



KONTROL PH DAN LEVEL PADA PROSES PEMBENTUKAN BIOGAS DARI LIMBAH NANAS BERBASIS MIKROKONTROLLER

Ryandito Ciptawan Ramadhane¹, Ari Murtono², Mas Nurul Achmadiyah³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

ryanditocr46@gmail.com , Ari.murtono@gmail.com , masnurul@polinema.ac.id

Abstrak

Biogas merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang mudah didapatkan, dikarenakan kebutuhan energi yang semakin meningkat memiliki dampak terhadap berberapa jenis-jenis energi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat sehari-hari. Dalam proses pembentukan biogas, parameter harus dijaga agar mikroorganisme dapat bekerja dengan maksimal. Berberapa parameter tersebut adalah pH dan level. Berdasarkan permasalahan tersebut, alat pada plant ini dirancang untuk mengontrol pH dan level pada drum reaktor dengan metode fuzzy. Komponen yang dipakai meliputi sensor ultrasonik tipe HC-SR04, sensor pH tipe E201 – C BNC dan aktuator pompa DC tipe 4212A. Kedua sensor akan mengirim data ke Arduino yang mana data tersebut akan diolah menggunakan metode fuzzy, hasil output dari fuzzy tersebut berupa besar kecil nya debit cairan untuk mengaktifkan pompa. Level saat pembentukan biogas dapat dikontrol dengan baik, dengan range pH 5 – 7 dan level 30 – 40cm. dapat disimpulkan bahwa pengimplementasian plant ini memiliki hasil akhir positif pada hasil akhir pembentukan biogas.

Kata Kunci : Biogas, PH, Level, Limbah Nanas, Arduino Uno R3

Abstract

Biogas is a form of alternative energy that is easy to obtain, because the increasing demand for energy has an impact on several types of energy used to meet people's daily needs. In the biogas formation process, parameters must be maintained so that the microorganisms can work optimally. Some of these parameters are pH and level. Based on these problems, the equipment in this plant is designed to control the pH and level in the reactor drum using the fuzzy method. The components used include an ultrasonic sensor type HC-SR04, a pH sensor type E201 – C BNC and a DC pump actuator type 4212A. The two sensors will send data to the Arduino where the data will be processed using the fuzzy method. The output from the fuzzy is in the form of the size of the liquid flow to activate the pump. The test results show that the pH and level during biogas formation can



be controlled well, with a pH range of 5 - 7 and a level of 30 - 40cm. It can be concluded that the implementation of this plant has positive final results in the final results of biogas formation.

Keywords : *Biogas, PH, Level, Pineapple Waste, Arduino Uno R3*

1. Pendahuluan

Biogas adalah salah satu bentuk bioenergi yang dihasilkan dari proses biologis perombakan yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Gas yang dihasilkan biogas memiliki komposisi 55-65% CH₄, 35- 45% CO₂, 0-3% N₂ dan sedikit H₂S. Biogas merupakan salah satu bahan bakar yang memiliki nilai kalori tinggi berkisaran 4500 – 6300 kkal/m³. Biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbarui yang dihasilkan secara fermentasi anaerob dari bahan organik yang dihasilkan secara fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri methane seperti *Methanobacterium sp* (Sunaryo,2014), energi yang terkandung dalam biogas tergantung pada konsentrasi methane (CH₄). Semakin tinggi kandungan methane maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas. Limbah nanas sebagai media atau penyedia nutrisi bagi mikroorganisme, kandungan nutrisi kulit buah nanas mempunyai komposisi karbohidrat dan gula yang cukup tinggi. Komposisi kulit nanas adalah 81,72% air, 20,87% serat kasar, 17,53% karbohidrat, 4,41% protein dan 13,65% gula reduksi. Dikarenakan komponen karbohidrat dan gula yang dikandung pada kulit buah nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia salah satunya starter biogas yang diperoleh melalui fermentasi. Ada 3 tahapan proses fermentasi limbah buah nanas yaitu tahap hidrolisa, tahap asidifikasi, dan tahap metanasi dapat menghasilkan gas methane (Saragih,2010). Banyaknya buah nanas yang terbuang hingga membusuk di pasaran dan hanya dibuang atau dijadikan pupuk kompos saja dan kelangkaan bahan bakar fosil yang karena tidak dapat diperbarui. Untuk mengurangi limbah buah nanas yang ada dipasaran peneliti membuat penelitian yang memanfaatkan limbah buah nanas menjadi biogas. Biogas juga dapat menggantikan bahan bakar fosil mengingat semakin sedikit bahan bakar fosil yang ada di bumi ini. Berdasarkan hal diatas maka alat digunakan untuk melakukan penghematan penggunaan bahan bakar fosil dan gas untuk kegiatan memasak. Pembuatan alat ini dapat menjadi solusi dalam mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang tidak dapat didaur ulang.



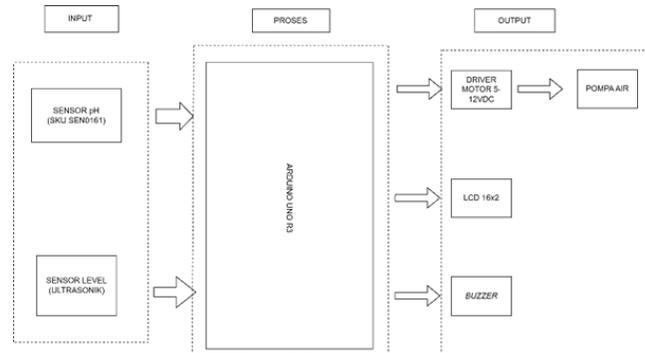
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Rancang Bangun Sistem Pemantauan kadar Keasaman (pH) dan Suhu Pada Biodigester Anaerob Berbasis Internet Of Things

Pada penelitian yang dilakukan oleh saudara Rizky Ari Wibowo Dkk (2021) Universitas Telkom, Bandung. Melakukan penelitian untuk pemantauan kadar keasaman (pH) dan suhu biodigester *anaerob* berbasis *Internet Of Things*. Berberapa perangkat yang digunakan adalah Arduino uno sebagai mikrokontroler yang digunakan sebagai pemroses nilai kadar keasaman (pH) yang menggunakan sensor pH SKU SEN0161 dan untuk sensor suhu menggunakan termokopel yang sudah terintegrasi dengan modul MAX6675 pada reaktor biogas, setelah itu model SIM 808 yang sudah terintegrasi dengan Arduino akan mengirimkan data ke *thingspeak*. Data yang sudah diunggah dapat dilihat dari aplikasi yang sudah peneliti buat. Tujuan dari peneliti adalah untuk memantau kadar keasaman (pH) dan perubahan suhu pada reaktor biogas agar proses produksi biogas menghasilkan kualitas yang bagus, selain itu sistem pemantauan ini dapat memudahkan produsen karena tidak perlu mengecek ke reaktor produksi secara terus menerus karena sistem pemantauan keasaman (pH) dan suhu sudah berbasis IoT. Cara kerja sistem ini diawali dengan pembacaan nilai pH oleh sensor SKU SEN0161 dan *temperature* oleh sensor termokopel, kemudian sensor pH dan sensor suhu diletakkan di reaktor biogas untuk mengetahui kadar keasaman (pH) dan suhu biogas. Setelah nilai dari pH dan suhu sudah terbaca oleh sensor, sistem akan mengirimkan data hasil pengukuran pH dan suhu ke *platform thingspeak*, kemudian pemantauan dapat dilakukan melalui ponsel yang datanya didapatkan dari *thingspeak*.

3. Metodologi

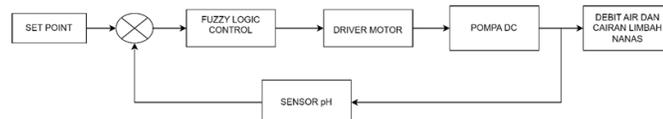
3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1 diatas menunjukkan diagram blok sistem. Arduino uno R3 berfungsi sebagai mikrokontroller. Sensor pH analog berfungsi untuk membaca nilai pH pada drum reaktor. Sensor ultrasonik digunakan untuk membaca nilai level cairan pada tabung reaktor dan lcd 16x2 untuk menampilkan data. Pada diagram blok gambar 1 input dari sistem adalah nilai yang dibaca oleh sensor pH dan sensor level yang menghasilkan output berupa tegangan, yang akan diproses oleh mikrokontroller. Setelah output tegangan diproses oleh mikrokontroller output yang sudah diproses oleh mikrokontroller akan menjadi input dari driver motor yang akan mengontak pompa air, driver motor akan mengontak pompa air saat pH dari cairan berada diatas maupun dibawah set point. Kemudian output dari mikrokontroller juga akan menjadi input dari LCD 16x2 yang akan menampilkan nilai pH dan level yang sudah diproses mikrokontroller akan menjadi input dari buzzer, buzzer akan berbunyi jika nilai level sudah diatas set point yang sudah ditentukan.

3.2 Diagram Blok Kontrol pH



Gambar 2. Diagram Blok Kontrol pH

Pada Gambar 2 diatas dijelaskan input dari diagram diatas adalah set point dari range pH yaitu 4 – 8 dimana set point tersebut akan diproses oleh arduino jika nilai pH kurang atau lebih dari set point berdasarkan feedback dari pembacaan sensor maka arduino akan mengatur driver motor dengan PWM yang kemudian driver motor mengatur pompa DC berdasarkan input dari PWM arduino. Kecepatan motor berhubungan dengan debit air dan cairan limbah nanas, semakin besar PWM dari

arduino semakin besar debit air dan cairan limbah nanas, jika semakin kecil PWM dari arduino maka semakin kecil debit air.

3.3 Perancangan Hardware

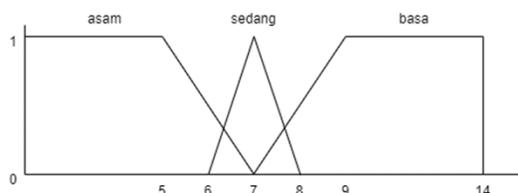


Gambar 3. Perancangan Hardware

Gambar 3 menunjukkan perancangan alat, perancangan alat dengan menggunakan 3 buah drum plastik. Drum reaktok memiliki kapasitas 60L sebagai wadah media cairan pembentukan biogas. 2 drum lainnya berkapasitas 30L yang digunakan untuk cairan limbah buah nanas dan air.

3.4 Perancangan Sistem Fuzzy Logic

Fuzzy adalah salah satu sistem artificial intelligence atau kecerdasan buatan, yakni ilmu yang membuat komputer atau mesin dapat menirukan pemikiran manusia dalam menyelesaikan masalah. Logika fuzzy dapat memberikan nilai output atau dalam jenjang ketidakpastian 0 dan 1. Biasanya sebuah sistem digital hanya dapat memberikan logika 0 dan 1 atau if else, untuk logika fuzzy dapat menentukan output diantara rentang 0 dan 1. Maka dari itu dengan logika fuzzy pengontrolan suatu plan dapat berjalan dengan maksimal. Ada 3 tahap pembentukan sistem fuzzy yaitu, Fuzzyfikasi, Rule base Fuzzy, dan Defuzzifikasi. Perencanaan fuzzy pada plan ini dengan membuat membership function yang dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Membership Function Fuzzy Logic Input pH

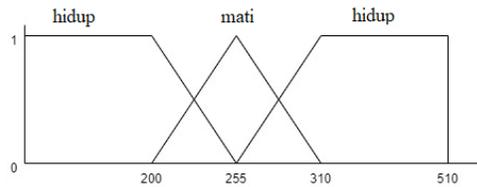
Pada Gambar 4 diatas menunjukkan perancangan pada himpunan fuzzy pH memiliki range sebesar 4 sampai 8. Penentuan batas range ini berdasarkan data pH minimal dan maksimal saat pkl di PT.GREAT GIANT FOOD. Himpunan fuzzy pH memiliki fungsi keanggotaan sebagai berikut.



$$\text{sangat asam } (x) = \begin{cases} 0, & x > 7 \\ \frac{7-x}{7-5} & 5 \leq x \leq 7 \\ 1, & x < 5 \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{normal } (x) = \begin{cases} 0, & x < 6 \text{ atau } x > 8 \\ \frac{x-6}{7-6} & 6 \leq x \leq 7 \\ \frac{8-x}{8-7} & 7 \leq x \leq 8 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{sangat basa } (x) = \begin{cases} 0, & x < 7 \\ \frac{x-7}{9-7} & 7 \leq x \leq 9 \\ 1, & x > 9 \end{cases} \quad (3)$$



Gambar 5. *Membership Function Fuzzy Logic Output Pompa*

Pada Gambar 5 merupakan perancangan pada himpunan fuzzy output memiliki range antara 0 sampai 510 nilai total himpunan fuzzy berikut didapat dari 2 nilai digital arduino yaitu 255 dikali 2 karena menggunakan 2 buah pompa yaitu pompa limbah dan pompa air. Cairan limbah digunakan untuk menaikkan tingkat keasaman cairan pada drum reaktor dan pompa air untuk menurunkan tingkat keasaman pada tabung reaktor. Dengan menggunakan output himpunan fuzzy pada gambar 5 memudahkan untuk penentuan nilai digital pada output arduino yang mana nilai 255 digunakan sebagai nilai Tengah dan nilai normal tingkat keasaman cairan pada drum reaktor dan semakin kekiri akan memberikan perintah untuk menaikkan tingkat keasaman dengan cara menaikkan nilai output pada air limbah begitu pula sebaliknya. Berikut gambar himpunan fuzzy output. Himpunan fuzzy output pompa memiliki fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\text{hidup } (x) = \begin{cases} 0, & 0x > 255 \\ \frac{255-x}{255-200} & 200 \leq x \leq 255 \\ 1, & x < 200 \end{cases} \quad (1)$$



$$mati(x) = \begin{cases} 0, & x < 200 \text{ atau } x > 300 \\ \frac{x-200}{255-200} & 200 \leq x \leq 255 \\ \frac{310-x}{310-255} & 255 \leq x \leq 310 \end{cases} \quad (2)$$

$$hidup(x) = \begin{cases} 0, & x < 255 \\ \frac{x-255}{310-255} & 255 \leq x \leq 310 \\ 1, & x < 310 \end{cases} \quad (3)$$

3.5 Rulebase Fuzzy Logic

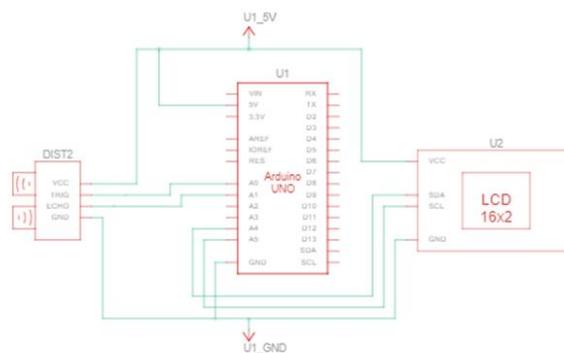
Pembuatan rule base fuzzy pada penelitian kali ini dibuat berdasarkan hasil pengoptimalan fungsi keanggotaan pada diagram cartecius. Berikut merupakan tabel fuzzy rule dari plant.

Tabel 1. RuleBase Fuzzy Logic

1	<i>If ph is asam then pompa air is on</i>
2	<i>If ph normal then pompa is off</i>
3	<i>If ph is basa then pompa limbah is on</i>

3.6 Perancangan

Ultrasonik

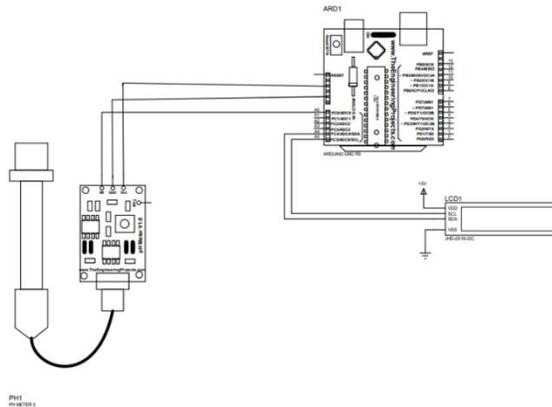


Gambar 6. Wiring Sensor Ultrasonik

Pada Gambar 6 diatas merupakan wiring sensor Ultrasonik, Proses ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar sensitivitas dan keakuratan sensor tersebut dalam hal mendeteksi benda, yang kemudian dibandingkan dengan penggaris sebagai pembanding untuk dianalisis dalam keadaan baik dan siap digunakan atau tidak. Pin Ultrasonik yang disambungkan ke mikroprosesor yaitu

Ground, VCC 5 Volt, Pin A0 dan Pin A1. Sedangkan pin lcd yang disambungkan ke mikroprosesor yaitu Ground, VCC 5 Volt, SDA dan SCL.

3.7 Perancangan Sensor pH



Gambar 7. Wiring Sensor pH

Pada Gambar 7 diatas merupakan wiring sensor pH, Proses ini memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik sensor yang cocok digunakan untuk plant dan apakah sensor dapat berkerja dengan baik atau tidak. Sensor Ph yang akan digunakan adalah sensor Ph E201 -C BNC, keluaran dari sensor ini berupa tegangan sensor yang kemudian dikonversi dalam nilai Ph. Pengujian sensor dilakukan dengan menggunakan beberapa sumber diantaranya carian buffer asam dan basa selain itu juga menggunakan cairan dari limbah nanas. Pengujian dilakukan dengan mencelupkan probe dari sensor Ph yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroller kedalam cairan atau larutan yang akan menjadi sampel yang nanti hasilnya akan ditampilkan di LCD 16x2 dan hasil pembacaan sensor akan dibandingkan dengan pH meter. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui seberapa besar sensitivitas dan keakuratan dari sensor, yang kemudian data output dari sensor akan dibandingkan dengan nilai pH yang terbaca oleh pH meter untuk dianalisis dalam keadaan baik dan siap digunakan atau tidak.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 diuji untuk melihat apakah sensor dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan membandingkan jarak benda yang terbaca oleh sensor dengan penggaris. Berikut hasil pengujian pada Tabel 2.



Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Jarak (cm)	Nilai penggaris	Nilai sensor	Error(%)
0	0	0	0
16	16	16	0
30	30	30	0
15	15	15	0
8	8	8	0
10	10	10	0
12	12	12	0
14	14	14	0
20	20	20	0
25	25	25	0
Rata-rata			0

Pada Tabel 2 dapat dilihat sensor dapat bekerja dengan baik dengan hasil error sebesar 0%.

4.2 Pengujian Sensor pH

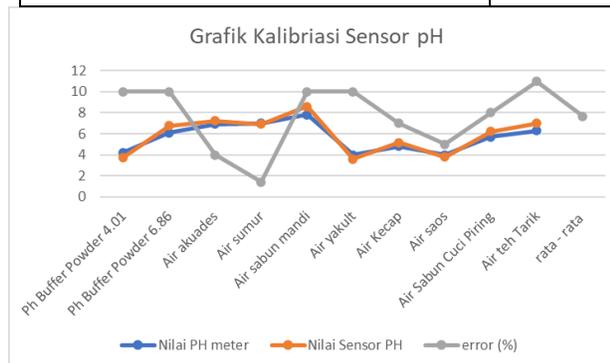
Sensor pH E201 – C BNC diuji untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai yang terbaca oleh sensor dan nilai yang terbaca pada pH meter dengan dibandingkan dengan beberapa cairan yang berbeda untuk pengujiannya. Berikut hasil pengujian pada Tabel 3 dan pada Gambar 8.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor pH

Nama Cairan	Nilai PH meter	Nilai Sensor PH	error (%)
Ph Buffer Powder 4.01	4.2	3.76	10



Ph Buffer Powder 6.86	6.1	6.76	10
Air akuades	6.9	7.24	4
Air sumur	7	6.9	1.4
Air sabun mandi	7.8	8.6	10
Air yakult	4	3.6	10
Air Kecap	4.8	5.15	7
Air saos	4	3.8	5
Air Sabun Cuci Piring	5.7	6.2	8
Air teh Tarik	6.3	7	11
rata - rata			7.64



Gambar 8. Grafik Pengujian Sensor pH

Dari hasil pengujian pada Tabel 3 dan Gambar 8 diatas didapatkan nilai rata – rata error sensor pH sebesar 7.64% dengan rata – rata nilai error tersebut sensor pH dapat bekerja dengan baik.

4.3 Pengujian Keseluruhan

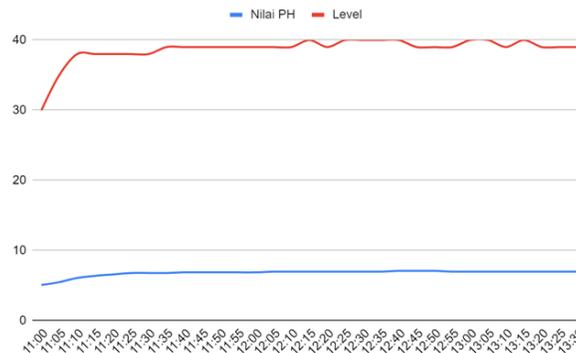
Pengujian keseluruhan pada sistem bertujuan untuk mengetahui keefektifan plan untuk mengontrol pH dan level dan keefektifan fuzzy logic pada saat proses



pembentukan biogas terjadi. Berikut hasil pengujian keseluruhan pada Tabel 4 dan pada Gambar 9.

Tabel 4. Hasil Pengujian Keseluruhan

Nilai PH	Pompa Air Status	Pompa Limbah Status	Level	Waktu (menit)
5.1	on	off	30	11:00
5.5	on	off	35	11:05
6.1	on	off	38	11:10
6.4	on	off	38	11:15
6.6	on	off	38	11:20
6.8	on	off	38	11:25
6.8	on	off	38	11:30
6.8	on	off	39	11:35
6.9	on	off	39	11:40
6.9	on	off	39	11:45
6.9	on	off	39	11:50
6.9	on	off	39	11:55
6.9	on	off	39	12:00
7	off	off	40	12:05
7	off	off	40	12:10
7	off	off	39	12:15
7	off	off	40	12:20
7	off	off	40	12:25
7	off	off	39	12:30
7	off	off	39	12:35
7.1	off	on	39	12:40
7.1	off	on	40	12:45
7.1	off	on	40	12:50
7	off	off	39	12:55
7	off	off	39	13:00
7	off	off	40	13:05
7	off	off	39	13:10
7	off	off	39	13:15
7	off	off	39	13:20
7	off	off	39	13:25
7	off	off	40	13:30



Gambar 9. Grafik Perubahan pH dan *Level*

Pada pengujian diatas didapatkan hasil pengujian berupa data dan grafik. Nilai pH dapat mempengaruhi level dikarenakan saat nilai pH dibawah set point pompa air atau pompa limbah akan menyala yang menyebabkan level juga bertambah dapat dilihat pada tabel 4. Untuk perubahan pH dibutuhkan waktu sekitar 1 jam untuk mencapai set point dalam dilihat pada tabel 4 pada nomer 1 sampai 13 dan pada gambar grafik perubahan nilai pH dapat dilihat pada grafik ada peningkatan nilai yang ditandakan dengan berubah nya grafik yang semula berada dikisaran nilai 5,1 hingga mencapai nilai 7. Dan pada penambahan cairan nilai level berada di angka 30 – 40cm.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah alat yang dirancang berhasil mengontrol pH dan *level* saat terjadi proses pembentukan biogas pada media di drum reaktor secara efektif dalam kurun waktu 3 hari, sistem kontrol *fuzzy logic* yang digunakan untuk mengontrol pH dan *level* pada drum reaktor media pembentukan biogas. Sistem kontrol *fuzzy logic* ini mempunyai satu inputan yakni nilai pH pada media, yang mana outputan *fuzzy* berupa rpm pompa air untuk mengatur debit cairan air dan limbah untuk menjaga nilai pH yang terhubung pada driver motor. Dalam perancangan terdapat 3 *rules fuzzy* yang dihasilkan dari kombinasi 1 himpunan keanggotaan pH dan 1 himpunan keanggotaan output pompa, dan hasil yang didapatkan seperti pada Tabel 4 dan Gambar 9 dimana hasil pengujian pengontrolan mendapatkan hasil yang baik. Dengan demikian dapat disimpulkan *fuzzy logic* dapat mengontrol pH dengan baik dan



sesuai dengan plant dan dapat disimpulkan bahwa alat ini mampu mengontrol pH dan *level* media pembentuka biogas dengan baik.

6. Daftar Referensi

- [1] Anggiani, Putri Diah. (2016). PREDIKSI PROSENTASE KANDUNGAN METHANE (CH₄) DAN ENERGI BIOGAS BERBAHAN DASAR LIMBAH BUAH NANAS (*Ananas comusus L.*).
- [2] Apriyanto, Sandy Tyas Wahyu., Hunaini, Fachrudin & Effendy, Dedi Usman. (2019). RANCANG BANGUN PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN pH LIMBAH CAIR DENGAN METODE FUZZY SECARA WIRELESS. Conference on Innovation and Application Of Science and Technology (CIASTECH).
- [3] Asmiarti. (2019). KUALITAS BAHAN BIOGAS DAN BIOGAS FESES SAPI DAN LIMBAH KULIT NANAS (*Ananas comusus L. Merr*) DENGAN C/N RASIO YANG BERBEDA. Y. Yorozu, M.
- [4] Cahyadi., Hidayat Taopik., & Budianto Dwika. (2019). PEMODELAN LOGIKA FUZZY PADA REAKTOR BIOGAS ANAEROB. Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri.
- [5] Hariyadi., D.L, Tri Retno., & Siswanto. (2012). PEMANFAATAN BAGASE TEBU DAN LIMBAH NANAS SEBAGAI BAHAN BAKU PENGHASIL BIOGAS. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 2(2), 56-64.
- [6] Kuswari, Zeta. (2022). PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH TAHU TERHADAP PEMBUATAN BIOGAS BERBAHAN LIMBAH KULIT NANAS (*Ananas comusus*).
- [7] Martani, Maylita., & Endarko. (2014). Perancangan Dan Pembuatan Sensor Level Untuk Sistem Kontrol Pada Proses Pengendapan Caco₃ Dalam Air Dengan Metode Medan Magnet. *JURNAL SAINS DAN SENI POMITS*, (Vol.3, No.2).
- [8] Mufida, Elly., Anwar, Rian Septian., Khodir, Rivai Abdul., & Rosmawati, Indri Prihan. (2020). Perancangan Alat Pengontrol pH Air Untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno. *INSANtek*, (Vol.1, No.1).
- [9] Hamdani, Muhammad Willy., Stefanie, Arnisa., & Saragih, Yuliarman. (2022). Perancangan dan Implementasi Metode Kontrol Fuzzy Logic Mamdani Pada Sistem Kontrol TDS dan pH Hidroponik. *Jurnal TEKNOLOGI TERPADU*, (Vol. 10, No.2).
- [10] Nurkhasanah, Siti., Ganefati, Sri Puji., & Muryoto. (2011). PENGARUH PENAMBAHAN BIOSTARTER LIMBAH NANAS TERHADAP VOLUME BIOGAS YANG DIHASILKAN.
- [11] Oetomo, Dimas Prasetyo & Soehartanto, Totok. (2013). Perancangan Sistem Pengukuran pH dan Temperatur Pada Bioreaktor Anaeron Tipe Semi-Batch. *JURNAL TEKNIK POMITS*, (Vol. 2, No. 3)



- [12] Rahajoeningroem, Tri., Mardika, Asgia Setya. (2021). Sistem kendali dan Monitoring Parameter Limbah Cair Tahu sebagai Larutan Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things. TELEKONTRAN, (Vol.9, No.1)
- [13] Rianto, Agus. (2022). Pengaruh Nilai Float Terhadap Pengaturan Pada Modul PH-4502C dengan Sensor pH Electrode BNC E-201C Terhadap Perubahan Output Nilai pH. Politeknosains, (Vol.21, No.2).
- [14] Utami, Sri., Iriani, Purwinda., & Suprianti, Yanti. (2019). Sistem Monitoring pH dan Volume Biogas Digester Dua Tahap Menggunakan Mikrokontroller. ELKOMIKA, (Vol.7, No.1), 126-137.
- [15] Wibowo, Rizky Ari., Suhendi, Asep & Kirom, M. Ramdhan. (2021). RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KADAR KEASAMAN (pH) DAN SUHU PADA BIODIGESTER ANAEROB BERBASIS INTERNET OF THINGS. E-Proceeding of Engineering 8(5), 5908.