

ANALISIS SISTEM KENDALI DUA POSISI PADA SOLENOID VALVE UNTUK PRODUK BIOGAS CONTROL AND MONITORING (COMMON-BIGOT) FROM ANIMAL WASTE

Imam Arifin¹, Syamsyarief Baqaruzi², Reynaldo Zoro³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sumatera

Email: imama2799@gmail.com¹, syamsyarief.baqaruzi@el.itera.ac.id², zoro@hv.ee.itb.ac.id³

ABSTRACT

Biogas is gas produced by bacteria when organic matter undergoes a fermentation process under anaerobic conditions, and will produce methane gas which is temporarily stored in a container called a biogas bag. The biogas bag needs to be controlled to ensure the biogas bag remains safe. The control system is in the form of a two-position control because it has the advantage of being cheap and simple, besides that the solenoid valve as an actuator has a non-linear output property. To detect the capacity of the biogas bag, the HCSR-04 proximity sensor is used as feedback on the set point value that is set, which is 50 cm for the maximum set point and 30 cm for the minimum set point. The results obtained by the proximity sensor is able to read the distance with an accuracy of 5.8% and the On-Off control has a response of 0.25 seconds.

Keywords: *Biogas, HCSR-04 Distance Sensor, Response Time and Set point, Solenoid Valve, and Two Position Control System.*

ABSTRAK

Biogas adalah gas yang dihasilkan bakteri apabila bahan organik mengalami proses fermentasi dalam kondisi anaerob, dan akan menghasilkan gas Metana yang disimpan sementara pada sebuah wadah yang disebut Biogas Bag. Pada biogas bag perlu dikontrol untuk memastikan biogas bag tetap aman. Sistem kontrol tersebut berupa kontrol dua posisi karena memiliki keunggulan murah dan sederhana, selain itu solenoid valve sebagai aktuator mempunyai sifat keluaran non-linear. Untuk mendeteksi kapasitas dari biogas bag digunakan sensor jarak HCSR-04 sebagai feedback terhadap nilai set point yang diterakan yaitu 50 cm untuk set point maksimal dan 30 cm untuk set point minimal. Hasil yang didapatkan sensor jarak mampu membaca jarak dengan ketelitian 5.8 % dan kendali On-Off mempunyai respon sebesar 0.25 detik.

Kata kunci: Biogas, Respon Waktu dan Set point, Sistem Kendali Dua Posisi, Sensor Jarak HCSR-04, dan Solenoid Valve.

Diterima Redaksi: 05-05-2021 | Selesai Revisi: 25-08-2021 | Diterbitkan Online: 31-08-2021

1. Pendahuluan

Indonesia sangat kaya akan potensi energi terbarukan seperti energi Matahari, Air, Angin, Biomassa, Laut dan Panas Bumi. Namun energi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal, menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) potensi energi terbarukan yang dapat dikembangkan dengan menggunakan teknologi saat ini mencapai 423 GW, tetapi hanya sekitar 7 GW saja yang sudah terealisasi[1]. Salah satu energi terbarukan yang sangat potensial adalah energi Biomassa berupa Biogas, hal ini dikarenakan jumlah bahan baku biogas di Indonesia terutama limbah kotoran ternak sangat melimpah.

Secara sederhana Biogas dapat diperoleh dengan cara memfermentasikan bahan organik (kotoran sapi) dalam sebuah wadah yang tertutup tanpa udara (kondisi anaerob). Bahan organik yang difermentasikan akan menghasilkan beberapa senyawa gas berupa gas Metana, -Karbon dioksida, Karbon Monoksida, Nitrogen, Hidrogen, Hidrogen Sulfida, dan Oksigen. Sebagian besar sistem pengolahan biogas yang ada tidak menggunakan sistem filter dan kendali, gas yang masih tercampur langsung digunakan begitu saja tanpa pengolahan lebih lanjut. Padahal dari keseluruhan gas yang dihasilkan, tidak semuanya dapat langsung digunakan karena ada gas yang berbahaya yang perlu dieliminasi seperti gas Hidrogen

Sulfide yang menyebabkan karat pada besi (korpor).

Namun biogas ini tidak dapat mengalir begitu saja ke filter karena tekanannya terlalu kecil untuk melewati filter. Syarat agar suatu fluida mengalir adalah adanya perbedaan tekanan, hal ini dikarenakan udara mengalir dari tekanan tinggi ke rendah. Oleh karenanya untuk mengalirkan gas rektor ke filter dilakukan dengan cara meningkatkan tekanan sebelum filter dan menurunkan tekanan sesudah filter. Untuk menurunkan tekanan sesudah filter dapat digunakan Vacuum elektrik yang dapat menurunkan tekanan udara. Lalu untuk menaikkan tekanan sebelum filter dilakukan dengan cara menahan gas metana yang keluar dari digester ke sebuah penampungan (biogas bag) setelah tekanan dirasa cukup baru gas dialirkan ke filter. Proses menahan dan melepas gas menggunakan alat bantu berupa *Solenoid Valve*,.

Namun menampung tekanan dalam biogas bag perlu diperhatikan dengan sangat teliti karena tekanan yang keluar dari Reaktor akan terus bertambah. Apabila tekanan pada biogas bag terlalu besar dapat menimbulkan kebocoran biogas atau lebih parah lagi akan memicu ledakan. Hal ini sangat berbahaya karena jika terdapat sumber panas disekitar kebocoran maka akan timbul kebakaran. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem kontrol yang dapat mengatur tekanan pada biogas bag agar tekanan didalamnya stabil sehingga tidak terjadi kebocoran atau ledakan yang dapat menghentikan laju penyaluran biogas. Sistem kendali yang akan digunakan berupa sistem kontrol *ON—OFF*, pemilihan sistem kendali ini dilakukan karena sistem kontrol ini mudah diaplikasikan dan sesuai dengan *solenoid valve* yang bekerja secara nonlinear.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa:

Reaktor Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri apabila bahan organik mengalami

proses fermentasi dalam kondisi anaerob (tanpa udara). Proses ini dilakukan dalam sebuah wadah tertutup dan kedap udara yang disebut reaktor. Didalam reaktor bakteri alami akan memecah bahan-bahan organik menjadi senyawa-senyawa dengan rantai ikatan lebih pendek [2].



Gambar 1. Reaktor

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe kubah tetap yang terdiri dari lubang inlet sebagai tempat masuknya kotoran seperti pada **Gambar 1**. Reaktor yang digunakan menggunakan material plastic polimer yang dikubur didalam tanah, dan lubang outlet sebagai tempat keluarnya kotoran.

Biogas Bag

Biogas bag adalah wadah yang digunakan untuk menampung biogas hasil proses fermentasi diruang reaktor. Biogas bag ini digunakan untuk menyimpan sementara biogas sebelum masuk proses pemfilteran. Kapasitas ini dapat disesuaikan bergantung kebutuhan, reaktor dengan ukuran besar akan menghasilkan gas dengan jumlah besar. Hal ini berarti dibutuhkan penyimpanan lebih jika menggunakan reaktor dengan ukuran besar. Selain itu biogas bag digunakan sebagai pengaman reaktor dari tekanan yang berfluktuasi terlalu berlebih dan menghindari tekanan yang terlalu tinggi. Hal ini dikarenakan material yang digunakan untuk membuat biogas bag lebih lemah dibandingkan material pada reaktor, jika tekanan berlebih maka biogas bag yang akan meledak. Untuk menghindari ledakan ini diperlukan dibuat sebuah sistem kontrol otomatis yang dapat mengatur aliran volume pada biogas bag agar tidak terlalu berlebih. Sistem akan mengalirkan gas ketika biogas dalam biogas bag penuh dan menutup saluran gas ketika biogas dalam kondisi aman. Biogas bag yang digunakan pada penelitian ini seperti pada Gambar 2.

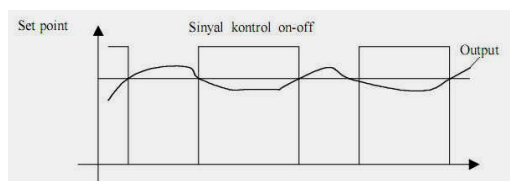


Gambar 2. Biogas Bag

Sistem Kendali Dua Posisi

Pada sistem kontrol dua posisi, elemenakuasi hanya mempunyai dua posisi yang tetap. Kontrol ini banyak digunakan di industry karena mudah dan sederhana. Sistem kendali ini dipilih karena aktuator yang digunakan (dalam hal ini solenoid valve) mempunyai sifat keluaran berupa non linear. Hal ini karena keluaran sistem hanya mampu mendeteksi on-off/high-low namun tidak dapat melakukan keluran diantaranya.

Kontorler dua posisi pada umumnya dijumpai pada komponen elektrik (relay) dan koomponen pneumatic (katu). Ilustrasi dari kontroler on-off adalah seperti pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Ilustrasi kendali on-off [3]

Dari Gambar 3 diamati bahwa jika nilai *output* lebih besar dari set point, aktuator akan *on*. *Output* akan turun dengan sendirinya sehingga menyentuh set pint lagi. Pada saat itu, sinyal kontrol akan kembali *off* (aktuator *off*) dan mengembalikan output kepada set poinya [3].

Kendali ini memiliki kekurangan jika langsung diimplementasikan pada hardware seperti *solenoid* dan relay, hal ini karena variabel kontrol selalu mengandung osilasi. Kontrol yang berosilasi akan berpengaruh pada umur ketahanan aktuator dan mempengaruhi efisiensi kontrol dan energi karena amplitude osilasi yang meningkat. Menurut et al, 2002

sistem kontrol on-off dapat diperbaiki performanya jika dipasang waktu tunda. Oleh karena itu digunakan metode histerist untuk memperbaiki masalah ini [4].

Metode *histerist* adalah sistem kendali on-off pada rentang nilai disekitar batas referensi perpindahan saklar. Besarnya nilai antara referensi dan batas atas maupun bawah merupakan toleransi kesalah yang diperbolehkan ketika keluran sistem berada pada nilai referensi.

Kendali hsterist dirancang dengan cara menambahkan pita histerist pada nilai set point (SP). Ketika pembacaan sensor berubah pada suatu waktu didalam pita histerist dengan kondisi perubahan naik, maka kondisi saklar akan ON. Sebaliknya jika perubahan turun, maka kondisi saklar OFF.

Arduino Mega 2560

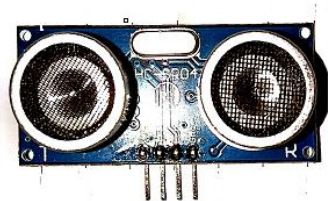
Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler yang menggunakan prosesor ATmega256- yang memiliki 54 pin digital input/output, 16 pin analog input, 4 pin UART, 2x3 pin ICSP , dan kabel USB computer yang sekaligus digunakan untuk sumber tegangan. Arduino seperti pada Gambar 4 ini ini sebagai pusat sistem pada alat *Comon Bigot* ini yang berfungsi mengolah input data dari sensor jarak, suhu, tekanan, kelmbapan, pH, dan metana, hasil pengolahan ini akan menghasilkan outut berupa cahaya LED, karakter LCD, bunyi Buzzer, gerakan aktuator, dan data teks di kartu SD.



Gambar 4. Arduino Mega2560

Sensor Ultrasonik HCSR04

Sensor Ultrasonik seperti pada Gambar 5 adalah sensor yang memanfaatkan gelombang dengan frekuensi tinggi sekitar 20 KHz sampai 25 MHz. Sensor ultrasonik HCSR04 merupakan sensor ultrasonik dengan memanfaatkan gelombang berfrekuensi 40 KHz sebagai media untuk mendeteksi jarak suatu benda [5].



Gambar 5. Sensor ultrasonik

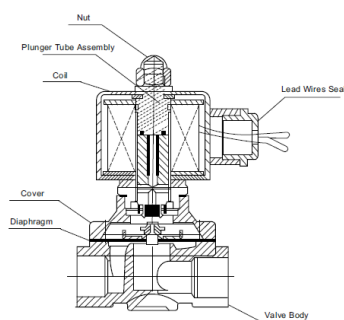
Sensor ini terdiri dari komponen trasnmitter berupa Kristal piezoelektrik yang dikemas dalam sebuah wadah berbentuk tabung, Kristal piezoelektrik sebagai trasmitter akan dihubungkan dengan pin Trig dan receiver akan dihubungkan dengan pin Echo[5]. Jarak yang ditempuh sinyal dari pemancar lalu kembali lagi ke sensor dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{340 \left(\frac{100 \text{ cm}}{1000000 \mu\text{s}} \right) \times t(\text{s})}{2} = \frac{0.034 \frac{\text{cm}}{\mu\text{s}} \times t(\text{s})}{2}$$

Dimana S adalah jarak dalam cm, dan t(s) adalah waktu yang dibutuhkan gelombang pantul untuk kembali ke sensor [5].

Solenoid Valve

Selonoid valve adalah aktuator yang berfungsi untuk membuka dan menutup saluran antar dua ruang yang berfungsi menghentikan atau meneruskan fluida. Selonoid valve pada desain ini akan digunakan untuk membuka dan menutup saluran dari biogas dari biogas bag kotor ke biogas bag bersih. Selonoid Valve pada Gambar 7 terdapat dua buah lubang (yang berfungsi sebagai saluran input dan output), koil atau kumparan, pegas, pin yang berfungsi sebagai sekat pemisah antar ruang [6].



Gambar 7. Solenoid Valve [7]

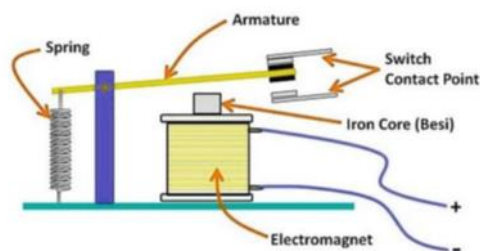
Solenoid Valve yang digunakan adalah solenoid dengan tipe 2W-200-20 AC220 dengan spesifikasi Pada Tabel 1:

Tabel 1. Spesifikasi Solenoid Valve

Media Fluida	Air, Udara, Oli, Gas
Mode Operasi	Direct Acting
Tipe	Normally Closed
Orifice	20
Viskositas	Dibawah 20 CTS
Ukuran Pipa	3/4
Tekanan Operasi	Air = 0~7, udara = 0~7, oli = 0~7.
Temperatur Fluida	-5~80 C
Toleransi Tegangan	± 10 %
Material body	Brass
Seals Material	NBR or VITON

Relay

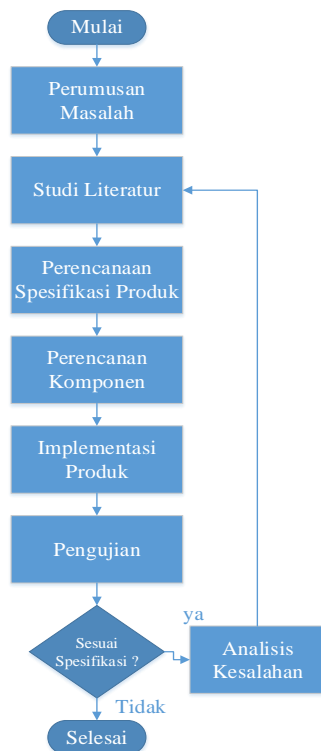
Relay pada Gambar 8 adalah sebuah alat yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lain dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Kontaktor akan tertutup atau terbuka karean efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar, pergerakan kontaktor dilakukan manual tanpa perlu arus listrik [8].



Gambar 8. Relay [8].

2.2. Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar metodologi yang akan digunakan pada penelitian ini dimuat dalam diagram alir Gambar 9 sebagai berikut:



Gambar 9. Diagram Alir

2.3 Perancangan Biogas Bag

Biogas Bag dalam poduk ini berfungsi sebagai tempat menyimpan Biogas yang berasal dari reaktor. Material yang akan digunakan adalah Plastik Polietilena (PE), material ini dipilih karena fleksibel dan memiliki ketahanan yang baik. Pada desain ini menggunakan biogas bag berbentuk tabung seperti dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. Sesifikasi Biogas Bag

Diameter (d)	40 cm
Tinggi (t)	20 cm
Volume total (V)	25 Liter

Perhitungan volume total yang diharapkan adalah:

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \cdot \left(\frac{40}{2}\right)^2 \cdot t \\
 &= (3.14) \cdot (20)^2 \cdot 20\text{cm} \\
 &\approx 25 \text{ Liter}
 \end{aligned}$$

Dimana v adalah volume, t adalah jarak maksimal *biogas bag*.

2.4 Perencanaan Pendeteksi Volume

Untuk mendapatkan nilai volume pada biogas bag maka perlu sebuah sensor yang dapat mengukur perubahan volume setiap waktu. Alih-alih menggunakan sensor tekanan untuk mengetahui volume, penulis menggunakan sensor jarak untuk mengetahui perubahan ketinggian akibat perubahan nilai volume.

Data ini dapat digunakan untuk mencari volume dengan cara:

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot t \\
 &= (3.14) \cdot \left(\frac{40\text{cm}}{2}\right)^2 \cdot t(\text{cm}) \\
 &= 1.25 \text{ Liter} \cdot t(\text{cm})
 \end{aligned}$$

Dimana t adalah jarak yang terukur pada sensor ultrasonik, V adalah volume.

2.5 Spesifikasi Perancangan Sistem Kontrol

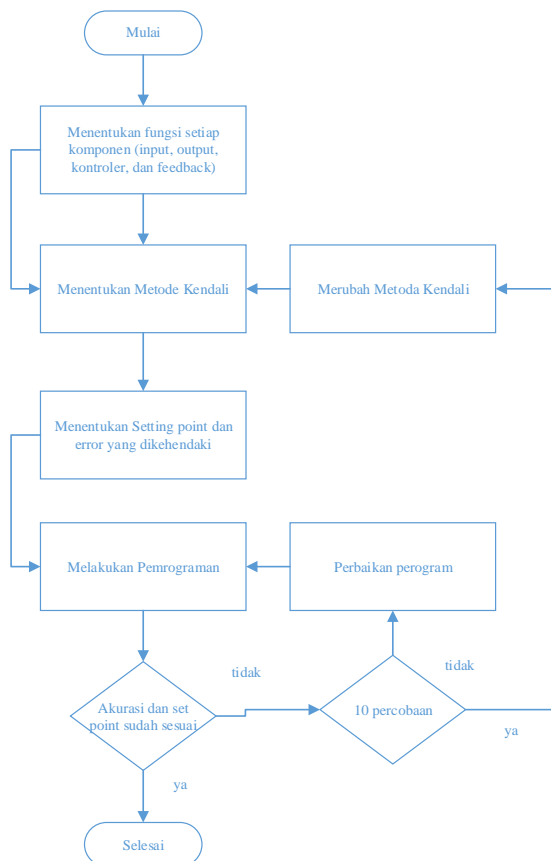
Sistem kontrol pada alat ini di menggunakan kendali dua posisi atau kendali on-off dengan tambahan batas histeris untuk mencegah flicker yang terus menerus agar komponen aktuator berupa relay, solenoid valve dan motor vakum elektrik tidak cepat rusak. Kendali ini memiliki inputan berupa jarak dan output berupa volume biogas bag. Berikut parameter kendali yang dimuat dalam tabel berikut.

Set point yang digunakan ditentukan dengan memperhatikan kemampuan dari kapasitansi biogas bag. Perancangan yang dilakukan penulis memiliki batas maksimal biogas bag dalam menampung biogas dengan ketinggian 30 cm dan minimal di ketinggian 10 cm.

Tabel 3. Parameter Kontrol

Input/set value	Jarak antara <i>Biogas Bag</i> dan sensor jarak.
Output/measurand value	Volume <i>Biogas Bag</i> .
Plan	<i>Biogas Bag</i>
Aktuator	<i>Solenoid Valve</i> dan Vakum elektrik
Sensor	Ultrasonik
Variabel yang dikontrol	Jarak antara <i>Biogas Bag</i> dan sensor jarak

Cara kerja Sistem Kontrol produk ini dimuat dalam flowchart pada Gambar 10 sebagai berikut:



Gambar 10. Flowchart Kendali

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengukuran Solenoid Valve

Data pengukuran Solenoid Valve didapatkan dengan cara mencatat respon waktu dari kondisi peralihan dari kondisi on ke off pada solenoid valve, didapatkan hasil pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Respon Waktu Peralihan Kondisi Solenoid Valve.

No.	Delay (s)
1	0.55
2	0.32
3	0.27
4	0.31
5	0.24
6	0.31
7	0.40
8	0.20
9	0.36

No.	Delay (s)
10	0.40
rata-rata	0.33

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa respon waktu terlama untuk solenoid valve berubah kondisinya sebesar 0.55 detik dan nilai rata-rata sebesar 0.336 detik. Hal ini berarti dibutuhkan waktu sekitar 0.336 detik untuk solenoid valve berubah keadaan dari kondisi on ke off atau sebaliknya dari kondisi off ke on. Nilai ini sudah cukup mumpuni untuk digunakan untuk menjadi aktuator dari sistem kontrol yang dibuat. Respon waktu ini akan menunjukkan tingkat respon waktu solenoid valve ketika dihubungkan dengan sistem kendali.

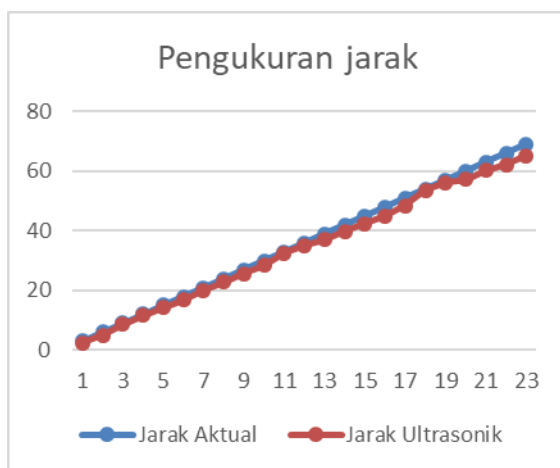
Pengujian Akurasi Sensor Jarak

Pengujian ini dilakukan untuk menguji seberapa akurat hasil pembacaan jarak dari sensor ultrasonik. Prosedur pengukuran dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran secara manual menggunakan alat bantu mistar/penggaris dengan pengukuran yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik lewat serial monitor. Pengukuran ini di ukur dengan selisih tiga cm per pengukuran, didapatkan hasil yang dimuat dalam Tabel 5 dan Gambar 11 berikut:

Tabel 5. Hasil Pengukuran Jarak

No	Jarak Aktua (cm)	Jarak Ultrasonik (cm)	Error (%)
1	3.00	2.38	20.66
2	6.00	4.91	18.16
3	9.00	8.76	2.66
4	12.00	11.66	2.83
5	15.00	14.18	5.46
6	18.00	16.88	6.22
7	21.00	19.97	4.90
8	24.00	22.88	4.66
9	27.00	25.70	4.81
10	30.00	28.44	5.20
11	33.00	32.46	1.63
12	36.00	35.11	2.47
13	39.00	37.06	4.97
14	42.00	39.76	5.33
15	45.00	42.38	5.82

No	Jarak Aktua (cm)	Jarak Ultrasonik (cm)	Error (%)
16	48.00	45.05	6.14
17	51.00	48.48	4.94
18	54.00	53.48	0.96
19	57.00	56.12	1.54
20	60.00	57.19	4.68
21	63.00	60.15	4.52
22	66.00	62.12	5.87
23	69.00	65.09	5.66
Error Rata-rata			5.66



Gambar 11. Grafik Pengukuran Jarak

Dari data pengujian ketelitian sensor ultrasonik yang dimuat dalam tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai *error* tertinggi terukur pada jarak 3 dan 6 cm sebesar 20.66 dan 18.16 persen. Pada datasheet pengukuran jarak menggunakan ultrasonik memiliki range pengukuran yaitu antara 2-400 cm, nilai error yang besar pada jarak 3 dan 6 cm dikarenakan pada jarak ini sensor ultrasonik sudah mendekati jarak minimal yang dapat ditoleransi, sehingga nilai errornya cukup besar. Hal ini dibuktikan dengan nilai error yang semakin berkurang ketika menjauhi nilai minimum to Data pengukuran jarak pada biogas bag. Jika semua *error* diakumulasikan dan dicari rata-ratanya maka sensor ultrasonik memiliki *error* sebesar 5.66 persen, nilai ini sudah masuk dalam batas toleransi yang penulis gunakan sebesar 7%.

Data pengukuran jarak pada biogas bag

Pengukuran jarak pada biogas bag menggunakan alat bantu yang sama seperti pengukuran sebelumnya yaitu mistar sebagai data aktual dan sensor ultrasonik yang hasil pengukuranya ditampilkan pada serial monitor. Sensor ini diletakan pada atap penyimpanan biogas bag dengan pendekatan bahwa biogas bag akan secara perlahan-lahan terisi gas dan akan meningkat ketinggiannya. Hasil ketinggian inilah yang akan diukur dan dimuat dalam Tabel 6 dan Gambar 12 sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Pengukuran Jarak Biogas Bag

No.	Jarak Aktual (cm)	Jarak Ultrasonik (cm)	Error (%)
1	26.00	25.31	2.65
2	33.00	31.43	4.75
3	47.10	45.00	4.45
4	50.02	47.03	5.97
5	54.30	51.29	5.54
6	57.00	54.00	5.26
rata-rata			6.81



Gambar 12. Grafik Jarak Biogas Bag

Dari hasil pengukuran ketinggian biogas menggunakan mistar dan sensor ultrasonik didapatkan nilai error tertinggi sebesar 5.97 persen dan rata-rata pengukuran sebesar 4.76

persen, error ini diakibatkan permukaan yang tidak rata pada biogas bag yang menyebabkan gelombang pantul dari sensr ultrasonik tidak maksimal. Namun error rata-rata dari hasil pengukuran ini sudah memenuhi persyaratan yang penulis gunakan yaitu dibawah 7%.

Kendali Dua Posisi

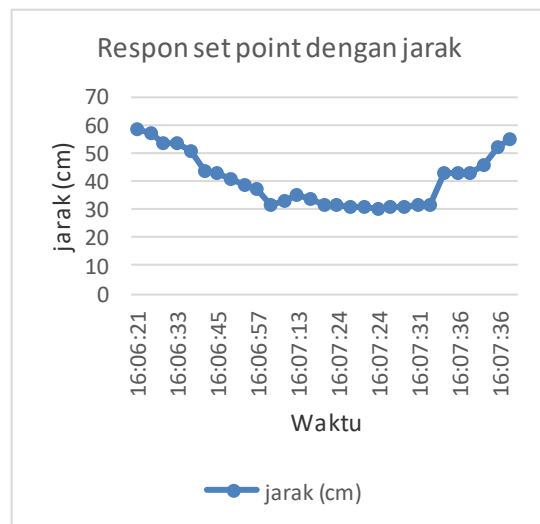
Pengukuran terhadap ketepatan set point dan respon waktu kendali dilakukan dengan cara melihat perubahan jarak dan respon yang diberikan oleh kontroler. Pada sistem kendali on off set point yang dibuat adalah aktuator akan menyala ketika jarak dibawah 31 cm dan akan mati ketika jarak diatas 31 cm, untuk mencegah flicker yang berlebihan yang mengakibatkan kerusakan pada aktuator maka kami menggunakan sebuah nilai histeris dengan nilai sebesar 20 cm, sehingga aktuator akan mati ketika jaraknya sudah diatas 50 cm. Hasil pengukuran dimuat dalam tabel dibawah ini.

Dari tabel diatas nilai set point dari kondisi off ke kondisi on akan aktif pada saat jarak berada pada posisi 30 cm, dan akan non aktif ketika jarak berada pada posisi 50 cm. Hal ini membuktikan bahwa sistem kendali yang dibuat memiliki akurasi yang cukup baik karena nilai set point sudah sangat tepat sesuai dengan set point sudah ditentukan tanpa adanya error.

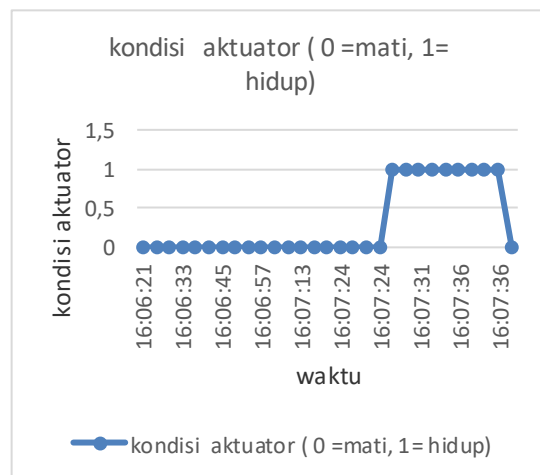
Tabel 7. Hasil Respon Waktu dan Set Point Kendali

No.	Time	Jarak (cm)	kondisi aktuator
1	16:06:21	59	Mati
2	16:06:25	57	Mati
3	16:06:29	54	Mati
4	16:06:33	54	Mati
5	16:06:37	51	Mati
6	16:06:41	44	Mati
7	16:06:45	43	Mati
8	16:06:49	41	Mati
9	16:06:53	39	Mati
10	16:06:57	37	Mati
11	16:07:03	32	Mati
12	16:07:09	33	Mati
13	16:07:13	35	Mati
14	16:07:17	34	Mati
15	16:07:21	32	Mati

No.	Time	Jarak (cm)	kondisi aktuator
16	16:07:24	32	Mati
17	16:07:24	31	Mati
18	16:07:24	31	Mati
19	16:07:24	30	Mati
20	16:07:25	31	Hidup
21	16:07:27	31	Hidup
22	16:07:31	32	Hidup
23	16:07:35	32	Hidup
24	16:07:36	43	Hidup
25	16:07:36	43	Hidup
26	16:07:36	43	Hidup
27	16:07:36	46	Hidup
28	16:07:36	52	Hidup
52	16:07:36	50	Mati
29	16:07:37	55	Mati



Gambar 13. Respon set point dengan jarak



Gambar 14. Grafik Kondisi aktuator terhadap respon waktu

Dari grafik dan tabel diatas didapatkan hasil respon kendali yang dimuat dalam tabel 8.

Tabel 8. Hasil Respon Waktu

Respon kendali	Waktu
Kondisi off-on	2.5 ms
Kondisi on-off	2.5 ms
Aktuator menyala	36 s – 25 s = 11 s

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa respon untuk sisem kendali dari perubahan kondisi baik dari kondisi on-off atau kondisi off-on memiliki repon waktu yang cepat sekitar 2.5 ms, hal ini menunjukkan bahwa amper kendali yang telah dibuat telah sesuai dengan apa yang diinginkan.

Karakteristik solenoid valve memiliki delay waktu on-off sebesar 3.3 ms, sehingga jalur biogas akan benar-benar terbuka dengan waktu 5.5 ms. Dengan aktuator berupa solenoid valve dan vakum elektrik yang menyala dengan durasi 11 detik, dan vakum elektrik mempunyai karakteristik waktu hisap sebesar 5.37 liter/detik, jumlah volume gas yang dilewatkan kurang lebih 59 liter.

Pada saat kondisi switch relay berada pada kondisi perubahan dari on ke off atau sebaliknya dengan beban yang terpasang berupa motor vakum elektrik yang berjenis beban AC dengan tipe induktif yang berdaya besar senilai 150 Watt. Dengan aktif atau non-aktifnya motor maka beban dalam alat akan berubah drastis secara tiba-tiba sehingga menimbulkan spike. Spike adalah lonjakan tegangan hingga puluhan kali lipat dari yang seharusnya dan turun kembali dalam sepersekian detik[9]. akibat dari gejala ini arduino akan merestart ketika relay berada pada posisi perubahan dari on-off. Menurut Website Rekayasa Listrik yang ditulis oleh Furqan Arafath dengan judul 'Arduino Hang saat Menggunakan Load listrik AC', gejala restart arduino dapat dihilangkan dengan cara mengurangi spike dengan menambahkan rangkaian RC dengan nilai Resistor sebesar 100 ohm dan nilai kapasitor sebesar 100 uF. Resistor dan kapasitor dipasang secara seri dan diletakan paralel dengan beban motor AC. Namun pada saat dipasang beban motor vakum dan solenoid relay akan tetap menyala

walaupun tidak ada trigger dari pin input, oleh karena itu penulis menurunkan nilai kapasitasi yang digunakan menjadi 50 uF. Hasil yang didapatkan arduino hampir tidak pernah restart saat relay berubah keadaan.

Berikut ini proses pengukuran dan hasil keadaan arduino setelah dan sebelum restart:

Tabel 9. Hasil pengukuran keadaan arduino setelah dan sebelum restart

Percobaan	Tanpa Rangkaian RC	Dengan Rangkaian RC
1	Restart	Tidak Restart
2	Restart	Tidak Restart
3	Restart	Tidak Restart
4	Restart	Tidak Restart
5	Restart	Tidak Restart
6	Restart	Tidak Restart
7	Restart	Tidak Restart

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa sebelum penambahan rangkaian RC ardino akan langsung merestart, namun setelah ditambah rangkaian RC dari tujuh kali percobaan, arduino tidak merestart.

Data Pengukuran di Lapangan

Hasil pengukuran yang terakhir adalah pengukuran di lapangan dilakukan dengan cara mencatat perubahan jarak tiap pengukuran di lapangan.



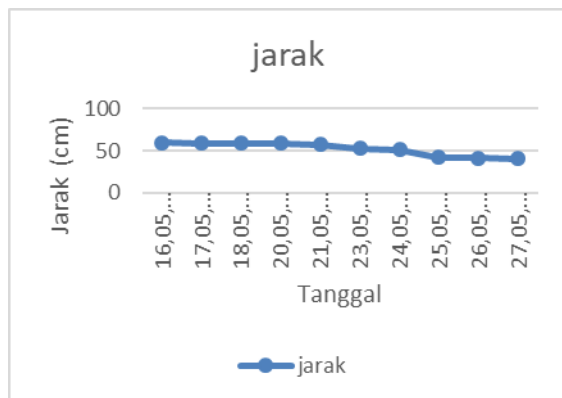
Gambar 16. Proses Pengukuran di Lapangan

Hasil dari proses pengukuran tersebut dimuat dalam Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengukuran rutin.

tanggal	jarak
16,05,2021	59.81
17,05,2021	59.00

tanggal	jarak
18,05,2021	59.00
20,05,2021	58.52
21,05,2021	57.32
23,05,2021	53.00
24,05,2021	51.45
25,05,2021	42.20
26,05,2021	41.08
27,05,2021	40.40



Gambar 17. Grafik ketinggian pada biogas bag

Dari Tabel 10 dapat dilihat bahwa ketinggian pada biogas bag dari hari pertama sampai hari ke dua belas mengalami peningkatan sebesar 19.4 cm. Pada hari pertama sampai hari ke tiga nilai ketinggian yang didapatkan tidak lebih dari satu cm, hal ini berarti pada hari tersebut masih sedikit gas yang dihasilkan dari proses fermentasi. Hari ke empat jarak naik sebesar 0.47 cm, hari ke enam jarak naik sebesar 1.2 cm, hari ke delapan jarak naik 4.32 cm, hari ke sembilan jarak naik 1.54 cm, hari ke sepuluh jarak naik 9.25 cm, hari ke sebelas jarak naik 1.1 cm, dan hari ke duabelas jarak naik 0.68 cm.

Dari keseluruhan jarak tersebut nilai perubahan jarak paling tinggi terdapat pada hari ke sembilan menuju hari ke sepuluh dengan kenaikan 9.25 cm, dan perubahan jarak paling rendah terdapat pada hari pertama sampai keempat dan hari ke dua belas karena peningkatan jarak kurangnya dari satu cm.

4. Kesimpulan

Sensor Jarak digunakan sebagai pendeteksi perubahan ketinggian pada biogas bag dengan membaca perubahan jarak antara biogas bag

dan sensor ultrasonik HCSR-04 yang dipasang di atap penyimpanan biogas bag. Ketelitian rata-rata dari sensor ultrasonik yang digunakan sebesar 5.8 %, nilai ini didapatkan dari perbandingan antara jarak ultrasonik dengan jarak aktual pada meteran. Solenoid valve yang digunakan memiliki respon sebesar 0.33 detik.

Sistem kendali On-Off mempunyai set point maksimal pada jarak 50 cm dan minimal pada jarak 30 cm, set point yang didapatkan dari hasil pengukuran memiliki akurasi yang cukup baik. Respon kendali On-Off memiliki delay waktu sebesar 0.25 detik, delay ini sudah sangat baik.

Penambahan rangkaian RC digunakan sebagai proteksi dari gejala transient dari beban AC yang dipasang pada relay yang terhubung pada arduino. Jika tidak ditambah rangkaian ini arduino akan merestart saat relay dengan beban induktif berubah kondisi dari on-off. Dalam kesimpulan tidak boleh ada referensi.

Daftar Pustaka

- [1] Tampubolon, A.P., Aditama, J.I. "Laporan Energi Bersih Indonesia: Potensi, Kapasitas terpasang, dan Rencana Pembangunan pembangkit Listrik Energi Terbarukan 2019" Institute for Essential Services Reform (IESR), 2019.
- [2] Suyitno, "Teknologi Biogas", Yoogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [3] R.Rahmawan, "Sistem Kotrol Produk Gas Metana pada Digester Tipe Fixed Dome", Universitas Brawijaya, Malang, 2013.
- [4] Hidayat, D., Rahmatika, M., Syafei, N.M.. "Analisa Respon Pengontrolan ON-OFF Pada Kendali Umpan Balik Sistem Fisis Elektronik", EKSAKA, Unpad, 2018.
- [5] Junaidi, "Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino", Anugrah Utama Raharja, Gedongmeneng Bandar Lampung, 2018.
- [6] Supriyanto, "Pengertian dan Prinsip Kerja Solenoid Valve". [online] available:

- <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-dan-prinsip-kerja-solenoid-valve/>
- [7] Naylamphemachatronics “Solenoid Valve”,datasheet.
- [8] Basri, I.Y. Irfan, D. “Komponen Elektronika’, Sukabina Press, Padang, 2009.
- [9] Indotara, “Jenis Gangguan Listrik” [online] available:<https://indotara.co.id/jenis-gangguan-listrik&id=403.html>.