai R1 dan R2 rangkaian pembagi tegangan masing-masing adalah 1K dan 1,9412 K.



Gambar 4. Karakteristik sensitivitas sensor MQ-2

Persentase kandungan gas metana dihitung dengan menghitung ppm yang dihasilkan sensor MQ-2 menggunakan persamaan 4, dimana  $Y$  adalah satuan zat (ppm),  $X$  adalah range per total bit (9.47265625), dan  $D$  adalah nilai pembacaan ADC. Setelah mendapatkan nilai sensitivitas sensor ( $R_s/R_0$ ) selanjutnya mencari persentase kandungan gas metana. Berdasarkan grafik pada Gambar 4 semakin besar nilai sensitivitas maka persentase gas terukur semakin mendekati 0%, sedangkan semakin besar nilai sensitivitas maka persentase gas terukur semakin mendekati 100%. Berdasarkan nilai sensitivitas pada Gambar 4 diperoleh persamaan 6 dengan analisis regresi.

$$Y = XD \quad (4)$$

$$\frac{R_s}{R_0} = -0.00044Y + 3.0875 \quad (5)$$

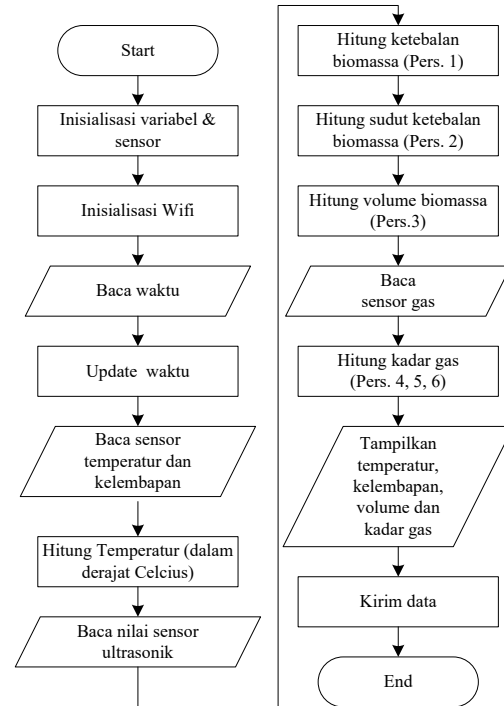
$$\text{Level of gas (\%)} = -10 \frac{R_s}{R_0} + 100 \quad (6)$$

#### 2.2.4. Rancangan Sensor Tekanan

Sensor tekanan yang digunakan untuk mengukur tekanan pada reaktor biogas pada sistem ini adalah *water pressure sensor* dari Robot DF. Sinyal yang dihasilkan sensor tekanan berupa tegangan analog 0,5-4,5 volt. Tegangan kerja pada Node-MCU sebesar 3,3 volt, oleh karena itu perlu disediakan rangkaian pembagi tegangan yang berfungsi untuk pengkondisian sinyal. R1 pada rangkaian pembagi tegangan menggunakan resistor sebesar 1K, sedangkan R2 menggunakan potensiometer agar hambatan pada R2 sesuai kebutuhan. Jadi untuk mengkondisikan tegangan sensor tekanan 0,5 ~ 4,5 volt hingga 0,367 volt ~ 3,3 volt diperlukan R2 dengan nilai 2,75K. Sehingga nilai output maksimal yang masuk ke pin Node-MCU adalah 3,3 volt.

#### 2.3 Rancangan Algoritma Program

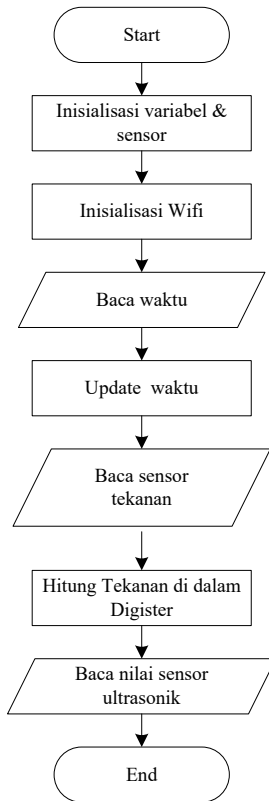
Perancangan algoritma program sistem akuisisi data dibuat untuk menentukan algoritma program yang digunakan pada sistem akuisisi data pada reaktor biogas yang dibuat. Sistem akuisisi data pada penelitian ini menggunakan Node-MCU sebagai unit pengolah data sensor. Karena Node-MCU hanya memiliki 1 kanal ADC dan sistem akuisisi data ini memiliki 2 buah sensor yang menghasilkan data analog, maka dibutuhkan 2 unit Node-MCU untuk dapat membaca dua buah sensor yang menghasilkan data analog. Pada sistem akuisisi ini terdapat 2 algoritma program yang berbeda. Algoritma program yang pertama adalah untuk membaca data sensor ultrasonic, sensor DHT11, dan sensor gas MQ-2. Sedangkan algoritma program yang kedua untuk membaca data pada sensor tekanan sensor tekanan. Algoritma program sistem akuisisi data digambarkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Algoritma program akuisisi data temperatur, kelembapan, volume biomassa, dan kadar gas pada biodigester

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem akuisisi data dilakukan dengan menguji sensor volume biomassa, sensor suhu, sensor gas, dan sensor tekanan. Setup percobaan untuk pengujian sensor sistem akuisisi data menggunakan purwarupa biodigester yang terbuat dari tabung galon air ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Algoritma program akuisisi data tekanan gas pada biodigester

### 3.1. Pengujian Sensor Volume Biomassa

Pengujian sensor volume dilakukan untuk mengetahui volume biomassa yang ada di dalam tabung biodigester. Sampah organik yang telah dicampur dengan air (slurry sampah) diukur terlebih dahulu dengan menggunakan gelas ukur. Kemudian slurry yang telah diukur dengan gelas ukur dimasukkan ke dalam prototipe biodigester untuk diukur volumenya dengan menggunakan sensor ultrasonik yang telah terpasang. Hasil pengukuran volume biomassa dengan gelas ukur kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan sensor ultrasonik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Dari data pada Tabel 1 terlihat bahwa sensor volume biogas yang dirancang menggunakan ultrasonik memiliki rata-rata kesalahan pengukuran sebesar 0,496 liter atau 12,76% dibandingkan dengan gelas ukur. Ketidakakuratan pengukuran tersebut disebabkan oleh tumpukan biomassa yang tidak rata dan karakteristik sensor ultrasonik yang memiliki ketelitian deteksi jarak sebesar  $1\text{ cm} \pm 1\%$ .

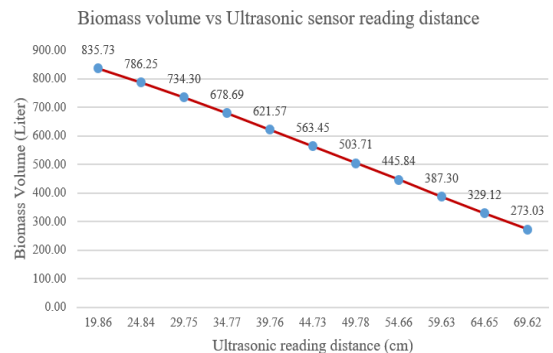


Gambar 7. Setup pengujian sistem akuisisi data

Tabel 1. Hasil pengujian sensor ultrasonik untuk pengukuran volume biomassa

Hasil pengukuran dengan gelas ukur (liter)	Hasil pengukuran dengan sensor ultrasonik (liter)	Error pengukuran (liter)
2	2,69	0,69
4	4,52	0,52
6	6,46	0,46
8	8,21	0,21
10	10,60	0,60

Setelah sensor volume diuji coba pada purwarupa biodigester, selanjutnya sensor volume diuji untuk mengukur ketebalan biomassa di dalam biodigester, dengan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 8. Dari data hasil pengujian seperti yang tersaji pada Gambar 8, terlihat bahwa untuk biodigester dengan ukuran 1050 liter, untuk setiap penambahan 1 cm tumpukan biomassa secara merata akan menghasilkan penambahan volume biomassa sebesar 0,011 m<sup>3</sup> atau 11,25 liter.



Gambar 8. Hasil pengukuran volume biomassa berdasarkan hasil pembacaan sensor ultrasonik

### 3.2. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu bertujuan untuk memonitoring suhu ruangan tabung biodigester, yang dilakukan dengan cara mengalirkan udara panas yang dihasilkan oleh pengering rambut ke bagian dalam tabung biodigester selama satu menit. Hasil pembacaan sensor suhu DHT11 dibandingkan dengan hasil pembacaan suhu termometer air raksa. Hasil pengujian sensor suhu ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai persentase rata – rata error dari sensor DHT11 yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0.83%. Hal ini terjadi karena pada sensor DHT11 memiliki ketelitian  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  sehingga dapat mempengaruhi dalam pembacaan suhu.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor suhu

Waktu pengukuran (menit ke-)	Pembacaan Thermometer raksa ( $^{\circ}\text{C}$ )	Pembacaan DHT11 ( $^{\circ}\text{C}$ )	Error ( $^{\circ}\text{C}$ )	% Error
0	28	27,37	0,63	2,25
1	30	29,76	0,24	0,8
2	31	31,2	0,2	0,64
3	33	32,82	0,18	0,55
4	34,5	34,51	0,01	0,03
5	35	35,25	0,25	0,71

### 3.3 Pengujian Sensor Gas MQ-2

Pengujian sensor gas MQ-2 dilakukan untuk mengetahui kadar gas metana yang ada pada digester biogas. Dikarenakan sulitnya mendapatkan gas metana, sehingga pengujian dilakukan menggunakan gas propana yang ada pada tabung gas LPG. Dengan demikian jika ingin mengukur kadar gas metana dapat dilakukan dengan mengubah persamaan yang ada pada program menjadi persamaan untuk menghitung kadar gas metana yaitu pada persamaan 5. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan gas LPG ke dalam tabung galon dengan menggunakan selang. Gas dimasukan selama 1 menit kemudian melihat hasil pembacaan lalu mencatatnya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor suhu

Lama pemberian gas	Kadar gas hasil pembacaan sensor MQ-2 (%)
1 menit	45,02
	45,02
	44,94
	45,02
	45,03
	44,96
	45,03
	45,02
	45,02

Dari hasil pembacaan sensor terlihat bahwa kadar gas propana yang ada pada gas LPG sebesar 45.02 %. Data yang didapatkan menggunakan nilai  $R_s/R_o$

dengan menggunakan persamaan 5 dan grafik pada Gambar 4 dari analisis regresi, diperoleh persamaan:

$$\frac{R_s}{R_o} = -0.0002 * ppm - 1.254 \quad (7)$$

Kemudian hasil persamaan tersebut di cari persentasenya dengan menggunakan persamaan 6. Sehingga didapatkan data hasil pembacaan berupa persentase gas propana. Kemudian jika ingin mengukur persentase kadar gas metana yang ada pada reaktor biogas hanya mengganti persamaan untuk mencari  $R_s/R_o$  pada propana menjadi persamaan untuk mencari  $R_s/R_o$  pada metana seperti pada persamaan 5.

### 3.4 Pengujian Sensor Tekanan

Pengujian sensor tekanan dilakukan untuk mengetahui tekanan gas yang dihasilkan pada digester biogas. Pengujian dilakukan dengan menutup semua lubang pada tabung galon dengan rapat. Lalu memberikan angin bertekanan dengan menggunakan pompa angin ke dalam tabung. Tekanan juga diukur menggunakan pressure meter sebagai alat pembanding terkalibrasi. Hasil pengujian sensor tekanan ditunjukkan pada Tabel 4. Nilai rata – rata persentase error dari sensor tekanan yang digunakan pada penelitian ini sebesar 29,21 %. Hal ini terjadi karena pada sensor tekanan water pressure sensor terdapat akurasi pengukuran sebesar 0,5% sehingga mempengaruhi pembacaan sensor.

Tabel 4. Hasil pengujian sensor tekanan

Pengukuran dengan Pressure Meter		Pengukuran sensor	Error	%Error
Psi	kPa	(kPa)	(kPa)	
0,5	3,45	1,75	1,70	49,24
1	6,89	6,06	0,83	12,11
2	10,34	13,06	2,72	26,28

## 4. KESIMPULAN

Dari pengujian dan analisa hasil sistem akuisisi data yang telah dirancang dapat disimpulkan bahwa sistem akuisisi data dapat bekerja dan dapat digunakan untuk keperluan monitoring parameter pada digester biogas sampah skala kecil. Sensor ultrasonic dapat digunakan untuk mengukur volume biomassa pada digester dengan rata – rata persentase error sebesar 14.15%. Sensor MQ-2 mampu mendeteksi kadar gas, pada pengujian ini mengukur kadar gas propana sebesar 45.02%. Sensor DHT11 memiliki rata – rata persentase error sebesar 0.83% dikarenakan memiliki ketelitian  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Sensor tekanan water pressure sensor memiliki rata – rata error sebesar 29.21%.

## DAFTAR PUSTAKA

1. R. Marchetti, C. Vasmara, And A. Orsi, "Inoculum Production from Pig Slurry For Potential Use In Agricultural Biogas Plants," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, Vol. 52, No. Pd, P. 102310, 2022, Doi: 10.1016/J.Seta.2022.102310.
2. K. Waszkielis, I. Bia, And K. Bu, "Application Of Anaerobic Digestion Model No . 1 For Simulating Fermentation Of Maize Silage , Pig Manure , Cattle Manure And Digestate In The Full-Scale Biogas Plant," *Fuel*, Vol. 317, No. September 2021, 2022, Doi: 10.1016/J.Fuel.2022.123491.
3. C. Zhang, H. Su, J. Baeyens, And T. Tan, "Reviewing The Anaerobic Digestion Of Food Waste For Biogas Production," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 38, Pp. 383–392, 2014, Doi: 10.1016/J.Rser.2014.05.038.
4. M. Ezzat Salem, H. Abd El-Halim, A. Refky, And I. A. Nassar, "Potential Of Waste To Energy Conversion In Egypt," *J. Electr. Comput. Eng.*, Vol. 2022, 2022, Doi: 10.1155/2022/7265553.
5. S. L. Garcilasso V, Velásquez S, Coelho S, "Electric Energy Generation From Landfill Biogas - Case Study And Barriers," In *Electric Energy Generation*, 2011, Pp. 5250–5253.
6. R. Cozzolino, L. Lombardi, And L. Tribioli, "Use Of Biogas From Biowaste In A Solid Oxide Fuel Cell Stack: Application To An Off-Grid Power Plant," *Renew. Energy*, Vol. 111, Pp. 781–791, 2017, Doi: 10.1016/J.Renene.2017.04.027.
7. A. Babae, J. Shayegan, And A. Roshani, "Anaerobic Slurry Co-Digestion Of Poultry Manure And Straw: Effect Of Organic Loading And Temperature," *J. Environ. Heal. Sci. Eng.*, Vol. 11, No. 1, Pp. 1–6, 2013, Doi: 10.1186/2052-336x-11-15.
8. K. J. Chae, A. Jang, S. K. Yim, And I. S. Kim, "The Effects Of Digestion Temperature And Temperature Shock On The Biogas Yields From The Mesophilic Anaerobic Digestion Of Swine Manure," *Bioresour. Technol.*, Vol. 99, No. 1, Pp. 1–6, 2008, Doi: 10.1016/J.Biortech.2006.11.063.
9. K. Y. Grigorovich, V. V. Kovalenko, And L. O. Igorivna, "Efficiency Of Application Of Electric Fields In Biogas Plants At Different Temperature Modes," In *2018 Ieee 3rd International Conference On Intelligent Energy And Power Systems, Ieps 2018 - Proceedings*, 2018, Vol. 2018-Janua, Pp. 286–289. Doi: 10.1109/Ieps.2018.8559529.
10. A. Babaei And J. Shayegan, "Effects Of Temperature And Mixing Modes On The Performance Of Municipal Solid Waste Anaerobic Slurry Digester 09 Engineering 0907 Environmental Engineering 09 Engineering 0904 Chemical Engineering," *J. Environ. Heal. Sci. Eng.*, Vol. 17, No. 2, Pp. 1077–1084, 2019, Doi: 10.1007/S40201-019-00422-6.
11. W. A. Ahmed, M. Aggour, And M. Naciri, "Biogas Control: Methane Production Monitoring Using Arduino," *Int. J. Biol. Life Agric. Sci.*, Vol. 11, No. 2, Pp. 130–133, 2017, [Online]. Available: <https://Waset.Org/Publications/10006317/Biogas-Control-Methane-Production-Monitoring-Using-Arduino>
12. H. Andrei, A. Enescu, E. Diaconu, V. Ion, And I. Udriou, "Data Acquisition And Modeling Of Cogeneration Power Plant Parameters," In *2019 11th International Symposium On Advanced Topics In Electrical Engineering, Atee 2019*, 2019, Pp. 0–5. Doi: 10.1109/Atee.2019.8724738.
13. Hanwei Electronics, "Technical Mq-2 Gas Sensor," 2006.