

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KADAR KEASAMAN (pH) DAN SUHU PADA BIODIGESTER ANAEROB BERBASIS INTERNET OF THINGS

(DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INTERNET OF THINGS BASED ACIDITY (pH) AND TEMPERATURE MONITORING SYSTEM ON ANAEROB BIODIGESTER)

Rizky Ari Wibowo¹, Asep Suhendi², M. Ramdhan Kirom³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

rizkyariw@student.telkomuniversity.ac.id¹, suhendi@telkomuniversity.ac.id²,
mramdhankirom@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Biogas merupakan sumber energi alternatif yang dihasilkan dari proses fermentasi limbah organik yang didalamnya mengandung bakteri-bakteri *anaerob*. Pada proses pembentukan biogas terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi produk biogas diantaranya kadar keasaman (pH) dan suhu. Penelitian kali ini dilakukan untuk memastikan proses pembentukan biogas bekerja dengan optimum serta dapat meminimalkan kegagalan yang terjadi saat proses pembentukan biogas maka dapat dibuat suatu sistem pemantauan pH pada proses produksi biogas berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem pemantauan pH bertujuan untuk memantau kadar keasaman (pH) dan suhu pada reaktor biogas agar proses produksi biogas menghasilkan kualitas yang bagus. Kemudian hasil pengukuran yang terbaca oleh sensor akan dikirim ke *platform Thingspeak*. Setelah dilakukan perancangan dan pengujian, alat sistem pemantauan menghasilkan kinerja yang cukup baik, dimana sistem dapat bekerja dengan baik selama proses pemantauan. Selain itu alat yang telah dirancang memiliki tingkat *error* yang rendah, untuk sensor Ph sebesar 2,9465%. Sedangkan untuk sensor suhu sebesar 3,243%. Selama proses pemantauan berlangsung sistem cukup baik dengan tingkat keberhasilan pengiriman data pemantauan pertama sebesar 79,86% dan tingkat keberhasilan pengiriman data pada pemantauan kedua sebesar 82,70%. Oleh karena itu alat pemantauan yang telah dirancang dapat digunakan oleh pengguna biogas dalam meningkatkan produktivitas pembuatan biogas mereka.

Kata kunci: biogas, pemantauan, pH, suhu, dan *internet of things*.

Abstract

Biogas is an alternative energy source produced from the fermentation process of organic waste which contains anaerobic bacteria. In the process of biogas formation, there are several factors that can affect biogas products including acidity (pH) and temperature. This research was conducted to ensure the biogas formation process works optimally and can minimize failures that occur during the biogas formation process, so a pH monitoring system can be made for the Internet of Things (IoT) based biogas production process. The pH monitoring system aims to monitor the acidity (pH) and temperature in the biogas reactor so that the biogas production process produces good quality. Then the measurement results read by the sensor will be sent to the Thingspeak platform. After designing and testing, the monitoring system tool produces a fairly good performance, where the system can work well during the monitoring process. In addition, the tool that has been designed has a low error rate, for the pH sensor namely 2.9465%. As for the temperature sensor, it is 3.243%. During the monitoring process, the system was quite good with the success rate of sending data for the first monitoring of 79.86% and the success rate of sending data in the second monitoring of 82.70%. Therefore, the monitoring tool that has been designed can be used by biogas users in increasing their biogas production productivity.

Keywords: biogas, monitoring, pH, temperature, and *internet of things*.

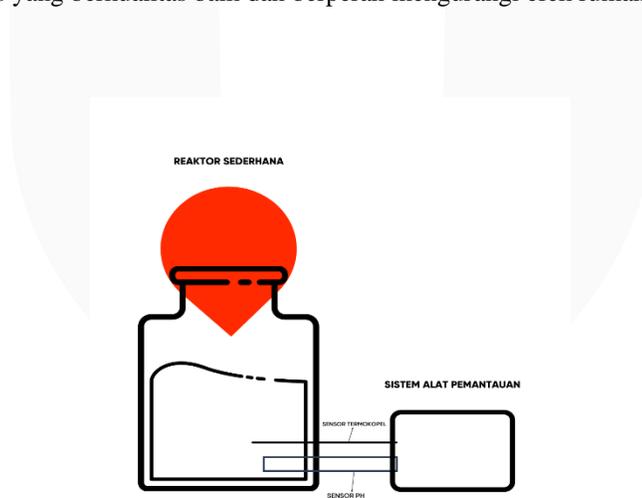
1. Pendahuluan

Kebutuhan energi yang semakin meningkat memiliki dampak terhadap jenis-jenis energi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat sehari-hari[1]. Karena kebutuhan energi yang meningkat, tingkat konsumsi masyarakat terhadap energi pun meningkat[1]. Energi yang sering digunakan oleh masyarakat salah satunya adalah minyak bumi. Minyak bumi merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui, sehingga jika terus menerus digunakan akan menyebabkan stok minyak bumi menipis dan paling parahnya ialah tidak ada lagi minyak bumi atau habis[2]. Penipisan ketersediaan minyak bumi ini mengakibatkan harga bahan bakar minyak semakin melonjak.

Untuk menanggulangi krisis energi berbahan dasar minyak bumi, sangat perlu dikembangkan energi yang dapat diperbaharui. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan ialah biogas. Biogas dihasilkan dari proses fermentasi limbah organik yang didalamnya mengandung bakteri-bakteri *anaerob* atau bakteri yang dapat berkembang diruang tanpa oksigen[3]. Pada proses pembentukan biogas terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi produk biogas diantaranya kadar keasaman (pH) dan suhu[4]. Apabila nilai dari pH tidak optimum atau terlalu asam maka dapat menurunkan kualitas dari produk biogas, dan apabila nilai dari pH berlebihan atau terlalu basa maka dapat menghasilkan produk biogas dengan kandungan karbondioksida (CO_2) yang tinggi[5].

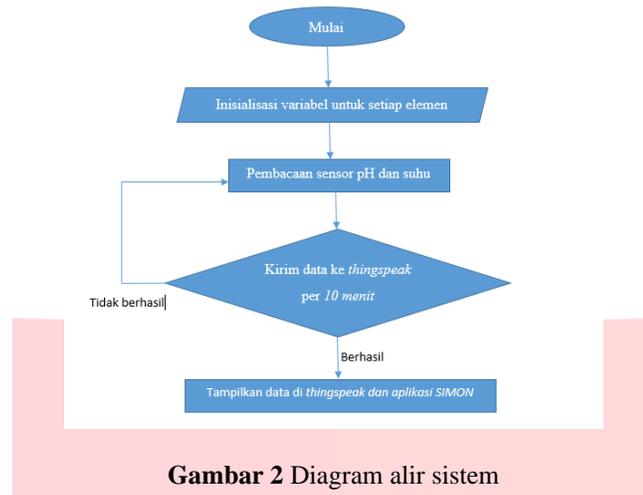
Penelitian ini sudah ada sebelumnya yaitu Sistem Monitoring pH dan Volume Biogas Digester Dua Tahap menggunakan Mikrokontroler[6]. Namun terdapat kekurangan pada penelitian sebelumnya yaitu proses pengiriman data menggunakan *sd card* sebagai media penyimpanan yang mengakibatkan proses *monitoring* data harus secara *offline*. Pada penelitian kali ini proses pengiriman data dilakukan secara *Internet of Things*, sehingga dapat memudahkan pemantauan pH untuk memastikan proses pembentukan biogas bekerja dengan optimum serta dapat meminimalkan kegagalan yang terjadi saat proses pembentukan biogas[7]. Maka dari itu dapat dibuat suatu sistem pemantauan pH pada proses produksi biogas berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem *monitoring* pada penelitian ini dibuat untuk memudahkan produsen dalam memantau kondisi pH walaupun sedang tidak berada di area reaktor. Selain itu, hasil dari penelitian kali ini diharapkan dapat memantau proses produksi biogas agar dapat menghasilkan biogas yang berkualitas baik dan berperan mengurangi efek rumah kaca pada masa yang akan datang[8].

2. Perancangan



Gambar 1 Desain sistem reaktor biogas sederhana

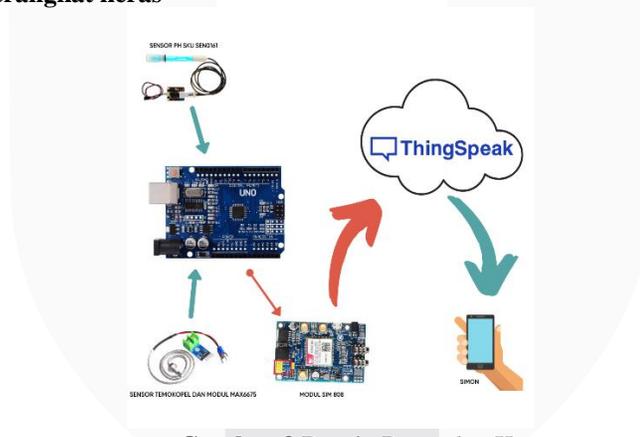
Pada gambar 1 menjelaskan bahwa reaktor biogas sederhana yang dibuat menggunakan bahan dari botol bekas air mineral. Kemudian botol air mineral dibuat agar kedap udara, lalu diatas botol ditambahkan balon untuk mengetahui ada atau tidaknya gas yang dihasilkan saat proses pembuatan biogas. Cara kerja dari sistem pemantauan pH pada proses produksi biogas berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir sistem

Pada gambar 2 menampilkan proses diagram alir dari sistem yang akan dirancang pada penelitian ini. Sistem diawali dengan pembacaan nilai pH dan temperatur oleh sensor. Kemudian sensor pH dan sensor suhu diletakkan di reaktor biogas untuk mengetahui kadar keasaman (pH) dan suhu biogas. Setelah nilai dari pH dan suhu terbaca oleh sensor, maka sistem akan mengirimkan data hasil pengukuran nilai pH dan suhu yang terbaca ke platform *thingspeak*. Kemudian pemantauan dapat dilakukan melalui aplikasi berbasis ponsel yang datanya didapatkan dari *thingspeak*.

2.1 Perancangan perangkat keras



Gambar 3 Desain Perangkat Keras

Gambar 3 menunjukkan gambaran perangkat keras yang akan digunakan pada perancangan sistem pemantauan pH dan suhu pada reaktor biogas. Arduino pada perangkat penelitian ini digunakan sebagai pemroses nilai kadar keasaman (pH) yang akan menggunakan sensor pH SKU SEN0161 dan suhu yang akan menggunakan sensor termokopel yang terintegrasi dengan modul MAX6675 pada reaktor biogas, kemudian modul SIM 808 yang sudah terintegrasi dengan Arduino akan mengirimkan data ke *thingspeak*. Data yang sudah diunggah ke *thingspeak* dapat dilihat juga pada aplikasi SIMON melalui ponsel pengguna.

Sistem pemantauan pH bertujuan untuk memantau kadar keasaman (pH) dan sistem pemantauan suhu bertujuan untuk memantau perubahan suhu pada reaktor biogas agar proses produksi biogas menghasilkan kualitas yang bagus. Selain itu juga sistem pemantauan ini dapat memudahkan produsen saat ingin memproduksi biogas, karena produsen tidak perlu mengecek ke reaktor produksi biogas secara

terus menerus. Hal itu dapat dilakukan dari jarak jauh, karena sistem pemantauan pH sudah berbasis IoT yang di integrasikan dengan *platform Thingspeak* dan dapat dilihat datanya dalam aplikasi SIMON.

2.2 Perancangan perangkat lunak

Dalam perancangan perangkat lunak sistem ini akan digunakan Arduino IDE sebagai aplikasi pemrograman untuk memberikan perintah Arduino UNO dalam melakukan monitoring kadar keasaman (pH) dan suhu. Selain itu terdapat juga *Platform thingspeak* sebagai *cloud* untuk menyimpan data hasil dari pengukuran sensor pH dan suhu yang dikirim oleh Arduino UNO menggunakan Modul SIM808. Untuk desain aplikasi sistem *monitoring* (SIMON) dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Desain aplikasi SIMON

Gambar 4 menampilkan desain dari aplikasi SIMON yang akan dibuat. Adapun fitur yang ada pada *platform thingspeak* nantinya seperti memantau kondisi pH pada reaktor biogas dan juga suhu pada reaktor biogas. Pemantauan pada *thingspeak* berfungsi untuk menampilkan setiap data hasil pengukuran sensor pH dan sensor suhu. Data yang akan ditampilkan berupa nilai pH dan suhu secara *real time*. Kemudian dari *thingspeak* diambil datanya untuk ditampilkan pada sebuah aplikasi. Aplikasi yang akan dibuat nantinya akan terdapat tampilan dari nilai pH yang terpantau dan nilai suhu yang terpantau. Selain itu, aplikasi SIMON dapat menampilkan grafik dari data yang sudah tersimpan di *thingspeak* dengan cara mengklik tombol grafik yang ingin ditampilkan.

3. Pembahasan

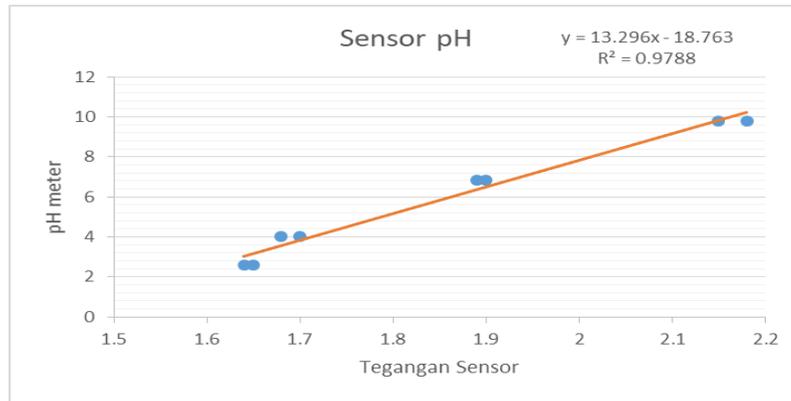
3.1. Kalibrasi

Sebelum melakukan pengujian pada alat yang sudah dirancang diperlukan kalibrasi alat guna mencapai tingkat akurasi yang baik, agar standarisasi alat tetap terjaga, kalibrasi diperlukan untuk menjaga kualitas dari alat yang akan digunakan. Kalibrasi berpengaruh terhadap hasil dari nilai yang terbaca oleh alat saat proses pengujian nanti. Pada proses kalibrasi ini dilakukan terhadap sensor pH dan sensor suhu.

3.1.1 Kalibrasi sensor pH

Sensor pH SKU SEN0161 merupakan sensor yang digunakan untuk melakukan pengukuran nilai pH pada penelitian ini. Keluaran dari sensor ini berupa tegangan sensor yang kemudian dikonversi ke dalam nilai pH. Pada penelitian kali ini dilakukan proses kalibrasi dengan membandingkan nilai keluaran tegangan sensor pH SKU SEN0161 dengan nilai yang terbaca dari pH meter.

Nilai tegangan yang terbaca dari mikrokontroler kemudian akan dibandingkan dengan nilai pH meter agar mendapatkan persamaan kalibrasi, nilai perbandingan tersebut kemudian membentuk sebuah grafik hubungan antara nilai nilai pH meter dengan tegangan sensor yang dapat dilihat pada gambar 5.

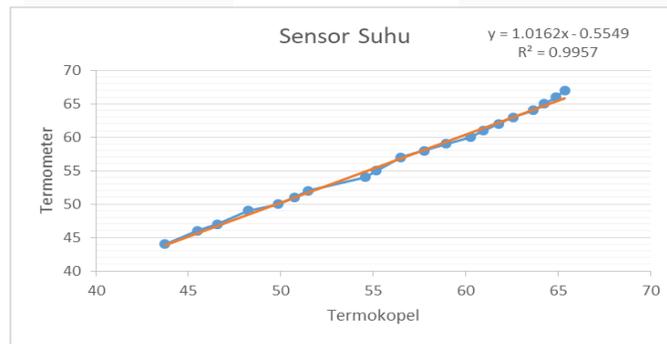


Gambar 5 Grafik hasil dari kalibrasi kedua sensor pH

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa hubungan antara tegangan sensor dengan pH meter memunculkan sebuah persamaan linier dengan nilai $y = 13,296x - 18,763$ dan nilai linearitas $R^2 = 0,9788$. Persamaan yang didapatkan dari kalibrasi ini kemudian akan digunakan dalam proses pengolahan data di mikrokontroler untuk mendapatkan nilai pH yang aktual.

3.1.2 Kalibrasi sensor suhu

Sensor termokopel merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur nilai temperatur pada penelitian ini. Keluaran dari sensor termokopel adalah sebuah tegangan, tegangan dari termokopel dikondisikan oleh modul max6675 agar keluaran dari termokopel yang terbaca di mikrokontroler merupakan nilai dari temperatur. Nilai yang didapat saat kalibrasi sensor termokopel kemudian dibandingkan dengan sensor termometer, untuk mendapatkan nilai aktual yang lebih akurat. Dari perbandingan kedua nilai tersebut akan didapatkan sebuah grafik yang dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini :



Gambar 6 Grafil hasil dari kalibrasi kedua sensor suhu

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa hubungan antara temperatur termometer dengan termokopel memunculkan sebuah persamaan linier dengan nilai $y = 1,010162x - 0,5549$ dan nilai linearitas $R^2 = 0,9957$. Persamaan yang didapatkan dari kalibrasi ini kemudian akan digunakan dalam proses pengolahan data di mikrokontroler untuk mendapatkan nilai temperatur yang aktual.

3.2 Pengujian

Pengujian dilakukan setelah proses kalibrasui selesai. Untuk mengetahui alat yang dirancang sudah berfungsi dengan baik maka dilakukan pengujian alat. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan

hasil dari tingkat keakurasian dan *error* pada pembacaan nilai sensor. Untuk mendapatkan hasil tingkat keakurasian dan *error* dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$\text{Akurasi} = 100 - \text{persentase nilai } error \tag{1}$$

Dimana nilai dari persentase *error* bisa didapatkan dengan menggunakan persamaan

$$Error (\%) = \frac{pH \text{ meter} - \text{sensor } pH}{\text{Nilai } pH \text{ meter}} \times 100\% \tag{2}$$

Dari persamaan (2), didapatkan nilai persentase *error* dari setiap pengujian yang sudah dilakukan, kemudian dari beberapa persentase *error* dirata-ratakan menggunakan persamaan

$$\bar{E} = \frac{\sum Error}{N} \tag{3}$$

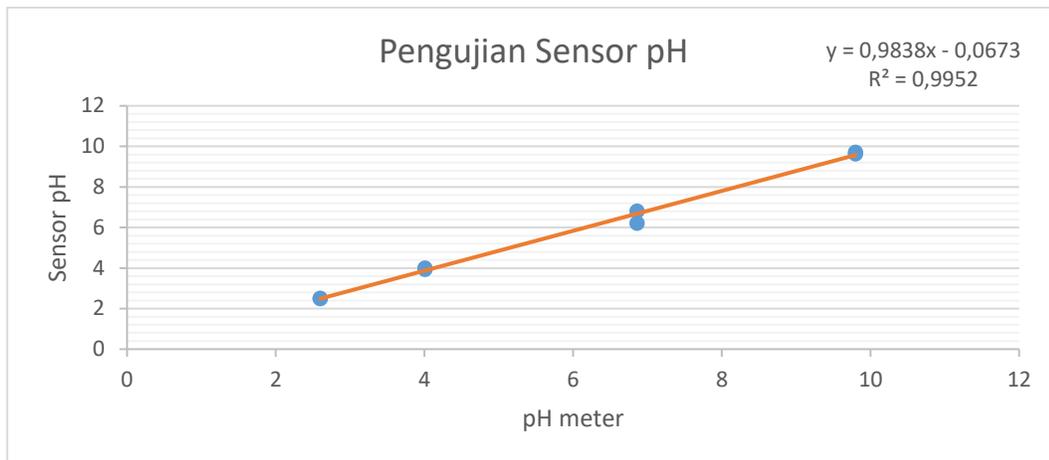
3.2.1 Pengujian sensor pH

Pengujian sensor dilakukan dengan menggunakan beberapa sumber diantaranya cairan buffer asam dan basa masing masing 4,01 dan 6,86, selain itu larutan kulit pisang dan cuka. Pengujian dilakukan dengan mencelupkan probe dari sensor pH SKU SEN0161 yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler kedalam cairan atau larutan yang akan menjadi sampel yang hasilnya akan ditampilkan di serial monitor arduino. Untuk hasil dari proses pengujian sensor pH dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor pH

pH meter	Sensor Sku Sen0161	Keterangan	Persentase Error
6,86	6,8	Basa	0,874635569
6,86	6,2	6,86	9,620991254
4,01	3,93	Asam	1,995012469
4,01	4	4,01	0,249376559
2,6	2,49	Larutan	4,230769231
2,6	2,5	Cuka	3,846153846
9,8	9,63	Air	1,734693878
9,8	9,7	Sabun	1,020408163

Hasil dari pengukuran pH dengan menggunakan sensor sku sen0161 akan dibandingkan hasilnya dengan hasil pengukuran pH meter sebagai nilai referensi dari nilai ph. Dari hasil perbandingan akan didapatkan akurasi serta *error* pada pembacaan nilai pH oleh sensor alat.



Gambar 7 Grafik Pengujian Sensor pH

Dari gambar 7 menunjukkan grafik perbandingan antara nilai pH dari sensor yang akan digunakan pada alat dan pH meter yang sudah terkalibrasi. Dari perbandingan nilai dari kedua sensor akan didapatkan nilai dari akurasi sensor pH yang akan digunakan pada alat dengan persamaan (1). Kemudian dari persamaan (2), didapatkan nilai persentase *error* dari setiap pengujian yang sudah dilakukan, lalu dari beberapa persentase *error* dirata-ratakan menggunakan persamaan (3). Sehingga didapatkan hasilnya bahwa nilai dari rata-rata *error* untuk pengujian sensor pH didapatkan nilai *error* sebesar 2,9465% dan tingkat akurasi sebesar 97,05349%.

3.2.2 Pengujian sensor suhu

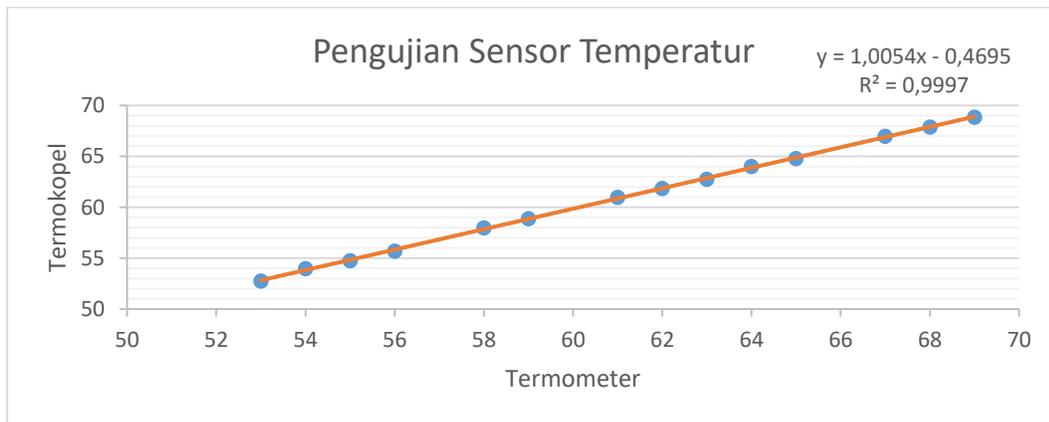
Pengujian sensor dilakukan dengan menggunakan sumber air yang telah dipanaskan. Kemudian termokopel dan max6675 yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler dicelupkan kedalam air tersebut. Hasil dari pembacaan termokopel dapat dilihat di serial monitor arduino. Untuk hasil dari pengujian sensor suhu termokopel dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Suhu Termokopel

Termometer	Termokopel	Persentase Error
69	68,86	0,202898551
68	67,88	0,176470588
67	66,98	0,029850746
65	64,78	0,338461538
64	63,99	0,015625
63	62,75	0,396825397
62	61,86	0,225806452
61	60,96	0,06557377
59	58,88	0,203389831
58	57,98	0,034482759
56	55,68	0,571428571

55	54,76	0,436363636
54	53,96	0,074074074
53	52,75	0,471698113

Hasil dari pengukuran temperatur dengan menggunakan sensor termokopel yang akan digunakan pada alat untuk pengukuran suhu akan dibandingkan dengan sensor termometer sebagai referensi nilai temperaturnya. Dari hasil perbandingan akan didapatkan nilai dari *error* dan akurasi sensor termokopel dan max6675.

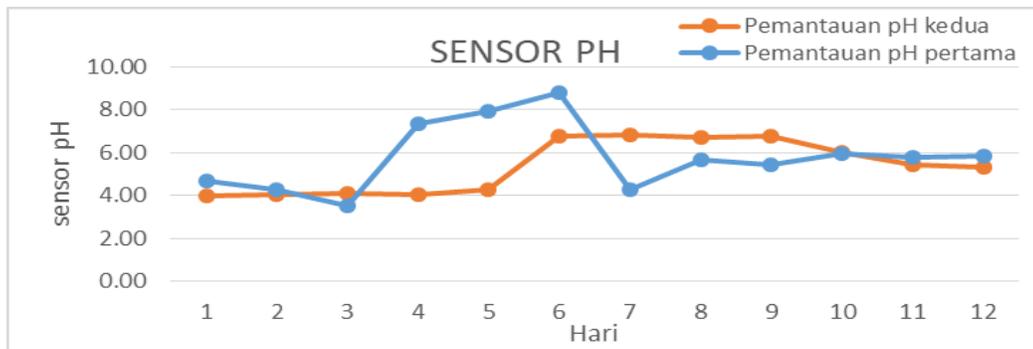


Gambar 8 Grafik Pengujian Sensor Suhu Termokopel

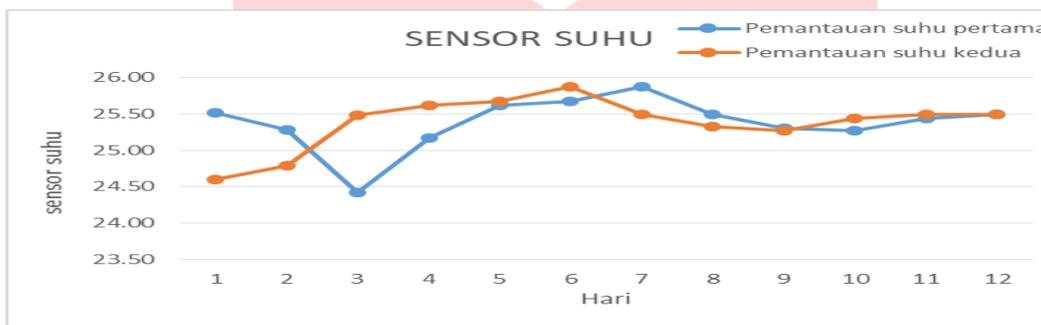
Dari gambar 8 yang menunjukkan nilai perbandingan antara sensor termokopel yang akan digunakan sebagai sensor temperatur pada alat dengan sensor termometer yang akan digunakan sebagai nilai referensi temperatur. Dari perbandingan nilai dari kedua sensor akan didapatkan nilai dari akurasi sensor suhu yang akan digunakan pada alat dengan persamaan (1). Kemudian dari persamaan (2), didapatkan nilai persentase *error* dari setiap pengujian yang sudah dilakukan, lalu dari beberapa persentase *error* dirata-ratakan menggunakan persamaan (3). Sehingga pada saat pengujian didapatkan hasil *error* pada pengujian sensor termokopel dan max6675 sebesar 3,243% serta memiliki tingkat akurasi 96,7571%.

3.3 Hasil kinerja alat

Pada proses pengujian kinerja alat, telah diamati kinerja alat secara menyeluruh berupa kinerja sistem pemantauan nilai pH dan temperatur berbasis mikrokontroler. Pengujian kinerja alat dilakukan dengan mengoperasikan alat untuk memantau perubahan nilai pH dan temperatur pada reaktor biogas sederhana. Dalam proses pemantauan substrat yang digunakan dalam proses pengujian menggunakan nasi yang sudah basi, Pada proses pemantauan alat dilakukan selama 11 hari.



Gambar 9 Grafik nilai pH selama proses pemantauan

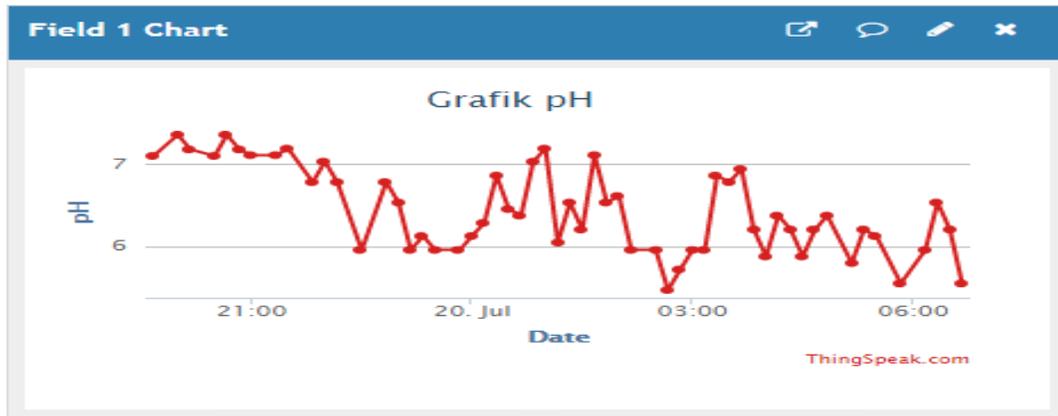


Gambar 10 Grafik nilai suhu selama proses pemantauan

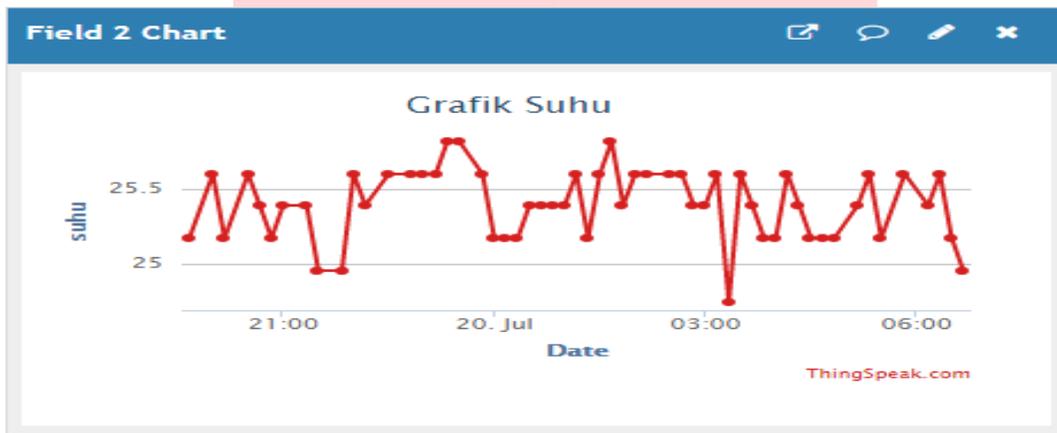
Gambar 9 dan gambar 10 menunjukkan nilai sensor pH dan sensor suhu selama proses pemantauan. Selama proses pemantauan alat akan mengirimkan data pengukuran pH dan temperatur ke platform *thingspeak* setiap 10 menit, yang kemudian dapat dilihat di web *thingspeak* atau juga dapat dilihat pada aplikasi SIMON berbasis ponsel yang sudah dibuat. Selama proses pemantauan alat bekerja dengan cukup baik mampu memberikan nilai secara *real time* dan dapat diakses melalui ponsel pengguna. Selain itu, hasil pemantauan juga dapat di unduh pada platform *thingspeak* dengan format csv yang dapat diakses menggunakan microsoft excel. Sehingga data yang tersimpan dapat dengan mudah digunakan untuk menganalisa dan mengatasi berbagai macam kendala yang terjadi pada saat proses pembuatan biogas. Selama proses pemantauan sensor pH dan sensor suhu memberikan nilai yang cukup akurat dapat dilihat dari awal proses pembentukan biogas hingga produksi biogas sudah mulai berkurang.

3.4 Hasil kinerja sistem pemantauan

Selama pemantauan pertama dan kedua alat beroperasi selama 11 hari, dilakukan pengiriman data nilai pH dan temperatur ke platform *Thingspeak* dan aplikasi SIMON berbasis ponsel yang sudah dibuat agar dapat dilakukan pemantauan secara *real time*. Dalam sistem yang dirancang pengiriman data dilakukan setiap 10 menit sekali. Tampilan data nilai pH dan temperatur di *Thingspeak* ditunjukkan masing-masing pada gambar 11 dan gambar 12.



Gambar 11 Tampilan Data Grafik Sensor pH pada platform thingspeak

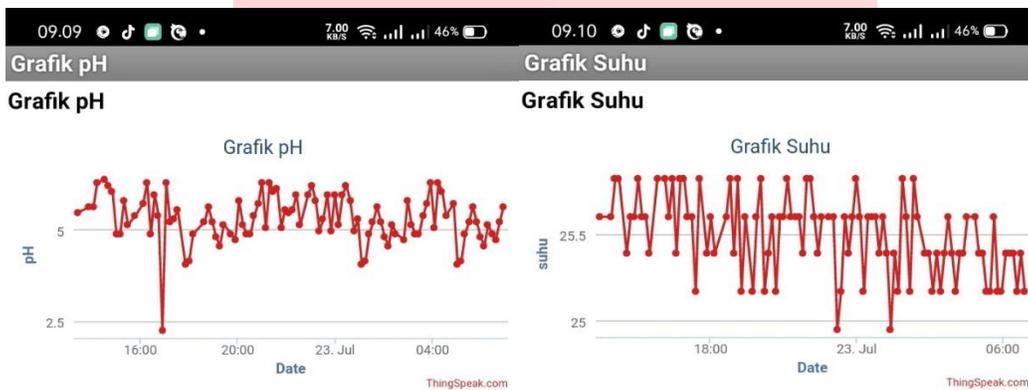


Gambar 12 Tampilan Data Grafik Suhu pada platform thingspeak

Gambar 11 dan gambar 12 menunjukkan hasil pemantauan selama proses produksi biogas. Selain dapat dipantau melalui situs *thingspeak.com* data pengukuran juga dapat dilihat melalui aplikasi sistem *monitoring* (SIMON). SIMON merupakan aplikasi yang dirancang untuk melakukan pemantauan terhadap nilai pH dan temperatur biogas. Tampilan awal aplikasi SIMON, data nilai pH dan temperatur di aplikasi diunjukkan masing- masing pada gambar 13 dan gambar 14.



Gambar 13 Tampilan awal aplikasi SIMON



(a)

(b)

Gambar 14 (a) Tampilan Grafik Sensor pH pada aplikasi SIMON dan (b) Tampilan Grafik Sensor Suhu pada aplikasi SIMON

Gambar 13 dan gambar 14 menunjukkan tampilan dari aplikasi SIMON. Aplikasi ini memudahkan pengguna untuk memantau proses produksi biogas secara *real time* ketika sedang tidak berada dilokasi. Aplikasi ini sederhana namun menampilkan nilai dari indikator yang cukup mudah dipahami oleh pengguna. Selama proses pemantauan produksi biogas aplikasi SIMON berfungsi dengan baik, dapat dilihat dari tampilan dari nilai pH dan nilai suhu yang diambil dari platform *thingspeak* dan juga dapat menampilkan grafik dari setiap nilai pH dan nilai suhu.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian kali ini yaitu Sistem pemantauan yang sudah dibuat dapat mengirimkan informasi data aktual dengan baik ke dalam *platform thingspeak* dan dapat ditampilkan pada aplikasi SIMON. Sehingga memudahkan user untuk melakukan proses pemantauan ketika sedang berada jauh dari lokasi pembuatan biogas. Alat pengukuran yang sudah dibuat juga memiliki tingkat *error* yang kecil sebesar 2,95% dari sensor pH dan tingkat error sebesar 3,24% dari sensor suhu. Selama proses pengiriman data berlangsung sistem cukup baik dengan tingkat keberhasilan

pengiriman data pemantauan pertama sebesar 79,86% dan tingkat keberhasilan pengiriman data pemantauan pada pemantauan kedua sebesar 82,70%.

Referensi

- [1] P. Konsumsi Dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian Indonesia et al., "Indonesian Journal of Agricultural Economics (IJAE)," 2010.
- [2] I. Kholiq, "Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi bbm," J. IPTEK, vol. 19, pp. 75–91, 2015.
- [3] A. Petersson and A. Wellinger, "Biogas upgrading technologies-developments and innovations Task 37-Energy from biogas and landfill gas."
- [4] D. Setiana Wati and R. Dwi Prasetyani, "PEMBUATAN BIOGAS DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI BIOETANOL MELALUI PROSES ANAEROB (FERMENTASI)."
- [5] "Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Produksi Biogas Menggunakan Digester Dua Tahap pada Berbagai Konsentrasi Palm Oil-Mill Effluent dan Lumpur Aktif | Mujdalipah | agriTECH." [Online]. Available:<https://journal.ugm.ac.id/agritech/article/view/9523/7098>. [Accessed: 10-Nov-2019].
- [6] S. UTAMI, P. IRIANI, and Y. SUPRIANTI, "Sistem Monitoring pH dan Volume Biogas Digester Dua Tahap menggunakan Mikrokontroler," ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron., vol. 7, no. 1, p. 126, Jan. 2019.
- [7] B. Budiyo, "Pengaruh pH dan Rasio COD:N Terhadap Produksi Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse)," Eksergi, vol. 11, no. 1, p. 1, Oct. 2014.
- [8] S. Subekti, "PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU MENJADI BIOGAS SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF," Pros. SNST Fak. Tek., vol. 1, no. 1, Jul. 2011.
- [9] "Dasar-Dasar Fermentasi Anaerobik." [Online]. Available: <https://ptseik.bppt.go.id/artikel-ilmiah/16-dasar-dasar-fermentasi-anaerobik>. [Accessed: 10-Nov-2019].
- [10] "Biogas untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca." [Online]. Available: <http://www.biru.or.id/index.php/news/2017/02/09/271/biogas-untuk-mengurangi-emisi-gas-rumah-kaca.html>. [Accessed: 10-Nov-2019].
- [11] D. Waskito, "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi Di Kawasan Usaha Peternakan Sapi," 2011.
- [12] D. Saputra and A. H. Masud, "AKSES KONTROL RUANGAN MENGGUNAKAN SENSOR SIDIK JARI BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328P," 2014.
- [13] "Arduino Uno Rev3." [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Accessed: 10-Nov-2019].
- [14] "Android Basics and User Interfaces." [Online]. Available: <https://www.ntu.edu.sg/home/ehchua/programming/arduino/Arduino.html>. [Accessed: 10-Nov-

- 2019].
- [15]"SIM808 GSM GPRS GPS Module itead studio" [Online]. Available: <https://indoware.com/produk-3727-sim808-gsm-gprs-gps-module-itead-studio.html>. [Accessed: 25-June-2021].
- [16]"PH_meter_SKU__SEN0161_-DFRobot." [Online]. Available: https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU__SEN0161_. [Accessed: 11-Nov-2019].
- [17]"modul sensor ph v1.1 + probe ph untuk avr 51 ph shield dengan msp430 test code sensor Dijual - Banggood.com|Shopping Asia Tenggara." [Online]. Available: https://sea.banggood.com/PH-Sensor-Module-V1_1-PH-Probe-For-AVR-51-PH-Shield-with-MSP430-Test-Code-Sensor-p-1460488.html?cur_warehouse=CN. [Accessed: 10-Nov-2019].
- [18]"Mengenal Internet Of Things (IoT) - BPPTIK." [Online]. Available: <https://bpptik.kominfo.go.id/2015/02/24/810/mengenal-internet-of-things-iot/>. [Accessed: 11-Nov-2019].

