

# Perancangan Sistem Monitoring Flowrate, Kandungan Gas Metana, dan Tekanan Guna Mendapatkan Informasi Kondisi pada Bioreaktor Anaerob

Jamal Fikri Tanaya, Totok Soehartanto, dan Putri Yeni Aisyah  
Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)  
e-mail: totokstf@yahoo.com

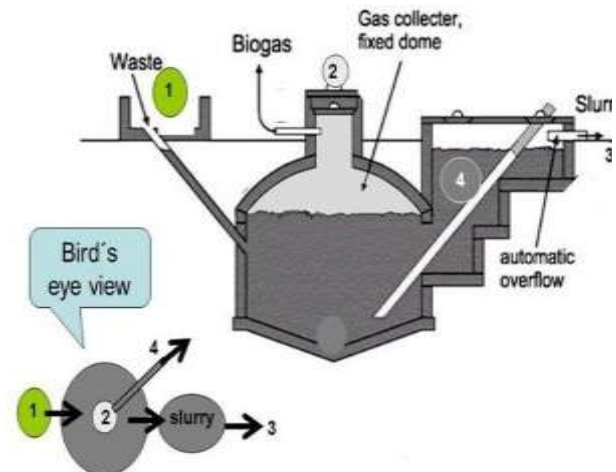
**Abstrak**—Telah dilakukan perancangan sistem monitoring flowrate, kandungan gas metana, dan tekanan guna mendapatkan informasi kondisi pada bioreaktor anaerob. Perancangan sistem monitoring ini dilakukan menggunakan bioreaktor yang ada di hutan Pakal Benowo, Surabaya. Biogas yang di hasilkan berasal dari kotoran sapi dari peternakan yang ada disana. Pada proses pembentukan biogas ini bioreaktor sangat rentan terhadap perubahan suhu lingkungan, jumlah substrat yang tidak stabil, dan juga pH. Variabel tersebut perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi kecepatan, dan kualitas biogas yang dihasilkan. Temperatur lingkungan menjadi salah satu faktor utama bagi aktivitas mikroba karena akan berdampak pada tekanan yang dihasilkan. jumlah substrat yang ada dalam bioreaktor akan menentukan volume sehingga flowrate dari bisa menjadi optimal. Pengaruh dari pH dalam bioreaktor dapat mempengaruhi konsentrasi  $CH_4$  yang dihasilkan dan akan sangat berpengaruh dalam menentukan kualitas biogas. Beberapa parameter tersebut perlu dilakukan monitoring supaya informasi aktual pada plant dapat terekam, dan kualitas dari biogas yang dihasilkan bisa lebih optimal. Monitoring yang dilakukan nantinya berupa kandungan gas metana, tekanan, dan juga flowrate. Sensor yang digunakan pada bioreaktor ini harus tahan terhadap korosif karena sifat dari biogas ini. Nantinya data dari pembacaan sensor akan ditampilkan pada GUI, dan kondisi dari bioreaktor yaitu stabil, upperload, dan underload beserta output tegangan dari setiap sensor yang digunakan.

**Kata Kunci**— Biogas, Monitoring, GUI.

## I. PENDAHULUAN

**B**IOREAKTOR Anaerob adalah sebuah proses yang didalamnya melibatkan suatu mikroorganisme yang tidak membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup dan berkembang biak, dimana proses tersebut berguna untuk mengubah limbah organik atau substrat menjadi biogas. Unsur utama penyusun dari biogas berupa gas metana ( $CH_4$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ). Selama proses pembentukan dari biogas tersebut bioreaktor sangat rentan terhadap perubahan suhu, substrat yang tidak stabil, dan juga pH [1]. Variabel tersebut perlu diperhatikan supaya mikroorganisme yang ada didalamnya tidak mengalami washout (matinya mikroorganisme yang mengakibatkan bioreaktor tidak dapat diolah lagi, dan memerlukan waktu pemulihan yang cukup lama supaya dapat digunakan kembali) [2].

Biogas yang diproduksi dari bioreaktor ketika waktu siang dan malam hari memiliki kecepatan yang berbeda karena temperature lingkungan mempengaruhi aktivitas mikroba sehingga berdampak pada tekanan yang dihasilkan [3]. serta perlunya mengetahui kandungan dari gas metana ( $CH_4$ ) dan



Gambar 1. Proses pembentukan biogas.

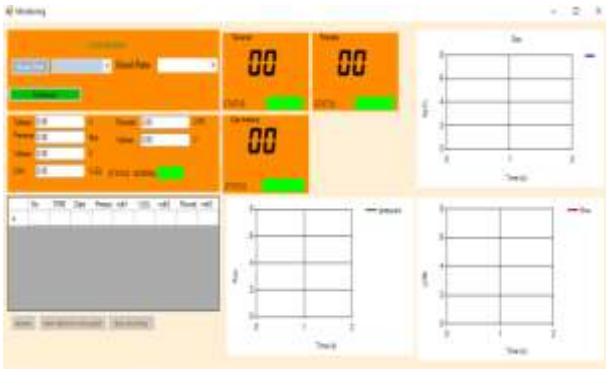
mass flowrate yang nilainya fluktuatif berperan penting dalam menentukan kualitas biogas [4]. Jika kandungan gas  $CH_4$  tinggi maka nilai kalornya tinggi dan sebaliknya jika kadar gas  $CO_2$  tinggi maka nilai kalornya rendah.

Beberapa parameter tersebut perlu dilakukan monitoring agar informasi aktual pada plant akan terekam, dan dapat diketahui keadaan didalam bioreaktor sehingga biogas yang dihasilkan bisa optimal [5]. Bioreaktor anaerob di hutan pakal belum dipasang sistem monitoring sehingga monitoring ini ditujukan untuk memantau kinerja serta mengetahui informasi kondisi informasi secara aktual dari proses pada bioreaktor anaerob biogas plant yaitu berupa kandungan gas metana, tekanan, dan juga flowrate. Perlunya melakukan monitoring untuk dapat mengetahui informasi kondisi dari bioreaktor yang nantinya akan diketahui 3 kondisi dari bakteri yaitu stabil, overload (kelebihan makanan), dan underload (kekurangan makanan) [6]. Banyaknya variabel yang berpengaruh dalam pembentukan biogas menjadikan bioreaktor sulit untuk dilakukan monitoring kondisinya. Dari hal tersebut nantinya akan digunakan logika fuzzy untuk mengolah data supaya dapat menentukan keadaan yang terjadi pada bioreaktor berdasarkan parameter yang diukur dan hasil pembacaan akan ditampilkan pada GUI beserta output tegangan dari setiap sensor yang digunakan [2].

Sistem monitoring kandungan gas metana, flowrate, dan tekanan guna mendapatkan informasi kondisi bioreaktor anaerob ini dilakukan untuk mengetahui kondisi stabil bioreaktor anaerob agar dapat menghasilkan biogas secara optimal, sehingga bioreaktor diminimalisir dalam mengalami kondisi washout. Dengan demikian sistem monitoring ini dapat memantau beberapa parameter yaitu kandungan gas



Gambar 2. Monitoring flowrate, kandungan gas metana, dan tekanan pada bioreaktor anaerob.



Gambar 3. GUI monitoring bioreaktor.

metana, flowrate dan tekanan yang nantinya diolah sehingga didapatkan sebuah informasi kondisi stabil, underload, dan overload dari bioreaktor anaerob.

## II. DASAR TEORI

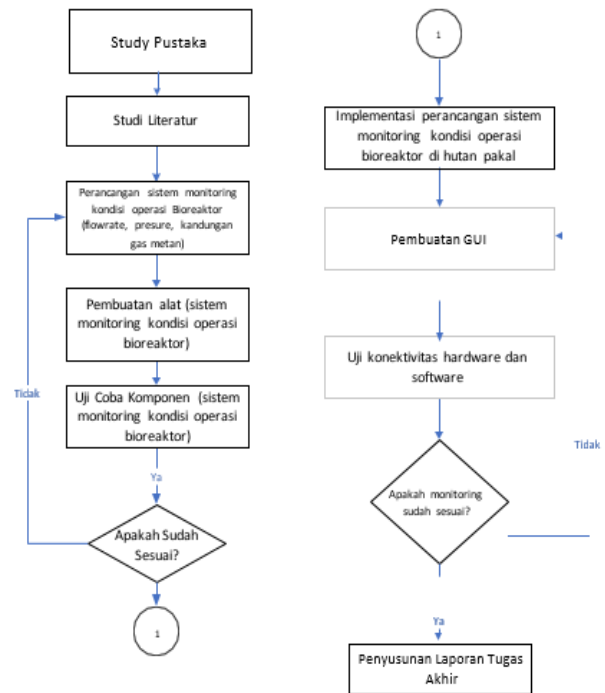
### A. Biogas

Biogas adalah suatu gas yang dihasilkan oleh aktivitas fermentasi dari bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia, hewan, sampah organik, maupun limbah organik yang biodegradable dalam kondisi telah mengalami fermentasi. Biogas mempunyai kandungan utama gas metana sebesar 55%-75% dan karbon 25-45% dioksida (Gambar 1).

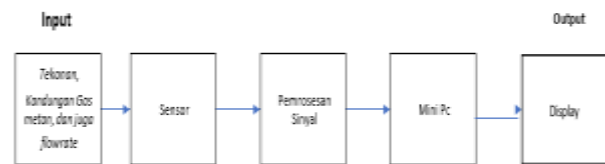
Gas metana memiliki nilai kalor yang tinggi. Untuk gas metan murni memiliki nilai kalor 8900 Kkal/m<sup>3</sup>. Sedangkan biogas sendiri memiliki nilai kalor sebesar 4800-6200 kkal/m<sup>3</sup>[7]. Biogas memiliki berbagai keunggulan dibanding dengan bahan bakar lain. Biogas lebih ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi udara, mengurangi efek rumah kaca. Sampah-sampah organik, kotoran sapi yang dibiarkan membusuk bisa menjadi gas metana yang berbahaya jika langsung lepas ke udara, sehingga dengan pemanfaatannya sebagai biogas bisa menekan polusi udara yang ditimbulkan oleh gas metana. Pada hutan pakal biogas dihasilkan dari peternakan sapi yang ada disana, dimana kotoran sapi sendiri memiliki kadar C/N ratio sekitar 24 [8]. Untuk mengolah menjadi biogas diperlukan penambahan air dengan perbandingan 1:1 untuk kotoran sapi yang masih segar. Kotoran sapi dapat menghasilkan gas metana berkisar 0,023 – 0,040 m<sup>3</sup> (dihasilkan setiap Kg kotoran sapi).

### B. Monitoring Bioreaktor Anaerob

Monitoring adalah suatu proses mengukur, mencatat, melakukan komunikasi terhadap suatu informasi yang mana data dikumpulkan secara *realtime* (Gambar 2). Tujuan



Gambar 4. Flowchart tugas akhir sistem monitoring.



Gambar 5. Diagram blok sistem monitoring.

dari dilakukannya monitoring pada produksi biogas untuk tetap menjaga agar biogas yang diproduksi tetap berada pada range set point yang telah ditentukan (Sulaeman, 2003). Bioreaktor yang digunakan di hutan pakal adalah jenis *fixed dome* dimana untuk tipe ini bioreaktor ini memiliki volume tetap, seiring dengan dihasilkannya biogas, terjadi peningkatan tekanan didalam bioreaktor [9]. Temperatur lingkungan berpengaruh terhadap monitoring yang saya lakukan (kandungan gas metana, *flowrate*, dan tekanan) dimana pada kecepatan pertumbuhan bakteri untuk kondisi ideal berada di 30-40°C dan pH ideal 6,5-7,5 [10]. Pada kondisi normal, tekanan yang terukur didalam bioreaktor adalah 0,1 – 0,15 bar [11]. Dalam proses pembentukan biogas, kandungan gas metana sangat berpengaruh terhadap kualitas yang dihasilkan, dimana untuk kondisi stabil berada diantara 50%-90% LEL [12]. Pada bioreaktor anaerob, *substrat* yang masuk merupakan makanan bagi mikroorganisme yang tumbuh didalam bioreaktor. Perubahan jumlah substrat yang masuk secara berlebihan dalam reaktor mengakibatkan kematian mikro organisme karena sifat dari bioreaktor yang sangat sensitif [13]. Apabila terjadi dalam waktu yang lama maka dapat terjadi proses pencucian mikroorganisme, efek ini disebut *washout*.

### C. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah suatu logika yang memiliki nilai kesamaran antara benar dan salah. Logika *fuzzy* merupakan salah satu metodologi yang cocok diaplikasikan pada sistem kontrol yang membutuhkan penalaran untuk menyelesaikan masalah. Dalam logika *fuzzy* memungkinkan memiliki nilai anggota diantara 0 dan 1, artinya bisa saja dalam suatu

Tabel 1.  
Spesifikasi Sensor Gas BH-60

Gas Detected	CH4
Sampling Method	wall, pipeline, flow-through (with the monitoring of the environment-related)
Resolution	1%LEL
Output signal	4-20mA
Response Time	≤30S
Recovery Time	≤10S
Linearity error	≤±1%
Zero shift	≤±1% (FS / year)
Working temperature	-20°C-55°C
Explosion-Proof	Ex d II CT6
Working voltage	DC 24V
Dimensions	190×150×95mm
CH4	0-100% LEL

Tabel 2.  
Spesifikasi Sensor Tekanan PSS-C01A

Pressure Ranges	-101.3 – 100KpA
Catu Daya	12-36 Vdc
Tingkat Proteksi	Stainless Steel 316L
Pressure type	Fluida, Pneumatic
Output signal	4-20mA
Pressure connection	R1/8
Berat	26 g

Tabel 3.  
Spesifikasi Sensor

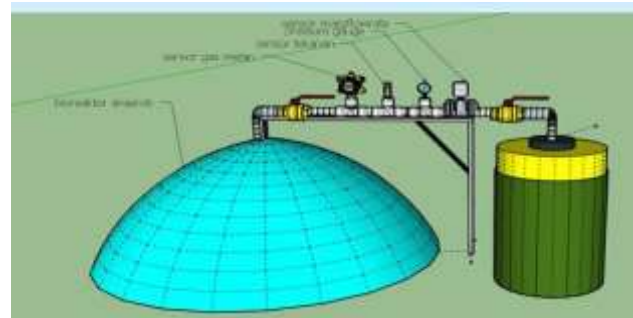
Range Pengukuran	0-0,018m <sup>3</sup> /h
Aplicable Gas	air and nitrogen
Accuracy	±4%FS
Repeability	±1%FS
Ambient temperature	-20 to 70 °C
Ambient Humidity	95% RH, 40 °C
Rated Voltage	5VDC
Current	10 mADC
Consumsion	
Connection	6mm

keadaan memiliki nilai "ya dan tidak" secara bersamaan, namun besaran nilai tergantung pada bobot yang dimilikinya.

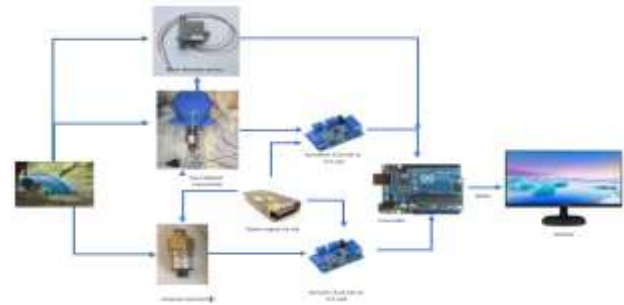
Dimana untuk logika *fuzzy* yang saya gunakan nantinya akan memiliki 3 input yaitu nilai dari pembacaan dari sensor kandungan gas metana, *flowrate*, dan tekanan. Nantinya hasil dari pengolahan data akan digunakan untuk menentukan kondisi dari bioreaktor apakah dalam kondisi stabil, *underload*, dan *overload*.

D. GUI

GUI (*Graphical User Interface*) antarmuka yang digunakan oleh pengguna untuk melakukan interaksi dengan sistem operasi melalui grafik, ikon, menu, dan menggunakan beberapa jenis input seperti mouse, keyboard, touchscreen, dan lain- lain. Salah satu keunggulan dari aplikasi yang dibuat menggunakan GUI adalah waktu yang digunakan relatif singkat, bisa menampilkan beberapa metode dalam satu GUI. Nantinya GUI akan dibuat menggunakan *software visual studio*. Dalam pembuatan GUI, UML adalah harus diperhatikan. Untuk dapat menampilkan hasil monitoring parameter biogas pada PC, maka perlu membuat form pada visual studio, lalu pada form tersebut diberi komponen seperti *label text*, *textbox*, *button*, dan lain-lain supaya user bisa mengerti apa yang ditampilkan oleh GUI (Gambar 3).



Gambar 6. Desain 3D sistem monitoring untuk mengetahui informasi kondisi dari bioreaktor.



Gambar 7. Desain sistem monitoring untuk mengetahui informasi kondisi dari bioreaktor.



Gambar 8. Sensor gas metana.

III. METODOLOGI

A. *Prosedur Penelitian*

Adapun tahapan-tahapan pada penelitian ini dapat dijabarkan melalui flowchart pada Gambar 4.

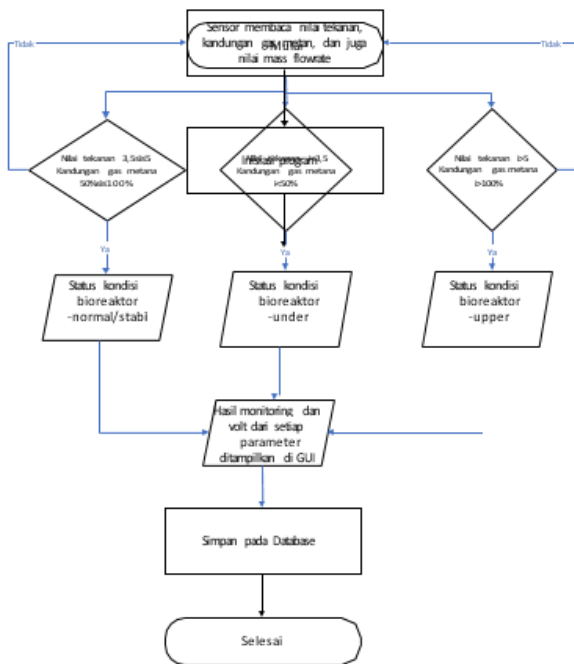
B. *Perancangan Sistem Monitoring Informasi Kondisi Bioreaktor*

Dalam pembuatan sistem *monitoring flowrate*, kandungan gas metan, dan tekanan guna mendapatkan informasi kondisi pada bioreaktor anaerob terdapat diagram blok monitoring yang terlihat pada Gambar 5. Dimana untuk input dari sensor berupa tekanan, kandungan gas metana, dan *flowrate*, lalu data yang dikirim ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

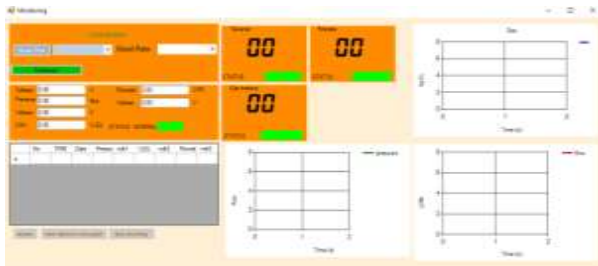
Pada Gambar 7, sensor gas metana digunakan untuk mengirimkan sinyal output ke mini PC agar dapat ditampilkan ke PC/GUI. Sensor ini digunakan untuk sistem monitoring kondisi operasi bioreaktor anaerob ini menggunakan sensor gas BH-60 yang memiliki *range* pengukuran gas metana sebesar 0-100% LEL dan tahan terhadap korosi yang disebabkan oleh gas *H<sub>2</sub>S*. Data spesifikasi sensor dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 8.

Sensor tekanan yaitu sensor auonics PSS-C01A yang dapat mengukur tekanan dengan *range* -100,3-101 kpa, memiliki output sinyal 4-20 mA (Tabel 2). Sensor *mass flowrate* ini saya menggunakan sensor *mass flowrate* CFA100 dimana





Gambar 9. Flowchart pemrograman monitoring untuk mengetahui informasi kondisi bioreaktor.



Gambar 10. Display monitor.



Gambar 11. Signal conditioning.

memiliki range pengukuran gas  $0-0,018 \text{ m}^3/\text{h}$ . Tabel 3 merupakan spesifikasi sensor.

C. Flowchat Pemrograman

Pada Gambar 9 merupakan flowchart program monitoring untuk mengetahui informasi dari kondisi bioreaktor, dimana nilai hasil dari pengukuran nantinya dianalisis sehingga didapatkan 3 kondisi yaitu upper, stabil, dan under. Informasi kondisi ini nantinya akan ditampilkan pada GUI beserta dengan nilai tegangan yang terbaca pada sensor yang digunakan, data hasil monitoring direkam dan disimpan pada database.

Adapun display berisi tampilan monitoring informasi kondisi bioreaktor ditunjukkan pada Gambar 10. Pada Gambar 10 merupakan display GUI monitoring kondisi operasional bioreaktor anaerob, desain ini nantinya akan dibuat menggunakan software Visual Studio dengan menggunakan Bahasa Visual Basic. Lalu untuk halaman selanjutnya merupakan desain tampilan data dari monitoring kondisi operasi biogas yang menunjukkan kondisi realtime



Gambar 12. Alat pengujian.



Gambar 13. Validasi sensor tekanan.

Tabel 4. Validasi Sensor

No.	Pressure Gauge	Pressure Sensor	Koreksi	Error (%)
1	0,9	1,11	-0,21	0,233
2	0,9	1,12	-0,22	0,244
3	0,9	1,11	-0,21	0,233
4	0,9	1,11	-0,21	0,233
5	0,9	1,11	-0,21	0,233
6	0,9	1,11	-0,21	0,233
7	0,9	1,13	-0,23	0,256
8	0,9	1,13	-0,23	0,256
9	0,9	1,13	-0,23	0,256
10	0,9	1,13	-0,23	0,256
11	0,9	1,1	-0,2	0,222
12	0,9	1,11	-0,21	0,233
13	0,9	1,11	-0,21	0,233
14	0,9	1,11	-0,21	0,233
15	0,9	1,11	-0,21	0,233
16	0,9	1,11	-0,21	0,233
17	0,9	1,11	-0,21	0,233
18	0,9	1,11	-0,21	0,233
19	0,9	1,12	-0,22	0,244
20	0,9	1,12	-0,22	0,244
21	0,9	1,12	-0,22	0,244
22	0,9	1,12	-0,22	0,244
23	0,9	1,1	-0,2	0,222
Rata-rata		1,114782609	0,21478	0,239

dari plant. Data hasil pengukuran ini juga di rekam dan disimpan pada data base. Pada Gambar 11, konverter ini berfungsi untuk melakukan konversi dari nilai keluaran transmitter agar dapat diinputkan pada mini PC. Nilai keluaran dari transmitter yang berupa arus nantinya dikonversi menjadi tegangan 0-5volt supaya kontroller dapat membaca sinyal dari transmitter.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

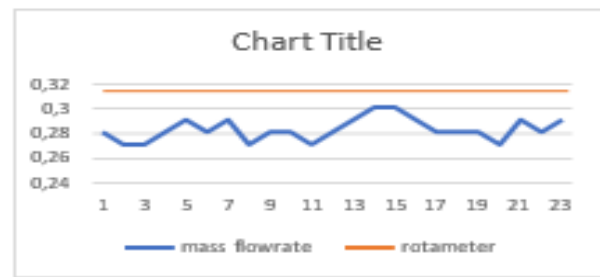
A. Pengujian Sensor Tekanan

Pengujian perkomponen dilakukan untuk memvalidasi nilai sensor tekanan dari bioreaktor anaerob dengan nilai yang terukur pada pressure gauge. Pengujian dilakukan dengan melakukan sampling sebanyak 23 data (Gambar 12 dan Tabel 4).

Dari hasil pengukuran pada Tabel 4 dapat dilihat hasil grafik dari nilai pembacaan sensor dengan alat ukur standar



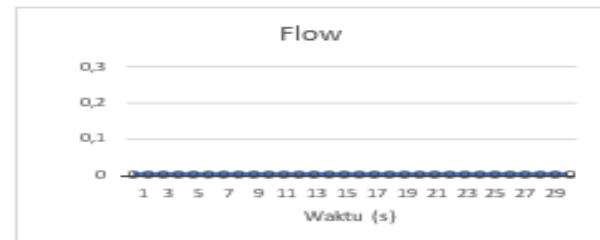
Gambar 14. Validasi sensor gas metana boosean bh-60 dengan gas detector.



Gambar 17. Grafik pengujian sensor mass flowrate.



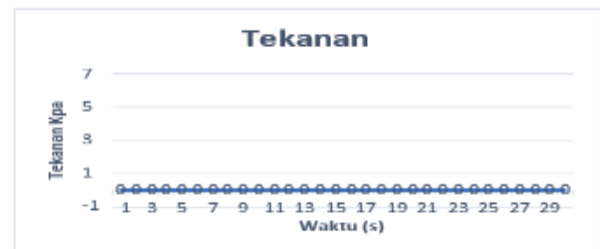
Gambar 15. Grafik validasi sensor gas metana.



Gambar 18. Grafik uji kinerja sensor mass flowrate.



Gambar 16. Validasi sensor mass flowrate menggunakan rotameter.



Gambar 19. Grafik uji kinerja sensor tekanan.

Tabel 5. Pengujian Sensor Gas Metana

No.	Pembacaan tandar Gas detector (%LEL)	Pembacaan transmitter	Koreksi	Error (%)
1	57	56,38	0,62	0,010877
2	57	56,38	0,62	-0,01088
3	57	56,38	0,62	-0,01088
4	57	56,38	0,62	-0,01088
5	57	56,5	0,5	-0,00877
6	57	56,5	0,5	-0,00877
7	57	56,5	0,5	-0,00877
8	57	56,5	0,5	-0,00877
9	57	56,5	0,5	-0,00877
10	57	56,5	0,5	-0,00877
11	57	56,62	0,38	-0,00667
12	57	56,62	0,38	-0,00667
13	57	56,62	0,38	-0,00667
14	57	56,62	0,38	-0,00667
15	57	56,62	0,38	-0,00667
16	57	56,62	0,38	-0,00667
17	57	56,62	0,38	-0,00667
18	57	56,62	0,38	-0,00667
19	57	56,62	0,38	-0,00667
20	57	56,62	0,38	-0,00667
21	57	56,62	0,38	-0,00667
22	57	56,62	0,38	-0,00667
23	57	56,62	0,38	-0,00667
Rata-rata		56,547	0,453	-0,007

Tabel 6. Pengujian Sensor Mass flowrate CFA-100

No.	Mass Flowrate	Rotameter	Koreksi	Error (%)
1	0,28	0,3	-0,02	0,071429
2	0,27	0,3	-0,03	0,111111
3	0,27	0,3	-0,03	0,111111
4	0,28	0,3	-0,02	0,071429
5	0,29	0,3	-0,01	0,034483
6	0,28	0,3	-0,02	0,071429
7	0,29	0,3	-0,01	0,034483
8	0,27	0,3	-0,03	0,111111
9	0,28	0,3	-0,02	0,071429
10	0,28	0,3	-0,02	0,071429
11	0,27	0,3	-0,03	0,111111
12	0,28	0,3	-0,02	0,071429
13	0,29	0,3	-0,01	0,034483
14	0,3	0,3	0	0
15	0,3	0,3	0	0
16	0,29	0,3	-0,01	0,034483
17	0,28	0,3	-0,02	0,071429
18	0,28	0,3	-0,02	0,071429
19	0,28	0,3	-0,02	0,071429
20	0,27	0,3	-0,03	0,111111
21	0,29	0,3	-0,01	0,034483
22	0,28	0,3	-0,02	0,071429
23	0,29	0,3	-0,01	0,034483
rata-rata	0,28217	0,3	0,01783	0,064206

supaya dapat dilakukan perbandingan. Sehingga nantinya dapat diketahui apakah sensor yang digunakan masih layak pakai atau tidak.

Berdasarkan data yang diperoleh pada Gambar 13 saat membandingkan pembacaan alat dengan menggunakan pressure gauge, data diambil sebanyak 23 data diambil pada siang hari dengan kondisi cuaca cerah. Pengujian ini menghasilkan rata-rata tekanan sebesar 1,114782609 KpA. Sedangkan hasil pengukuran dengan menggunakan pressure

gauge didapatkan rata rata tekanan sebesar 0,9 KpA. Pressure transmitter yang digunakan ini nilai koreksi dari pembacaan dengan rata-rata 0,21478 dan akurasi dari sensor yaitu sebesar 1,22%, dengan standar deviasi sebesar 0,0087821 dan eror dari sensor sebesar 0,239%.

#### B. Pengujian Sensor Gas Metana Boosean BH-60

Pengujian perkomponen dilakukan untuk memvalidasi nilai sensor gas metana dari bioreaktor anaerob dengan nilai

yang terukur pada gas metana detector (Gambar 14 dan Tabel 5).

Dari data hasil pengukuran Tabel 5 dapat dilihat hasil grafik dari perbandingan nilai alat uji dan standar, nilai data pengujian diambil dalam waktu 23 detik dengan kondisi pada siang hari dan cuaca cerah. Dimana pada kondisi tersebut bakteri dapat berkembang dengan baik sehingga biogas yang dihasilkan bisa optimal. Dibawah ini merupakan grafik hasil pengujian sensor gas metana Bosean BH-60 dengan gas detector (Gambar 15). Berdasarkan data yang diperoleh dengan membandingkan pembacaan sensor gas metana dan gas detector sebagai alat ukur standar dimana hasil dari pengujian ini menghasilkan rata-rata kandungan gas metana sebesar 56, 54 %LEL. Sedangkan hasil pengukuran dengan menggunakan gas detector didapatkan rata-rata pengukuran sebesar 57% LEL. Gas transmitter yang digunakan ini memiliki nilai koreksi dari pembacaan yaitu 0,453 dan akurasi dari sensor yaitu sebesar 1,008% dan standar deviasi dari nilai pengukuran sebesar 0,09186 dimana rumus untuk mencarinya telah dibahas pada bab 2. Dengan karakteristik yang didapatkan, maka pembacaan sensor sudah mendekati dengan pembacaan standar, dan dapat dikatakan bahwa pembacaannya valid.

### C. Pengujian Sensor Mass Flowrate

Pengujian perkomponen dilakukan untuk memvalidasi nilai sensor mass flowrate dari bioreaktor anaerob dengan nilai yang terukur pada rotameter (Gambar 16 dan Tabel 6).

Pengukuran dengan nilai tetap ini dilakukan pada siang hari dengan kondisi cuaca cerah, sehingga biogas yang dihasilkan dalam kondisi baik. Dari data hasil pengukuran pada nantinya data akan dibuat dalam bentuk grafik dari nilai pembacaan sensor dengan alat ukur standar supaya dapat dilakukan perbandingan. Berikut adalah grafik hasil pengujian dari sensor massflowrate CFA 100 (Gambar 17).

### D. Uji Kinerja Sistem Monitoring Flowrate, Kandungan Gas Metana, dan Tekanan

Gambar 17 adalah hasil pengujian sistem monitoring flowrate, kandungan gas metana, dan tekanan. Dapat diketahui bahwa grafik pada Gambar 18 dan Gambar 19 bahwa nilai dari sistem monitoring tersebut 0, dikarenakan bioreaktor tersebut mengalami washout. Ketika hal tersebut terjadi karena parameter-parameter yang ada didalamnya tidak dijaga sehingga bakteri yang ada didalam bioreaktor mengalami kematian.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perancangan sistem monitoring kandungan gas metana, flowrate, dan tekanan guna mendapatkan informasi kondisi bioreaktor anaerob dapat

diambil kesimpulan yaitu: (1) Sistem monitoring flow, kandungan gas metana, dan tekanan guna memperoleh informasi kondisi bioreaktor anaerob ini dirancang menggunakan sensor gas metana bosean BH-60 yang dapat mengukur kandungan gas metana dengan range 0-100 %LEL, sensor massflowrate CFA-100, dan sensor tekanan PSS-C01A yang nantinya datanya diproses pada kontroller dan GUI ditampilkan pada layar monitor. (2) Pada bioreaktor ini harus dijaga kestabilan dari parameter-parameter yang ada supaya tidak mengalami washout atau kematian dari bakteri yang ada didalamnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Rutz *et al.*, "The Biogas Market in Southern and Eastern Europe: Promoting Biogas by Non-Technical Activities," in *Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition*, 2008, pp. 2501–2505.
- [2] J. F. Beteau, T. Soehartanto, and F. Chaume, "Model based selection of an appropriate control strategy application to an anaerobic digester," *Math. Comput. Model. Dyn. Syst.*, vol. 5, no. 4, pp. 372–389, 1999, doi: 10.1076/mcmd.5.4.372.3674.
- [3] M. A. Sari, M. R. Kirom, and A. Qurthobi, "Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Produksi Biogas pada Reaktor Anaerobic Buffered Reactor (ABR)," in *eProceedings of Engineering*, 2018, vol. 5, no. 3.
- [4] G. Lissens, P. Vandevivere, L. De Baere, E. M. Biey, and W. Verstraete, "Solid waste digestors: process performance and practice for municipal solid waste digestion," *Water Sci. Technol.*, vol. 44, no. 8, pp. 91–102, Oct. 2001, doi: 10.2166/wst.2001.0473.
- [5] B. Drogg, *Process Monitoring in Biogas Plants*, 1st ed. France: IEA Bioenergy Paris, 2013.
- [6] H. Huang, B. F. J. Bowler, T. B. P. Oldenburg, and S. R. Larter, "The effect of biodegradation on polycyclic aromatic hydrocarbons in reservoir oils from the Liaohai basin, NE China," *Org. Geochem.*, vol. 35, no. 11–12, pp. 1619–1634, 2004.
- [7] M. A. Noor, M. Waseem, and K. I. Noor, "New iterative technique for solving a system of nonlinear equations," *Appl. Math. Comput.*, vol. 271, pp. 446–466, 2015, doi: 10.1016/j.amc.2015.08.125.
- [8] A. A. Caraka, H. Haryanto, D. P. Kusumaningrum, and S. Astuti, "Logika fuzzy menggunakan metode tsukamoto untuk prediksi perilaku konsumen di toko bangunan," *Techno. Com*, vol. 14, no. 4, pp. 255–265, 2015, doi: 10.33633/tc.v14i4.970.
- [9] T. Soehartanto, S. Sarwono, and R. D. Noryati, "Pengembangan Teknologi Purifikasi Biogas (Kandungan Gas H<sub>2</sub>S Dan CO<sub>2</sub>) dengan Mempergunakan Kombinasi Wet Scrubber-Batu Gamping," in *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 2018, no. 2.
- [10] F. P. Arianto and P. A. Tiyas, "Pemanfaatan Limbah Cair Vinas Industri Bioethanol Menjadi Biogas Menggunakan Biodigester," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [11] W. Sasongko, "Perancangan Sistem Monitoring Koefisien Kecepatan Pertumbuhan Mikroorganisme pada Bioreaktor Anaerob dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2011.
- [12] F. Muzakki and M. Katherin, "Perancangan Sistem Monitoring Dinamik pada Sistem Kontrol Bioreaktor Anaerob Menggunakan Metode Multivariate Statistical Process Control," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2010.
- [13] M. Mara, "Analisis penyerapan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan larutan NaOH terhadap kualitas biogas kotoran sapi," *Din. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, 2012.