

Data Logger Suhu Dan Tekanan Pada Smart Biogas Sampah Rumah Tangga Menggunakan MPX5500DP

Ratna Ika Putri¹, Muhamad Rifai², Abella Novatna Anjarsari³

Submission: 11-02-2020, Accepted: 17-03-2020

Abstract— The process of processing household waste into biogas is carried out using fermentation technology. Fermentation technology is the process of decomposition of organic compounds to produce energy and changes in the substrate become new products by microbes. In addition, the fermentation technique that has been done by fermenting household waste produces methane gas content (CH₄). To process household waste into biogas is to use biodigester. Biogester is a closed space that is used for the waste fermentation process which is assisted by microbes. Using a biodigester is expected to accelerate the fermentation process of household waste into alternative biogas materials because of the airtight biodigester state. A temperature and pressure data logger tool is designed on smart biogas household waste using the MPX5500DP sensor. The MPX5500DP sensor will detect the amount of gas pressure from the biogas results because the range of readings from this sensor is in accordance with what is needed, while the DHT22 sensor uses a large temperature reading because the temperature in the biodigester is not too large between 28°C - 40°C. From the results of reading the temperature and pressure values, the data will be processed by the Arduino Uno Microcontroller and stored data by the data logger. Based on the test results, the temperature measurement error readings of 0.81%, while for the pressure measurement of about 3.5%.

Intisari— Proses pembuatan sampah rumah tangga jadi biogas menggunakan teknologi fermentasi. Fermentasi adalah adanya penguraian bahan organik untuk menjadi bahan energi serta adanya perubahan senyawa menjadi produk baru yang dibantu oleh bakteri. Selain itu, fermentasi yang sudah dilakukan dengan memfermentasi sampah rumah tangga menghasilkan kandungan gas metana (CH₄). Untuk mengolah sampah rumah tangga menjadi biogas adalah menggunakan biodigester. Biogester adalah tempat tertutup yang digunakan untuk proses fermentasi sampah yang dibantu dengan bakteri. Dengan biodigester dapat mempercepat proses fermentasi sampah rumah tangga menjadi bahan alternatif biogas karena keadaan biodigester yang kedap udara. Dirancang sebuah alat data logger suhu dan tekanan pada smart biogas sampah rumah tangga menggunakan sensor MPX5500DP. Sensor MPX5500DP yang akan mendeteksi besar tekanan gas dari hasil biogas tersebut karena range dari pembacaan dari sensor ini sesuai dengan yang dibutuhkan, sedangkan untuk pembacaan besar suhu

data logger. Berdasarkan hasil pengujian, kesalahan pembacaan pengukuran suhu sebesar 0.81%, sedangkan untuk pengukuran tekanan sekitar 3.5%.

Kata Kunci— Data Logger, Biogas, Tekanan, Sampah.

I. PENDAHULUAN

Padatnya Pemukiman serta rendahnya kesadaran masyarakat membuang sampah menyebabkan timbulnya pencemaran lingkungan yang berakibat munculnya bau tidak sedap, banyak lalat dan sering terjadinya peledakan gas metana di udara. Salah satu cara untuk mengatasi pencemaran tersebut adalah memanfaatkan sampah rumah tangga menjadi bahan baku energi alternatif biogas. Sampah sayuran sesungguhnya merupakan limbah organik yang berpotensi untuk diolah menjadi biogas[1]

Untuk mengolah sampah rumah tangga menjadi biogas adalah dengan menggunakan biodigester. Biogester adalah ruang tertutup yang digunakan untuk proses fermentasi sampah yang dibantu dengan mikroba[2]. Dengan menggunakan biodigester diharapkan dapat mempercepat proses fermentasi sampah rumah tangga menjadi bahan alternatif biogas karena keadaan biodigester yang kedap udara [3-5]. Beberapa parameter yang mempengaruhi kinerja pada sistem biogas yaitu suhu digester dan tekanan. Suhu dan tekanan pada biogas harus selalu terpantau untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses dan hasil dari biogas. Sistem pemantauan suhu dan tekanan melalui android untuk sistem biogas telah diteliti [6][7]. Pengukuran tekanan gas metan telah diteliti dengan mengaplikasikan mikrokontroler [4] dan juga menggunakan metode Anaerobic Baffled reactor (ABR)[8].

Untuk itu artikel ini membahas sebuah alat data logger suhu dan tekanan pada smart biogas sampah rumah tangga menggunakan sensor MPX5500DP. Data logger merupakan peralatan untuk mengumpulkan dan merekam data untuk memantau suatu kondisi [9]. Sensor MPX5500DP yang akan mendeteksi besar tekanan gas dari hasil biogas tersebut karena range dari pembacaan dari sensor ini sesuai dengan yang dibutuhkan, sedangkan untuk pembacaan besar suhu digunakan sensor DHT22 karena suhu di dalam biodigester rangnya tidak terlalu besar antara 28°C - 40°C. Sensor DHT 22 telah digunakan untuk mengendalikan suhu dan kelembaban udara dan menghasilkan kinerja yang baik[10]. Untuk dapat mengetahui besarnya nilai suhu dan tekanan udara pada smart biogas maka diperlukan data logger . Data logger pada alat ini dapat memantau perubahan suhu dan tekanan udara pada smart biogas , karena data logger dapat menyimpan data hasil perubahan suhu dan tekanan udara setiap waktu.

digunakan sensor DHT22 karena suhu di dalam biodigester rangnya tidak terlalu besar antara 28°C - 40°C. Dari hasil pembacaan nilai suhu dan tekanan, data tersebut akan diolah oleh Mikrokontroler Arduino Uno dan disimpan datanya oleh Ratna Ika Putri: Data Logger Suhu dan Tekanan...



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sampah Rumah Tangga

Sampah rumah tangga yaitu sampah yang berbentuk padat yang berasal dari sisa kegiatan sehari-hari di rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik dan dari proses alam yang berasal dari lingkungan rumah tangga. Sampah ini bersumber dari rumah atau dari kompleks perumahan. Sampah rumah tangga terdiri atas sampah organik dan sampah anorganik. Sampah sayuran merupakan limbah organik yang dihasilkan setiap hari dalam jumlah besar. Limbah sampah sayuran yang sebagian besar berasal dari pasar tradisional seringkali terbuang begitu saja ataupun sebatas dijadikan pakan ternak[1].



Gambar 1: Sampah Sayuran



Gambar 2: Smart Biogas.

B. Biodigester

Biodigester adalah salah satu bagian penting dalam proses produksi biogas. Fungsi digester itu sendiri sebagai tempat penguraian kotoran sapi yang akan diendapkan. Adapun jenis digester yang dapat digunakan dalam proses produksi biogas diantaranya adalah:

1. Digester Jenis *Fixed Dome*
Digester ini juga sering disebut reaktor Cina, dinamakan demikian karena reaktor ini pertama kali dibuat di Cina pada tahun 1930. Digester ini memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat penguraian kotoran dan bagian penampung gas.
2. Digester Jenis *floating dome*
Digester floating dome atau sering disebut juga digester tipe India. Digester berjenis terapung ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1937 di India. Digester ini memiliki bagian yang sama dengan digester tipe Cina, perbedaannya terletak pada bagian penampung gas yang menggunakan peralatan bergerak berupa drum sebagai penampung gas metan.
3. Digester balon
Merupakan jenis digester yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Digester ini terdiri satu bagian yang berfungsi sebagai digester penguraian kotoran dan penampung gas sementara dalam satu ruang tanpa sekat[2].

Digester yang digunakan pada artikel ini tipe drum dengan berbentuk kubus yang diberi nama *Smart Biogas* dengan daya tampung 1000 liter.

C. Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital *input/output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, 16 MHz *osilator* Kristal, koneksi USB, *jack* listrik, dan tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya[11].

Berikut adalah spesifikasi dari Arduino Uno:

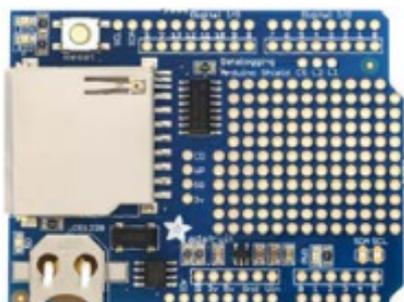
Tabel I.
TABEL SPESIFIKASI ARDUINO [3]

Mikrokontroler	ATMega328
Operasi Voltage	5V
Input Voltage	7 - 12V (Rekomendasi)
Input Voltage	6 – 20V (limits)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32 KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 Hz

D. Data Logger Arduino Shield

Data logger berbasis komputer (atau yang disebut dengan istilah data acquisition) merupakan data logger yang telah terintegrasi dengan komputer, kinerjanya dapat meningkat seiring perkembangan teknologi prosesor komputer. Data dapat disimpan pada hard drive dan visualisasi dilakukan dengan memanfaatkan layar monitor komputer[9].

Data Logger Shield merupakan shield yang digunakan untuk melakukan penyimpanan data (data logging) pada SD Card, dimana shield ini kompatibel dengan Arduino Uno, Duemilanove, Diecimila, Leonardo, Mega R3/Mega ADK. Shield ini dilengkapi dengan RTC (Real Time Clock) yang digunakan untuk mengetahui waktu penyimpanan data[9].



Gambar 3: Data Logger Arduino Shield [4]

E. Sensor Suhu DHT22

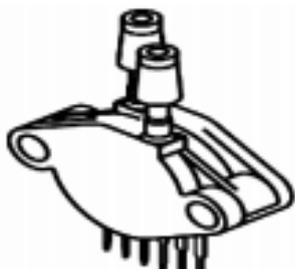
Sensor DHT22 terdiri dari 2 buah sensor didalamnya yaitu sensor kelembaban yang berupa capacitive-type humidity untuk pengukur kelembaban sensor ini bekerja berdasarkan perubahan kapasitas kapasitor apabila ada objek yang berada dalam daerah deteksinya yaitu adanya molekul air di udara dan sebuah temperature module untuk mengatur suhu yang terbuat dibuat dari campuran bahan semikonduktor yang dapat menghasilkan hambatan interistik yang akan berubah terhadap temperatur[10].



Gambar 4: Sensor DHT22[10].

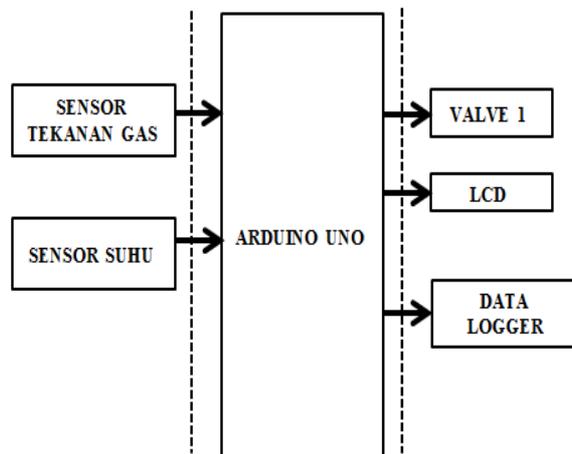
F. Sensor Tekanan MPX5500DP

MPX5500D adalah sensor tekanan udara yang dapat mengukur tekanan antara 0 hingga 500 kPa dan memiliki tegangan keluaran analog 0,2 hingga 4,7 V. Sensor ini memiliki toleransi akurasi maksimal 2,5 % pada suhu antara 0 hingga 125 °C. Tipe sensor ini adalah differential yaitu mengukur perbedaan tekanan udara dari setiap sisinya[7].



Gambar 5: Sensor MPX5500DP[7].

Data logger suhu dan tekanan pada sistem biogas bertujuan untuk menyimpan data dan memonitor kondisi suhu dan tekanan pada digester sehingga proses sistem biogas dapat bekerja secara efektif dan aman. Hasil monitoring akan ditampilkan pada LCD. Gambar 6 menunjukkan diagram blok sistem secara keseluruhan. Sistem data logger ini terdiri dari sensor suhu untuk mendeteksi suhu, sensor tekanan untuk mendeteksi tekanan, mikrokontroler sebagai pengolah data, data logger berupa micro SD sebagai penyimpan data, LCD untuk menampilkan hasil pengukuran dan valve untuk mengeluarkan tekanan yang berlebih.



Gambar 6: Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari alat ini adalah proses fermentasi anaerob sampah rumah tangga yang akan menghasilkan gas metana. Dari blok diagram di atas alat ini menggunakan sensor gas MPX5500DP berfungsi untuk mengukur tekanan gas metana pada biogas dari fermentasi anaerob sampah rumah tangga. Ketika nilai tekanan gas metana mencapai nilai di atas yang ditentukan maka valve 1 akan terbuka sehingga gas metana akan mengalir ke tempat penyimpanan gas metana yang ada di luar digester. Ketika nilai gas pada digester sudah sudah dibawah setpoint maka valve 1 ikut tertutup. Hasil pembacaan sensor tekanan gas dan suhu akan disimpan pada data logger yang berfungsi untuk mencatat data dari waktu ke waktu baik yang terintegrasi dengan sensor dan instrumen di dalamnya maupun eksternal sensor. Selain itu data hasil pengukuran juga akan ditampilkan pada LCD. Gambar mekanik pada Smartbiogas seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

III. DESAIN DATA LOGGER SUHU DAN TEKANAN PADA BIOGAS

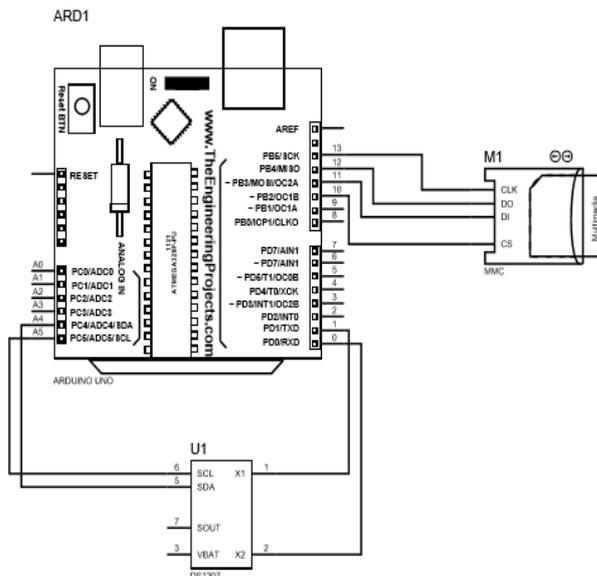




Gambar 7: Gambar Mekanik Tampak Depan

A. Perancangan Rangkaian Data Logger

Mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai Master yaitu untuk pengolahan data, pembacaan sensor dan kontrol on off pada solenoid valve. Sedangkan untuk modul Data Logger untuk menyimpan data yang sudah diolah oleh Arduino Uno dengan periode waktu yang dibutuhkan oleh user. Rangkaian modul data logger terdapat SDA yang dihubungkan pada pin A4 dan SCL dihubungkan pada pin A5. SDA dan SCL merupakan bagian dari RTC. Untuk SCK (Serial Clock) dihubungkan pada pin D12, MISO (Master In Slave Out) dihubungkan pada pin D13, MOSI (Master Out Slave In) dihubungkan ke pin D11 dan untuk CS (Chip Select) dihubungkan pada pin D10. Gambar 8 menunjukkan rangkaian mikrokontroler. Sedangkan tabel II menunjukkan penggunaan pin mikrokontroler.



Gambar 8: Rangkaian Data Logger

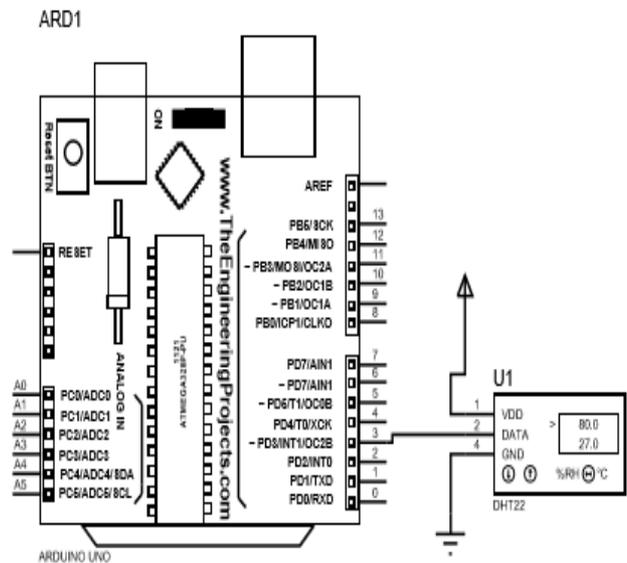
Tabel II. PENGGUNAAN PIN MIKROKONTROLER

ARDUINO UNO	DATA LOGGER SHIELD
-------------	--------------------

5V+	5V+
GND	GND
A4	SDA
A5	SCL
D10	CS
D11	MOSI
D12	SCK
D13	MISO
A0	DHT22
A2	MPX5500DP

B. Perancangan Rangkaian Sensor Suhu

Rangkaian sensor suhu berfungsi untuk mendeteksi nilai suhu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Seperti yang kita ketahui sesuai dengan datasheet bahwa sensor arduino uno menyediakan 10 bit pada setiap pin nya. Untuk sensor DHT22 berdasarkan datasheet menyediakan resolusi data 16 bit, dimana jika bit 15 bernilai "1" maka nilai yang dibaca negatif, sedangkan jika bernilai "0" maka nilai yang dibaca positif. Tabel III menunjukkan penggunaan pin DHT 22 ke mikrokontroler.



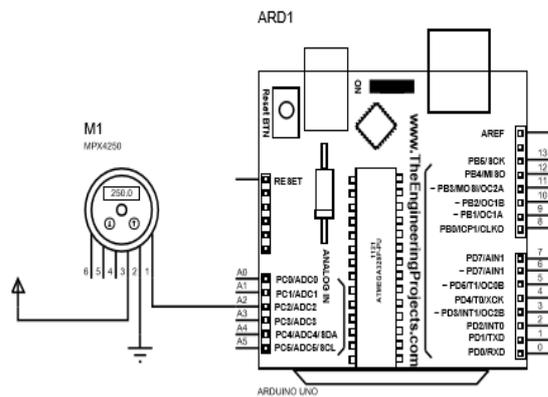
Gambar 9: Rangkaian Sensor Suhu

Tabel III. PERANCANGAN RANGKAIAN SENSOR SUHU

ARDUINO UNO	SENSOR DHT22
5V+	VS
GND	GND
A0	DATA

C. Perancangan Rangkaian Sensor Tekanan

Rangkaian sensor tekanan berfungsi untuk mendeteksi nilai tekanan yang ada di dalam biodigester, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10: Rangkaian Sensor Tekanan

Berdasarkan *datasheet* MPX5500DP, hubungan antara tegangan keluaran yang dihasilkan sensor dan tekanan yang diukur dapat dinyatakan dengan persamaan [10]

$$V_{out} = V_s (0,0018P + 0,04) \quad (1)$$

Dimana V_s merupakan catu daya dan P merupakan tekanan. Tegangan keluaran sensor dihubungkan ke masukan mikrokontroler Arduino Uno. Arduino Uno memiliki 6 input analog, berlabel A0 sampai A5, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda) maka hubungan antara keluaran ADC dengan tegangan keluaran sensor (V_{out}) dapat dinyatakan dengan persamaan

$$ADC = \frac{V_{out} * 1023}{5V} \quad (2)$$

Tabel IV menunjukkan hubungan arduino uno dengan sensor MPX5500DP.

Tabel IV.

PERANCANGAN RANGKAIAN SENSOR TEKANAN

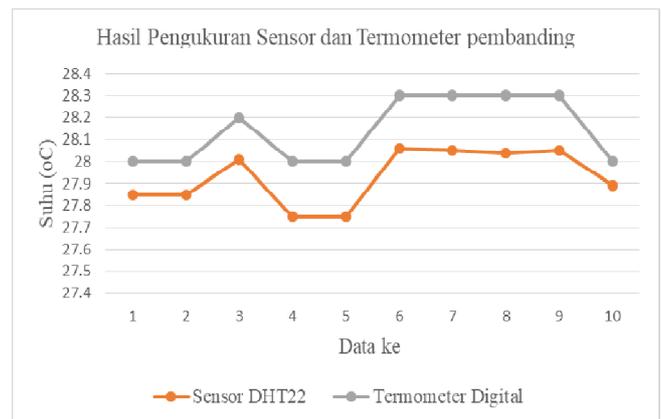
ARDUINO UNO	SENSOR MPX5500DP
5V+	VS
GND	GND
A2	VOUT

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran Suhu Biogas

Pengukuran suhu biogas bertujuan untuk mengetahui suhu biogas sehingga dapat mengoptimalkan proses biogas. Pengukuran suhu menggunakan sensor DHT22 dan dilakukan pengujian peralatan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor tersebut dengan thermometer. Thermometer pembanding menggunakan thermometer digital merk Xiaomi. Data hasil pengujian sensor suhu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Berdasarkan hasil pengujian terdapat selisih atau *error* pengukuran antara *data logger* suhu dan thermometer pembanding. Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan *Error* rata-rata sebesar 0,83%. Hal ini disebabkan karena faktor sensitivitas pembacaan dari sensor DHT22 berbeda dengan pembacaan thermometer digital merk Xiaomi, atau karena peletakan sensor yang dekat dengan reaktor. Perubahan suhu terbaca setiap ± 1 menit sekali pada Ratna Ika Putri: Data Logger Suhu dan Tekanan...

sensor. Selisih suhu yang terbaca pada sensor DHT22 dengan thermometer kurang dari 1 °C.

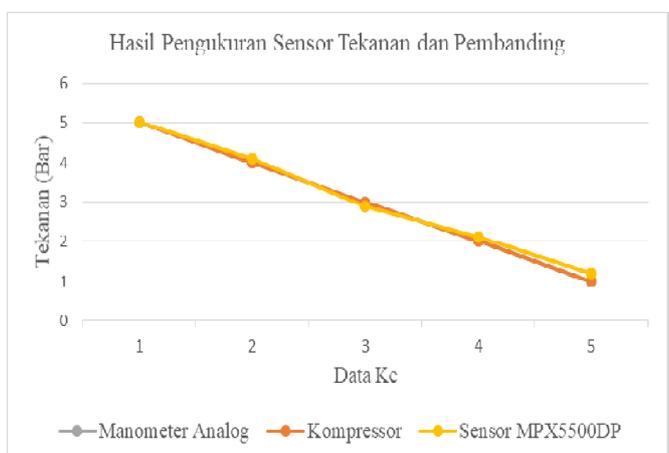


Gambar 11. Hasil Pengujian Sensor Suhu

Dari hasil pengujian sensor DHT22 yang dibandingkan dengan thermometer digital didapatkan error dengan rata-rata 0,81%.

B. Pengukuran Tekanan

Pengukuran tekanan bertujuan untuk memonitor tekanan digester sehingga proses dapat terpantau dengan aman. Sensor tekanan menggunakan MPX5500DP yang memiliki jangkauan pengukuran hingga mencapai 500kPa. Untuk mengkalibrasi hasil pengukuran dengan membandingkan hasil pengukuran alat dengan manometer analog. Kalibrasi dan pengujian alat ukur tekanan dengan menggunakan alat bantu kompresor. Hasil pengujian sensor tekanan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pengujian Sensor Tekanan MPX5500DP

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat selisih angka pengukuran antara sensor MPX5500DP dan manometer analog. Hal ini dikarenakan ada beberapa faktor antara lain yaitu karena sensitivitas dari sensor MPX5500DP yang berbeda dengan manometer analog dan kesalahan pengamatan karena *human error*. Namun selisih angka antara keduanya



tidak terpaut jauh. Pada saat tekanan pada kompresor perlahan dikurangi pembacaan pada manometer ikut berkurang dan pada sensor juga ikut berkurang.

C. Monitoring Suhu & Tekanan Pada Sistem Biogas

Untuk mengetahui kinerja *data logger* dan monitoring suhu dan tekanan pada biogas dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian sistem alat secara keseluruhan keseluruhan dilakukan pengujian sebanyak 3 kali pada digester biogas dengan bantuan alat kompresor. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan seperti yang ditunjukkan pada Tabel V.

Tabel V.
HASIL PENGUJIAN SISTEM

JAM	TANGGAL	SUHU	PRESSURE
10:06	03/06/2019	28.09□	0.00 bar
13:10	12/06/2019	29.22□	2.89 bar
08:21	17/06/2019	29.15□	2,84 bar
10:35	23/06/2019	28.03□	2,73 bar
19:24	05/07/2019	27.10□	2.72 bar

Hasil dari data logging besar nilai suhu di dalam digester dan besar tekanan yang dibantu dengan alat kompresor dengan input tekanan yang awalnya 0 bar, kemudian tekanan ditambah sampai mendekati 3 bar. Pembacaan pada manometer analog dengan sensor mpx5500dp terdapat selisih sebesar 0,3-0,5 hal ini dikarenakan pembacaan human error. Sedangkan untuk sensor suhu sudah terkalibrasi dengan termometer xiaomi.

Pada hasil penyimpanan di dalam SD CARD data pembacaan suhu dan besar tekanan tersimpan setiap 5 detik sekali. Terdapat pula data tangga, bulan, dan tahun serta jam yang juga tersimpan di dalam sd card. Tujuannya agar pengguna dapat mengakses data penyimpanan dengan mudah.

V. KESIMPULAN

Desain data logger suhu dan tekanan pada sistem biogas dengan menggunakan MPX5500DP telah dijelaskan pada artikel ini. MPX5500DP memiliki jangkauan pengukuran tekanan hingga mencapai 500kPa. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian, data logger dapat mengukur dan menyimpan hasil pengukuran suhu dan tekanan pada sistem biogas. Kesalahan pembacaan pengukuran suhu sebesar

0.81%, sedangkan untuk pengukuran tekanan sekitar 3.5%. Data logger dapat mempermudah pengguna untuk mengetahui atau memantau suhu dan tekanan gas yang ada di dalam digester dalam kurun waktu yang diinginkan. Sehingga proses fermentasi sampah rumah tangga menjadi biogas yang ada di dalam digester dapat terpantau dengan baik. Data logger berhasil menyimpan data sebanyak 720 data dalam waktu 1 jam dengan kapasitas 1020 byte per datanya. Peralatan ini akan dikembangkan untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan menerapkan Internet of Thing (IoT) pada sistem data logger pada biogas sehingga dapat diakses melalui internet dan dipantau jarak jauh.

REFERENSI

- [1] Andreas, Felix, Paramita SBU, Diyono Ikhsan, "Pembuatan Biogas Dari Sampah Sayuran", Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 1, No. 1, pp 103-108, 2012.
- [2] Qoriyatul, Fitriah, Dedi Irawan, M Prihadi Eko Wahyudi, "Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dengan Digester Tipe Balon di Peternakan Sei Temiang Batam", Jurnal Integrasi, Vol. 10 No. 2, October 2018, 64-67, 2018
- [3] Sunyoto, Danang, Saputro D, Suwahyo, "Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Reaktor Biogas Di Kabupaten Kendal", Jurnal Rekayasa Vol. 14 No. 1, Juli 2016.
- [4] Ratna Ika Putri dan M Sarosa, Heli Tistiana, Sri Rulianah, "Pendeteksi Gas Metan Pada Sistem Biogas Berbasis Mikrokontroler", Jurnal Eltek, Vol 12 No. 1, pp. 39-49, 2014.
- [5] Meliala Pijar Ramanda, Amaliyah dan M Ramdhan Kirom, "Analisis Kinerja Digester Biogas Berdasarkan Parameter Oksigen", e-proceeding of engineering, Vol 02, No. 2, Agustus 2015.
- [6] Alicia Putri, Nur Sultan Salahuddin, Marliza Ganefi Gumay. "Sistem Pemantau Suhu dan Tekanan Biogas Pada Biodigester Berbasis Android", Konferensi Nasional Sistem Informasi 2018, 8-9 Maret 2018, Pangkal Pinang
- [7] Sandi, S. Sudjadi, "Perancangan Sistem Akuisi Data Multisensor (Sensor Oksigen, Hidrogen, Suhu, Dan Tekanan) Melalui Website Berbasis Android", Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro. Volume 07, No. 2, pp. 457-463, September 2018
- [8] Pratama, Aditya dan M Ramdhan Kirom, "Perancangan Alat Ukur Konsentrasi Gas Metana Dari Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Semi-Kontinyu Dengan Substrat Susu Basi", e-proceeding of engineering, Vol 04, No. 1, April 2017.
- [9] Abdul, Azis Hasan dan Ian Kahfi Bachtiar, "Perancangan Prototipe Datalogger Parameter Radiasi Matahari Dan Kecepatan Angin", Skripsi, Universitas Maritim Raja Ali Haji, 2016
- [10] Islam. Hanif Izzatul, "Sistem Kendali Suhu Dan Pemantauan Kelembapan Udara Ruang Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor DHT22 Dan Passive Infrared (PIR)", Prosiding Seminar Nasional Fisika Vol 05, Oktober 2016.
- [11] Albert, P. Malvino. 1994, "Prinsip-Prinsip Dasar Elektronika". Penerbit Erlangga.