

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI PROSES PRODUKSI BIOGAS

Alieffiaul Roja¹, Jamaluddin², Azhar³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: aalieffiaulrojaa@gmail.com¹, jamalte882@gmail.com², azhar@pnl.ac.id³

Abstrak –Pada penelitian ini dibuatlah sistem kendali proses produksi biogas secara otomatis memanfaatkan mikrokontroler arduino uno. Hasil yang diharapkan, alat ini dapat mengoptimalkan proses pembuatan biogas pada skala kecil serta dapat membangun sistem monitoring dan kendali pada reaktor biogas menggunakan mikrokontroler arduino uno. Biogas yang terbentuk dapat dijadikan sebagai bahan bakar karena mengandung gas metana (CH₄) yang mudah terbakar. Gas yang timbul dari proses ini akan dideteksi oleh sensor gas. Berdasarkan pengukuran dan pengujian diketahui bahwa terjadi error pembacaan sebesar 2.2%.

Kata Kunci : *Biogas, Mikrokontroler Arduino Uno, Metana, Hidrogen Sulfida*

I. PENDAHULUAN

Biogas adalah salah satu inovasi yang dihasilkan untuk membantu kelangkaan sumber daya minyak. Biogas dihasilkan dari sistem penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme sehingga dapat dijadikan sebagai sumber daya alternatif yang ramah lingkungan. Biogas dapat dibuat dengan menggunakan kotoran ternak seperti kotoran sapi. Biasanya kotoran sapi itu hanya dibiarkan mengering di suatu lahan dan digunakan untuk penyuburan tanah atau tanaman. Kondisi ini tentu dapat merusak lingkungan, terutama pencemaran udara. Sebab kotoran sapi yang masih basah menimbulkan bau tidak sedap.

Kotoran sapi mengandung nitrogen, fosfor dan kalium yang merupakan kandungan nutrisi utama untuk bahan pengisi biogas [1]. Proses pembuatan biogas dari kotoran sapi terjadi karena adanya dekomposisi bahan organik secara anaerob (tertutup dari udara bebas). Proses ini akan menghasilkan suatu gas yang sebagian besar mengandung metana dan karbondioksida (CO₂). Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah berkisar antara 25-55C. Saat suhu tersebut, mikroorganisme dapat bekerja secara optimal untuk merombak bahan-bahan organik[2]. Proses pembuatan biogas menghasilkan tekanan dan gas pada tabung reaktor. Pengendalian tekanan bertujuan untuk menjaga reaktor dapat bekerja secara efektif dan aman. Perolehan biogas berubah berdasarkan lamanya waktu proses dapat diukur menggunakan sensor gas [3].

Berdasarkan beberapa pernyataan diatas, penulis akan membuat sistem kendali proses produksi biogas secara otomatis memanfaatkan mikrokontroler arduino uno. Hasil yang diharapkan, alat ini dapat mengoptimalkan proses pembuatan biogas pada skala kecil serta dapat membangun sistem monitoring dan kendali pada reaktor biogas menggunakan mikrokontroler arduino uno. Alat ini terdiri dari 3 buah tabung utama yang memiliki fungsi masing-masing yaitu tabung fermentasi, tabung purifikasi dan tabung penampungan. Selain itu alat ini dilengkapi dengan berbagai komponen elektronik antara lain, sensor gas MQ-4 dan MQ-135, sensor tekanan, solenoid valve, relay

dan LCD. Kotoran sapi akan dicampurkan dengan air dengan perbandingan 1:1, proses pengadukan dilakukan secara manual. Kemudian campuran ini di masukkan ke tabung fermentasi. Setelah gas biogas terbentuk barulah dilakukan proses purifikasi (pemisahan/pemurnian antara air dan gas). Kemudian biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

Beberapa penelitian mengenai sistem kendali proses produksi biogas sebelumnya pernah dibuat. diantaranya, sistem kontrol kekentalan dan temperatur pada digester anaerob (biogas). Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler yang sama yaitu arduino uno. Akan tetapi fokus penelitian ini hanya pada proses fermentasi yaitu sistem kontrol bagi pengaturan kekentalan dan suhu pada digester anaerob yang berlangsung secara thermophylic. Kekentalan pada campuran kotoran sapi dan air di ukur menggunakan sensor viskositas [4].

Sistem kendali biogas memanfaatkan sensor gas MQ-4. Pemanfaatan sensor gas ini ialah untuk mendeteksi gas metana pada limbah ternak sapi, kerbau dan kuda [5].

Analisis sistem kendali dua posisi pada solenoid valve untuk produk biogas control and monitoring (common-bigot) from animal waste. Mikrokontroler menggunakan arduino mega2560 serta sistem kendali memanfaatkan sistem kendali on/off [6].

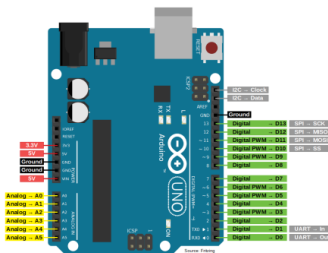
Rancangan proyek akhir ini merupakan pengembangan dari perancangan alat sebelumnya. Alat ini terdiri dari 3 buah tabung utama yang memiliki fungsi masing-masing yaitu tabung fermentasi, tabung purifikasi dan tabung penampungan.

B. Biogas

Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang sekarang banyak dikembangkan. Selain murah, biogas juga ramah lingkungan. Metan (CH_4) merupakan unsur gas yang menentukan kualitas biogas [7]. Bila biogas memiliki kadar metan yang tinggi maka biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Biogas merupakan hasil dekomposisi bahan organik melalui proses fermentasi anaerob yang menghasilkan gas bio berupa gas metana (CH_4) yang dapat dibakar. Daerah terpencil yang belum mendapat suplai energi listrik dari PLN diharapkan mampu mengembangkan sumber energi listrik secara mandiri dengan menggunakan biogas sebagai sumber energi.

C. Arduino Uno

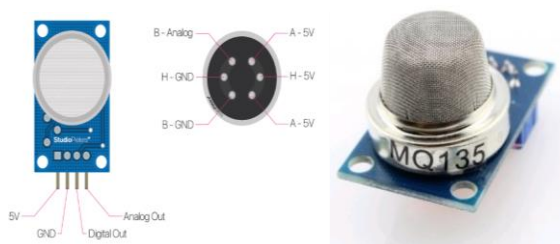
Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Setiap 14 pin digital pada arduino uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalwrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara *default*) 20-50 kOhm [8]. Arduino uno dapat dilihat pada Gambar 1.



Gbr. 1 Arduino Uno

D. Sensor MQ-135

MQ-135 adalah sensor udara untuk mendeteksi gas amonia (NH_3), natrium-(di)oksida (NO_x), alkohol / ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), benzena (C_6H_6), karbon dioksida (CO_2), gas belerang / sulfur-hidroksida (H_2S) dan gas – gas lainnya yang ada di atmosfer. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog di pin keluarannya. Sensor MQ-135 dapat di lihat pada Gambar 2.



Gbr. 2 Sensor MQ-135

E. Sensor MQ-4

MQ-4 adalah komponen elektronika untuk mendeteksi kadar gas alam terkompresi / CNG (compressed natural gas) utamanya mengandung gas metana (methane, CH_4) yang merupakan bentuk paling sederhana dari hidrokarbon. Keluaran sensor ini berupa resistansi analog yang dengan mudah dapat dikonversi menjadi tegangan dengan menambahkan satu resistor biasa. Dengan mengkonversi impedansi ini menjadi tegangan, hasil bacaan sensor dapat dibaca oleh pin ADC (analog to digital converter) pada mikrokontroler. Sensor mq-4 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gbr. 3 Sensor MQ-4

F. Sensor MPX5700AP

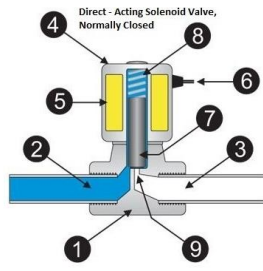
Sensor tekanan berbahan silikon piezoresistive seri MPX5700AP memberikan keluaran tegangan yang sangat akurat dan sebanding dengan tekanan yang berlaku. Sensor ini menyimpan sebuah silikon Sensor tekanan MPX5700AP ini memiliki 6 kaki, hanya 3 kaki yang digunakan dan 3 kaki lainnya tidak digunakan. Untuk 3 kaki yang digunakan, pada kaki pin 1 dipakai untuk tegangan output, pada kaki pin 2 dipakai untuk ground, dan kaki pin 3 digunakan untuk sumber tegangan 5 volt. Sensor tekanan uap bias di lihat pada Gambar 4.



Gbr. 4 Sensor MPX5700AP

G. Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan / selenoida. Solenoid valve ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Contohnya pada sistem pneumatik, solenoid valve bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator pneumatik (cylinder). Contoh solenoid valve dapat dilihat pada Gambar 5.



Gbr. 5 Solenoid Valve

H. Relay

Secara sederhana relay adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan aliran listrik pada rangkaian dengan kontrol berupa tegangan yang masuk ke coilnya. Relay memanfaatkan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, pada saat tegangan mengalir coil, maka medan magneti yang timbul sesuai prinsip elektromagnetik akan menarik kontak sehingga posisi kontak akan berubah dari posisi OFF (NC) ke posisi ON (NO). Perbedaan atau perubahan posisi NC (Normally Close) ke NO (Normally Open) saat relay diberi tegangan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gbr. 6 Prinsip Kerja Relay

I. Power Supply

Catu Daya atau sering disebut dengan *Power Supply* adalah sebuah piranti yang berguna sebagai sumber listrik untuk piranti lain. Pada dasarnya Catu Daya bukanlah sebuah alat yang menghasilkan energi listrik saja, namun ada beberapa Catu Daya yang menghasilkan energi mekanik, dan energi yang lain. Daya untuk menjalankan peralatan elektronik dapat diperoleh dari berbagai sumber. Baterai dapat menghasilkan suatu ggl dc dengan reaksi kimia. Foton dari panas atau cahaya yang berasal dari matahari dapat diubah menjadi energi listrik dc oleh sel-foto (photocell). Power supply dapat dilihat pada Gambar 8.

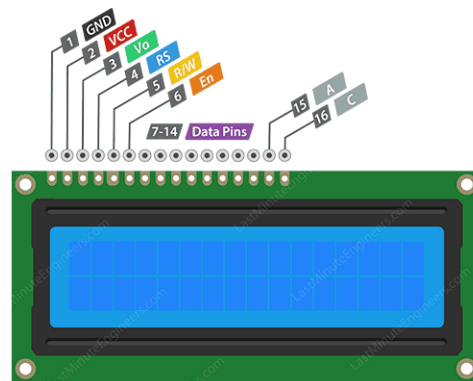


Gbr. 7 Power Supply

J. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium

oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Sesuai dengan namanya LCD (*liquid crystal display*), maka panel display yang dimaksud bekerja berdasarkan efek cahaya yang dipantulkan/transmisikan oleh bahan kristal tertentu yang dalam hal ini berupa kristal cairan dengan karakteristik tertentu. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya. Pin out LCD 16x2 di tunjukkan pada Gambar 9.

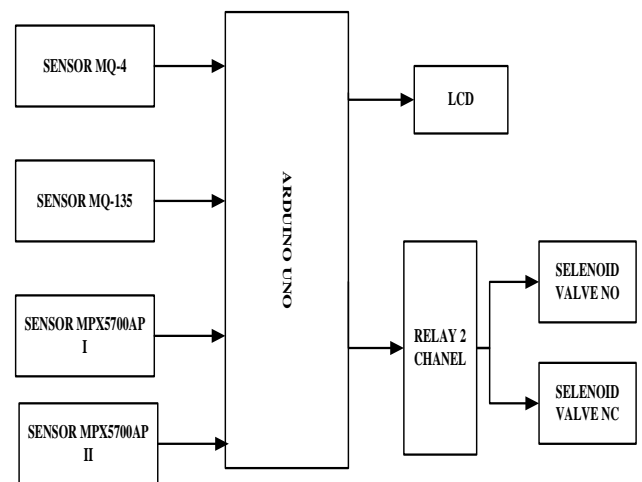


Gbr. 8 Pinout LCD 16x2

III. METODOLOGI

A. Diagram Blok

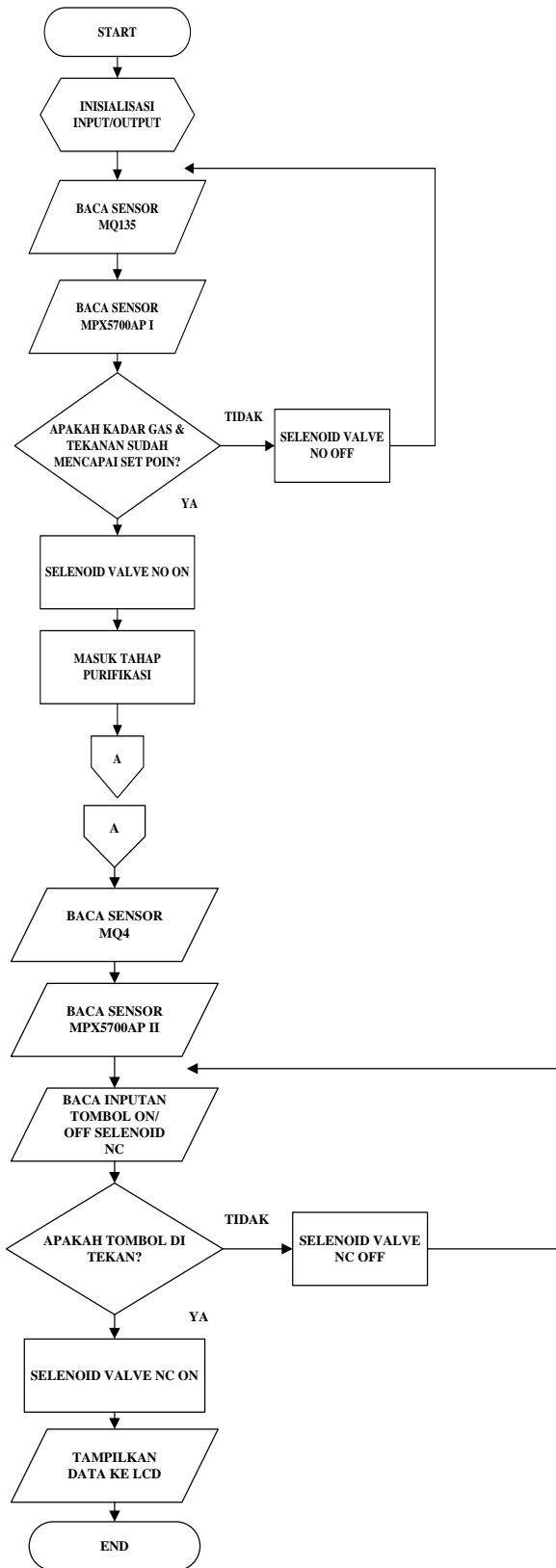
Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 9.



Gbr. 9 Blok Diagram Sistem

B. Flowchart Sistem

Prinsip kerja sistem kendali produksi biogas secara umum dapat dilihat melalui diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 10



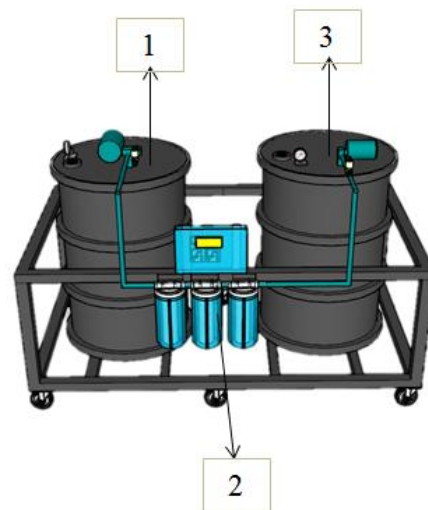
Gbr. 10 Flowchart Sistem

C. Prinsip Kerja Alat

Pada penelitian ini penulis membuat sebuah alat produksi biogas memanfaatkan mikrokontroler arduino uno. Alat ini dilengkapi dengan sensor gas MQ-4 dan MQ-135, sensor tekanan, solenoid valve relay dan LCD. Mula-mula kotoran sapi dicampurkan dengan air menggunakan pengadukan (*mixing*) yang dilakukan secara manual sampai. Kemudian campuran ini di masukkan ketabung fermentasi. Di dalam tabung tersebut, kotoran dicerna dan difermentasi oleh bakteri yang menghasilkan gas metan serta gas-gas lain. Gas yang timbul dari proses ini akan dideteksi oleh sensor gas MQ135. Setelah gas terbentuk sempurna, solenoid valve I akan aktif dan mengalirkan gas yang dihasilkan ke tabung purifikasi (pemurnian). Proses purifikasi dilakukan menggunakan 3 tahap. Tahap pertama purifiksasi menggunakan air untuk menghilangkan kadar CO₂, tahap ke-2 menggunakan pasir kucing/ *cat litter* untuk mengeringkan biogas, sedangkan tahap ke-3 menggunakan wol baja untuk menghilangkan H₂S. Setelah proses purifikasi selesai barulah gas yang dihasilkan masuk ke tabung penampungan. Tabung penampungan dilengkapi dengan sensor MPX5700AP dan solenoid valve. Ketika sensor MPX5700AP mendeteksi tekanan pada tabung penampungan sudah mencapai set poin maka solenoid valve II akan terbuka dan biogas sudah bisa dipergunakan.

D. Perancangan Mekanik

Berikut ini merupakan gambaran rancangan alat yang akan dibangun dalam bentuk *real*. Desain 3D sistem kendali produksi biogas secara umum dapat dilihat pada Gambar 11.



Gbr. 11 Desain 3D sistem kendali produksi biogas

Adapun kerterangan Gambar 11 dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
Keterangan Tabung Pada Sistem Kendali
Produksi Biogas

No	Nama Tabung	Keterangan
1.	Tabung Fermentasi	Tabung ini berfungsi sebagai wadah proses fermentasi kotoran sapi dan air hingga biogas terbentuk
2.	Tabung purifikasi	Merupakan tabung proses pemurnian biogas
3.	Tabung Penampungan	Digunakan untuk menampung biogas hasil purifikasi, apabila tekanan biogas yang terukur pada tabung ini sudah mencapai set poin, maka biogas dapat digunakan sebagaimana mestinya

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancangan Sistem Kendali Proses Produksi Biogas

Sistem Mekanik pada alat *sistem kendali proses produksi biogas* ini dirancang menggunakan bahan utama berupa besi. Tabung fermentasi dan tabung penampungan biogas dirancang menggunakan drum minyak berbahan dasar plat besi berukuran 0.8 mm. Hasil rancangan sistem kendali proses produksi biogas dapat dilihat pada Gambar 12.



Gbr. 12 Desain Real Sistem Kendali Proses Produksi Biogas

B. Pengujian Perbandingan Pembacaan Nilai Tekanan Menggunakan Sensor MPX5700AP dan Pressure Gauge

Data pengujian perbandingan pembacaan nilai tekanan oleh sensor mpx5700ap dan pressure gauge dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL II
Perbandingan Pengukuran Nilai Tekanan Pada Tangki

Sensor Tekanan (PSI)	Pressure Gauge (PSI)
0.00	0
5.20	5
10.11	9
12.00	12
16.00	16
19.22	19
20.02	20
25.19	25
36.23	37
42.87	42

Berdasarkan pengujian diketahui bahwa pembacaan nilai tekanan oleh sensor MPX5700AP dan pressure gauge mengalami perbedaan. Perbedaan pembacaan sensor MPX5700AP dan pressure gauge ialah 0.20 PSI. Berdasarkan data pada Tabel 2, perbedaan pembacaan tekanan tertinggi oleh sensor MPX5700AP dan pressure gauge ialah pada data ke-3 yaitu sebesar 1.11 PSI.

C. Pengujian Pembacaan Nilai Tekanan pada Tabung Fermentasi Dan Tabung Penampungan Biogas

Data pengujian pembacaan nilai tekanan pada tabung fermentasi dan tabung penampungan biogas dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL III
Nilai Tekanan Pada Tabung Fermentasi dan Tabung Penampungan Biogas

Hari Ke-	Tekanan Tabung (PSI)	
	Fermentasi	Penampungan
0	0.00	0.00
2	0.09	0.00
4	0.15	0.00
6	0.29	0.00
8	0.47	0.00
10	0.89	0.00
12	1.18	0.00
14	3.51	0.00
16	5.53	0.00
18	12.00	0.00
20	21.03	0.00
22	25.19	0.00
24	8.22	6.55
26	8.25	6.59
28	9.31	7.01
30	10.09	7.50

Pencampuran kotoran sapi dan air dengan skala 1:1 dilakukan pada tanggal 1 juli 2023. Pengujian dilakukan kurang lebih selama 1 bulan. Tekanan pada tabung fermentasi mencapai nilai maksimum pada hari

ke-22. Ketika tekanan yang terdeteksi pada tabung sudah mencapai nilai maksimum maka valve pada tabung fermentasi akan aktif (terbuka) secara otomatis dan akan mengalirkan gas hasil fermentasi ke tabung purifikasi untuk dilakukan proses pemurnian. Setelah itu barulah gas akan disalurkan ke tabung penampungan.

D. Pengujian Pembacaan Kadar Gas Hidrogen Sulfida (H₂S) Pada Tabung Fermentasi

Data pembacaan kadar gas hidrogen sulfida (H₂S) pada tabung fermentasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel IV.
Kadar Gas Hidrogen Sulfida (H₂S) pada Tabung Fermentasi

Hari Ke-	Kadar hidrogen sulfida (PPM)
0	0.00
2	0.00
4	0.02
6	0.04
8	0.15
10	0.20
12	0.48
14	0.81
16	1.11
18	1.36
20	1.48
22	1.68
24	1.77
26	2.04
28	2.37
30	2.81

Berdasarkan pengujian diketahui bahwa gas hidrogen sulfida (H₂S) pertama kali muncul pada hari ke-4. Kadar gas hidrogen sulfida (H₂S) masih sangat kecil. Namun seiring bertambahnya waktu kadar gas hidrogen sulfida (H₂S) kian meningkat.

E. Pengujian Pembacaan Kadar Gas Metana Pada Tabung Penampungan

Data kadar gas metana pada tabung penampungan dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL V
Kadar Gas Metana Pada Tabung Penampungan

Hari Ke-	Kadar Gas Metan (PPM)
0	0.00
2	0.00
4	0.00
6	0.00
8	0.00
10	0.00

Hari Ke-	Kadar Gas Metan (PPM)
12	0.00
14	0.00
16	0.00
18	0.00
20	0.00
22	6.23
24	6.23
26	6.21
28	6.20
30	6.20

Gas metan akan masuk ke tabung penampungan ketika tekanan pada tabung fermentasi sudah mencapai 25 ppm. Berdasarkan data pada tabel 4, tekanan pada tabung fermentasi mencapai 25ppm pada hari ke-22, sehingga gas metana (CH₄) pada tabung penampungan pertama kali terbaca pada hari ke-22, dengan nilai 6.23PPM. Nilai gas metan pada tabung penampungan akan bertambah kembali ketika tekanan pada tabung fermentasi mencapai 25ppm kembali.

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian dan analisa, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem kendali proses produksi biogas dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan pemrograman yang telah dirancang.
2. Rata-rata error pembacaan nilai tekanan oleh sensor MPX5700AP adalah sebesar 2.2%.
3. Berdasarkan pengujian diketahui bahwa, Tekanan pada tabung fermentasi mencapai nilai maksimum pada hari ke-22.
4. Berdasarkan pengujian diketahui bahwa gas hidrogen sulfida (H₂S) pertama kali muncul pada hari ke-4. Kadar gas hidrogen sulfida (H₂S) masih sangat kecil. Namun seiring bertambahnya waktu kadar gas hidrogen sulfida (H₂S) kian meningkat.
5. Gas metana (CH₄) pada tabung penampungan pertama kali terbaca pada hari ke-22, dengan nilai 6.23PPM.

REFERENSI

- [1] Arifin, I. (2021). **Analisis Sistem Kendali Dua Posisi Pada Solenoid Valve Untuk Produk Biogas Control and Monitoring (Common-Bigot) From Animal Waste**. *Injection: Indonesian Journal of Vocational Mechanical Engineering*, 1(2),47–57.
<https://doi.org/10.58466/injection.v1i2.131>
- [2] Iin Novianty, Saleh, A., & Sarni Yulianti, R. (2020). **Pemanfaatan Sensor Gas MQ-4 Untuk Mendeteksi Gas Metana**. *Jurnal Ilmu Fisika: Teori Dan Aplikasinya*, 2(2), 35–44.
<https://ejournals.umma.ac.id/index.php/jifta>
- [3] Marchaim, U., 1992. **Manfaat Pembuatan Biogas Dalam Kehidupan Sebagai Bahan Bakar Lain**.
- [4] Muslim, M. A., & Gumilar, G. (2018). **Rancang Bangun Sistem Kontrol Kekentalan dan Temperatur pada Digester Anaerob**. 132–137.
- [5] Wardana, dkk. (2021). **Pemanfaatan Limbah Organik (Kotoran Sapi) Menjadi Biogas dan Pupuk**. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA Vol 4(1)*: 204-207.
- [6] Novianty ,Iin. (2020). **Pengaruh Waktu Terhadap Pembentukan Biogas**. *Jurnal Sains dan teknologi*. Vol 9(1): 51-62.