SISTEM PENGUKURAN KONSENTRASI GAS METANA BERBASIS RASPBERRY PI DAN SENSOR GAS MQ-4

RASPBERRY PI AND MQ-4 GAS SENSOR BASED METHANE GAS CONSENTRATION MEASUREMENT SYSTEM

Royhan Ardhi Bachtiar[1], Asep Suhendi[2], M. Ramdlan K.[3]
Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]roy.hanardhi@gmail.com, [2] suhendi @telkomuniversity.ac.id, [3] mramdlankirom@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Metana merupakan salah-satu hasil dari fermentasi anaerobik dari bahan-bahan organik pembuatan biogas. Sebagai salah satu sumber energi alternatif penggunaan biogas masih menyisakan suatu permasalahan. Gas metana yang merupakan salah satu penyebab terjadinya efek rumah kaca, jika jumlahnya berlebihan akan menimbulkan dampak negatif dalam lingkungan. Dari permasalahan ini maka diperlukan sistem pengukuran konsentrasi gas metana. Gas metana yang akan diukur disimpan dalam gas *chamber* dan diukur konsentrasi gas metananya menggunakan sensor MQ-4. Hasil sensor kemudian akan dilanjutkan ke dalam *raspberry pi* untuk dihitung besar konsentrasi gas metananya. Kemudian hasil pengukuran dapat dilihat dalam monitor dan disimpan dalam sebuah *file* untuk dibuka dilain waktu. Digunakan *multi-gas detektor* untuk proses kalibrasi dan karakterisasi pada alat yang dibuat. Alat berhasil dibuat dan sanggup mengukur konsentrasi gas metana dengan *range* 0% - 20% LEL atau setara dengan 0 ppm – 10.000 ppm dengan error rata- rata 4,8% dan error maksimal 24,6% pada konsentrasi rendah.

Kata Kunci : **MQ-4, raspberry pi, sensor, gas metana.**

Abstract

Methane is one of the results of anaerobic fermentation of organic materials used in biogas. As an alternative energy source, the use of biogas still leaves a problem. Methane gas is one of the causes of greenhouse effect, if the amount is excessive it will have a negative impact on the environment. From this problem, a methane gas concentration measurement system is needed. The methane gas is stored and measured in the gas chamber and the concentration of methane gas is measured using the MQ-4 sensor. The sensor results will then be processed into raspberry pi to calculate the concentration of methane gas. Then the measurement results can be seen on the display and stored in a file to be opened at another time. In short the purpose of making this tool is to measure the concentration of methane gas. A multi-gas detector is used for the calibration process and characterization of the tool made. The tool was successfully created and was able to measure the concentration of methane gas within range 0% - 20% LEL, equivalent to 0 ppm - 10,000 ppm with an average error of 4.8% and a maximum error of 24.6% at low concentrations.

Keywords : ***MQ-4, raspberry pi, sensor, methane gas***

1. Pendahuluan

Sumber energi alternatif merupakan salah satu solusi untuk menghadapi krisis energi. Salah satu sumber energi alternatif yang mudah dikembangkan adalah biogas. Biogas merupakan gas yang dapat diperbaharui dan dihasilkan oleh fermentasi anaerobik dari bahan-bahan organik yang mudah terurai, seperti kotoran hewan, kotoran manusia, dan limbah domestik rumah tangga. Gas utama yang dihasilkan dari fermentasi tersebut adalah gas metana dan karbon dioksida yang bersifat mudah terbakar sebagai sumber energi [1].

Penggunaan biogas sebagai salah satu solusi untuk mengatasi krisis energi masih menyisakan suatu permasalahan jika tidak terukur konsentrasinya. Gas metana (CH4) yang merupakan kandungan terbesar dari produksi biogas jika konsentrasinya tidak terukur secara tepat akan berdampak negatif. Konsentrasi gas metana (CH4) lebih dari 5% di udara akan menyebabkan ledakan seperti yang terjadi di TPA Leuwi Gajah pada tahun 2008 [2]. Gas metana (CH4) merupakan salah satu penyebab utama terjadinya efek rumah kaca [3]. Sehingga penyusunan konsentrasi gas metana menjadi sangat penting.

Pengukuran konsentrasi gas CH4 secara umum dapat dilakukan menggunakan alat Gas Chromatography (GC) yang merupakan salah satu metode analisis kimia untuk mengindentifikasi atau memisahkan komponen dalam suatu campuran gas. Namun, pengukuran gas tidak bisa langsung (real time) dan biayanya mahal. Salah

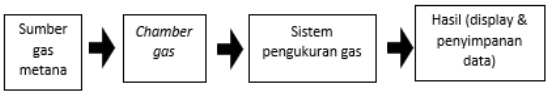
satu solusi alternatif pengukuran otomatis dan secara real time adalah dengan menggunakan sensor gas berbasis mikrokontroler. Sebelumnya telah dibuat sistem pengukur konsentrasi gas metana berbasis mikrokontroler dengan sensor gas TGS 2611 [1]. Namun sumber yang dibuat tidak terkalibrasi dengan alat yang akurat, melainkan menampung dan mengamati kadar gas dalam jeda hari tertentu dari sistem biogas sehingga tidak dijamin kemurnian dan konsentrasi gas metananya. Pengukuran metana menggunakan sensor TGS 2611 telah dilakukan dengan membandingkan rasio RS/RO [4], namun pengukurannya hanya dilakukan pada gas metana dengan konsentrasi yang sangat rendah. Sensor TGS 2611 dapat digunakan dalam hal mengukur gas metana, namun range konsentrasi lebih kecil berkisar 500~10000 ppm atau 1%~20% LEL dibanding dengan range sensor gas MQ-4 200~10000 ppm. Dikarenakan range sensitivitas MQ-4 lebih luas maka sensor MQ-4 digunakan dalam perancangan ini.

Pada penelitian ini telah dibuat sebuah sistem pengukuran gas metana berbasis sensor gas MQ-4. Sistem yang dibangun terdiri dari chamber gas, yang dilengkapi sensor MQ-4, dan sistem pengaturan aliran gas. Sistem pengukuran dikendalikan oleh raspberry pi dan sensor gas diletakkan didalam chamber gas. Untuk pengujian sumber gas metana dicampur dengan gas lain yang diketahui perbandingan konsentrasinya. Konsentrasi gas metana diukur dan dibandingkan dengan alat ukur standar yang terkalibrasi kemudian digunakan untuk mengukur konsentrasi metana kompos yang terbuat dari bakteri starter dan nasi basi.

2. Metode Penelitian

2.1 Perancangan Alat

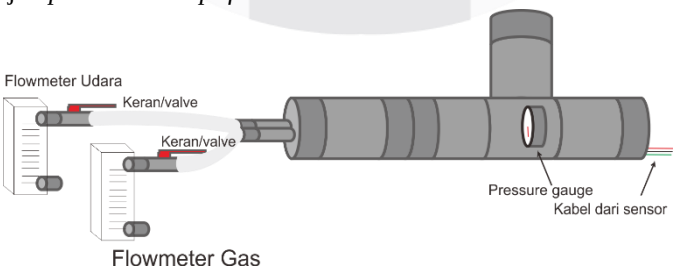
Secara umum gambaran umum perancangan pengukuran konsentrasi gas metana dapat dilihat dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagan gambaran umum sistem

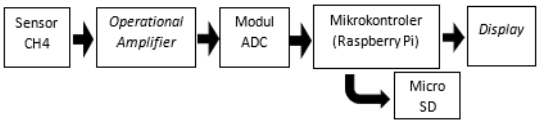
Sumber gas metana menggunakan tabung yang berisi hanya metana dan oksigen. Sumber metana yang berada dalam tabung kemudian dialirkan ke *chamber gas* melalui *flowmeter*. Di dalam *chamber gas* diletakkan sensor gas MQ-4 yang terhubung dengan mikrokontroler *raspberry pi* di luar *chamber gas*. Mikrokontroler *Raspberry pi* akan memproses hasil deteksi sensor gas MQ-4 kemudian hasil ditampilkan dalam *display* dan disimpan dalam *microSD*.

Perancangan mekanik terdiri dari *chamber gas*, *valve in* untuk masuk gas metana, *valve out* untuk keluar gas metana dan *flowmeter*. Gambar *Chamber* gas metana ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pada sumber gas digunakan tabung gas metana. Sumber gas kemudian dialirkan ke dalam *flowmeter* gas untuk diketahui nilai aliran gas yang akan masuk dalam *chamber*. *Chamber* gas metana digunakan untuk mengetahui banyak konsentrasi gas metana yang terdapat dalam *chamber*. Sensor MQ-4 ditempatkan di dalam *chamber* di dekatkan lubang keluar gas untuk mengukur konsentrasi. *Chamber* dibuat dengan pipa PVC berdimensi diameter 3,5 inci dan tinggi tabung vertikal 15 cm dengan volume sebesar $\pm 2500 cm^3$. Semua bagian ditutup rapat dengan dua tutup pipa pvc dengan yang satu diberi lubang untuk gas masuk dan keluar. *Flowmeter* dan sumber gas dihubungkan dengan pipa PVC berdiameter ½ inch. Posisi sensor diletakkan di atas karena kerapatan gas metana lebih ringan daripada udara. Terdapat 2 jalur keluar dan masuk ke dalam *chamber* yang dapat digunakan dalam perancangan ini. *Flowmeter* diletakan pada jalur masuk gas sebelum *valve in*. Dan terdapat 3 lubang namun tertutup rapat sebagai tempat kabel dari sensor keluar menuju *operational amplifier*.



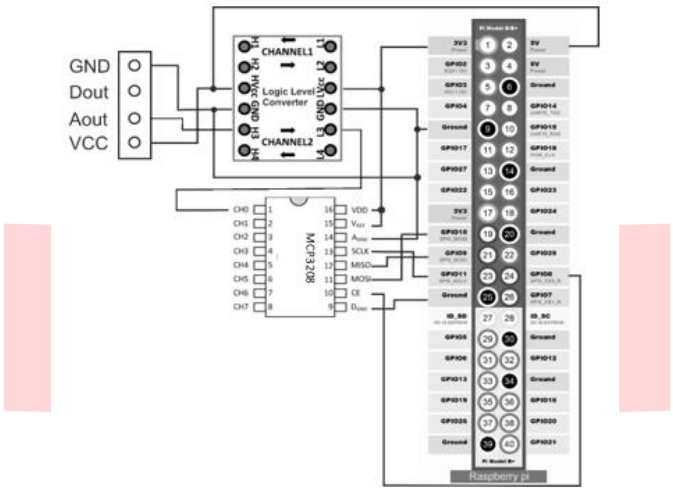
Gambar 2.2 Skema perancangan mekanik

Pada desain ini perancangan ditunjukan pada blok diagram perangkat keras seperti pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Skema perangkat keras

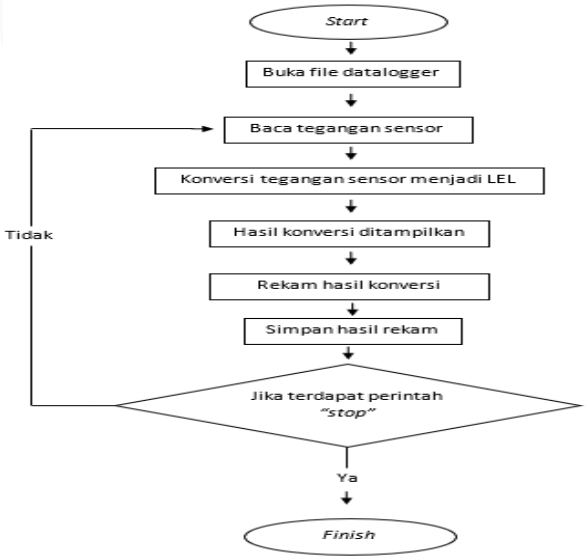
Rangkaian *hardware* keseluruhan dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Rangkaian perangkat keras

ISP pada pin raspberry pi ditunjukkan pada pin 19, 21, 23 dan 24 disambungkan dengan CLK, Dout, Din, dan CS yang terdapat pada MCP3208. Digunnakan 1 dari 8 *channel* ADC untuk mengolah sinyal. AO pada sensor MQ-4 dihubungkan pada 1 *channel high voltage input* dan keluaran dari *low voltage output* dihubungkan dengan salah satu *channel* MCP3008.

Instrumen elektronika dapat bekerja karena salah satunya ditunjang dari rancangan blok diagram perangkat lunak. Pembacaan sensor ADC digunakan bahasa phyton dengan diubah nilai *output* sensor MQ-4 kedalam 12 bit. Rentang nilai 12 bit kemudian akan diubah menjadi skala nilai konsentrasi gas ppm dan %LEL. Skala konsentrasi gas kemudian akan ditampilkan dalam serial monitor untuk dilihat hasil secara langsung dan disimpan dalam SD card. Pada desain ini perancangan ditunjukan pada *flowchart software* seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *flowchart software*

2.2 Kalibrasi

Dalam perancangan pengukuran konsentrasi gas metana ini, parameter yang diukur yaitu tegangan keluaran dan konsentrasi gas (%LEL). Parameter yang digunakan diperlukan kalibrasi untuk menentukan kebenaran nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap alat ukur standar

yaitu *multi-gas monitor* M40. Proses ini berguna untuk menentukan penyimpangan kebenaran nilai penunjukkan alat ukur dan menjamin hasil-hasil pengukuran sesuai dengan standar internasional dan nasional.

Metoda proses kalibrasi yang dapat dilakukan yaitu dengan mengalirkan gas metana dan udara secara bergantian dengan perbandingan yang ditentukan oleh banyaknya aliran volume yang masuk dalam *chamber* melalui *flowmeter* yang terpasang pada alat. Hasil kalibrasi disertai ketidaktentuan yang dapat dilacak untuk menentukan tingkat kepercayaan yang diukur.

3. Hasil dan Analisis

3.1 Karakterisasi Sensor

Karakterisasi sensor dilakukan untuk mengetahui respon sensor terhadap gas metana. Proses ini dilakukan dengan membandingkan nilai pada gas detektor dengan alat yang dirancang. Hasil yang didapat adalah semakin besar konsentrasi gas yang tertera pada gas kalibrator maka semakin kecil tegangan yang diperoleh oleh sensor alat yang di buat.

Tabel 3.1 Tabel Respon sensor terhadap %LEL

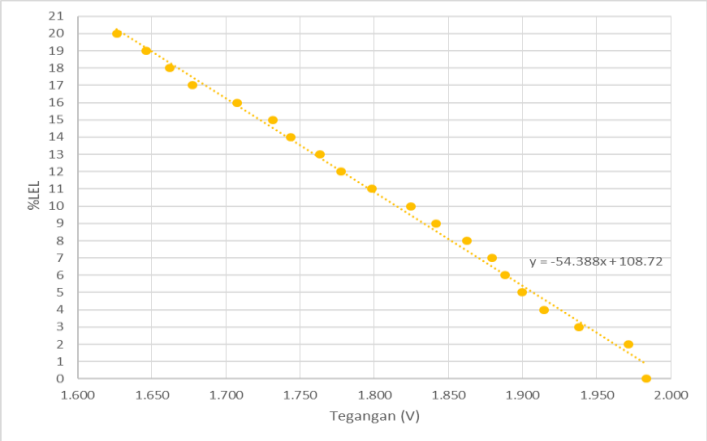
% LEL Gas detektor	Data 1 (V)	Data 2 (V)	Data 2 (V)	Rata-rata Tegangan (V)
0	1.974	1.980	1.996	1.983
2	1.974	1.974	1.966	1.971
3	1.933	1.934	1.947	1.938
4	1.899	1.919	1.924	1.914
5	1.891	1.898	1.910	1.900
6	1.888	1.885	1.891	1.888
7	1.881	1.878	1.879	1.879
8	1.868	1.857	1.862	1.862
9	1.850	1.833	1.841	1.841
10	1.834	1.818	1.821	1.825
11	1.798	1.798	1.799	1.798
12	1.774	1.778	1.781	1.778
13	1.768	1.765	1.758	1.764
14	1.743	1.742	1.746	1.744
15	1.730	1.730	1.734	1.731
16	1.704	1.712	1.706	1.707
17	1.672	1.683	1.677	1.677
18	1.663	1.664	1.659	1.662
19	1.649	1.650	1.640	1.646
20	1.625	1.629	1.625	1.626

Berdasarkan Gambar 3.1 maka dapat dilihat bahwa semakin tinggi %LEL yang tertera pada gas detektor maka semakin kecil respon tegangan yang ditunjukkan pada sensor alat yang dibuat. Nilai tegangan terhadap %LEL yang diperoleh berdasarkan tersebut kemudian dapat diperoleh hasil regresi nya, dimana hasil regresi ini akan dicantumkan dalam *script python* yang akan digunakan dalam mikrokontroler *raspberry pi*. Berikut merupakan persamaan regresi untuk menentukan nilai %LEL:

$$y = -54{,}388 \times X + 108.72$$

(3.2)

Dengan y adalah %LEL yang akan ditampilkan, dan x adalah $Vout$ tegangan keluar dari sensor.

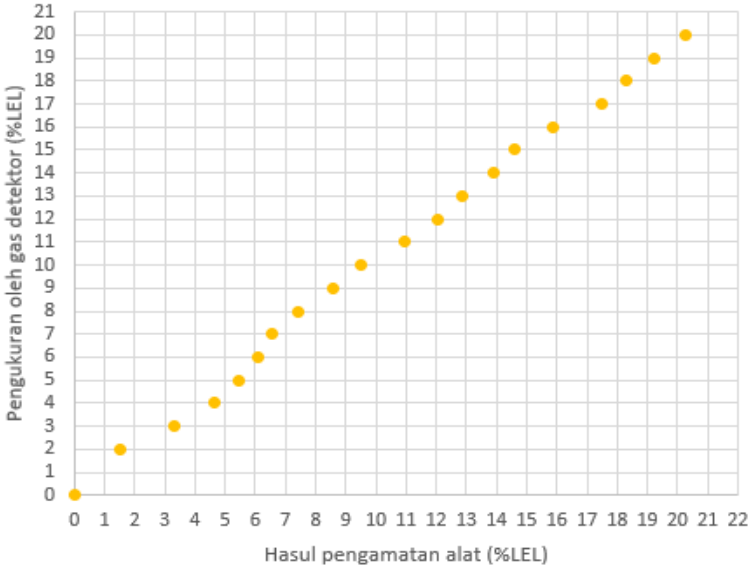


Gambar 3.1 Grafik respon sensor terhadap kenaikan %LEL gas detektor

3.2 Kalibrasi

Setelah karakrisasi dilakukan, kalibrasi pada alat yang dibuat dapat dilakukan. Proses kalibrasi ini merupakan salah satu proses pengujian alat. Hasil regresi yang diperoleh ditulis dalam *script python* dan dijalankan dengan *software python 3 IDLE* melalui mikrokontroler *raspberry pi*. Hasil pengukuran ditampilkan pada display LCD dengan satuan %LEL.

Proses kalibrasi pada penelitian ini digunakan metode perbandingan dimana nilai yang diperoleh pada alat yang dibuat akan dibandingkan dengan hasil pengukuran pada gas detektor M-40. Dengan cara demikian penulis mendapatnkan nilai yang tidak terlalu jauh antara alat yang dibuat dengan gas detektor. Didapat hasil nilai %LEL sensor diplot terhadap %LEL gas detektor relatif mendekati linier yang terlihat pada Gambar 3.2 dan tabel error kalibrasi pada Tabel 3.2



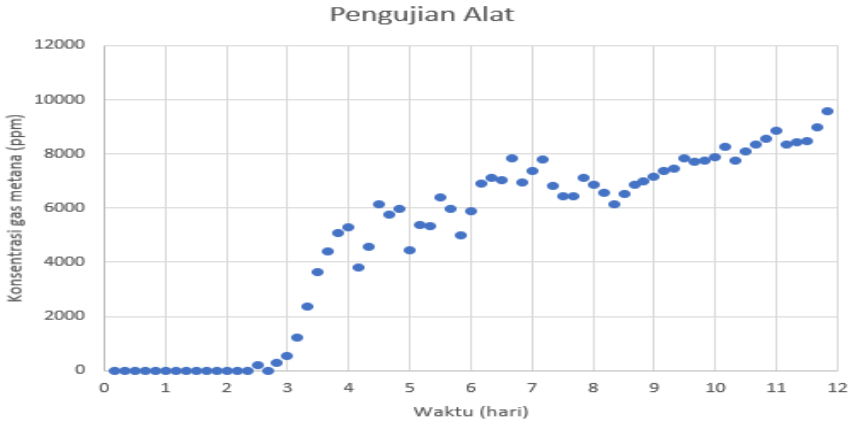
Gambar 3.2 Grafik hasil kalibrasi

Tabel 3.2 Tabel error kalibrasi

Hasil gas detektor (LEL)	Hasil kalibrasi alat (LEL)	Error %
0	0	0.0%
2	1.508	24.6%
3	3.305	10.2%
4	4.612	15.3%
5	5.391	7.8%
6	6.039	0.6%
7	6.517	6.9%
8	7.425	7.2%
9	8.571	4.8%
10	9.489	5.1%
11	10.905	0.9%
12	12.033	0.3%
13	12.803	1.5%
14	13.881	0.8%
15	14.552	3.0%
16	15.856	0.9%
17	17.497	2.9%
18	18.320	1.8%
19	19.176	0.9%
20	20.268	1.3%
Rata-rata Error		4.8%

3.3 Pengujian Alat

Untuk pengujian alat ini, alat akan diuji apakah mampu mendeteksi konsentrasi gas metana dengan syarat tertentu. Alat diuji dengan memasukan sumber gas metana dari kompos yang terbuat dari nasi dicampur dengan bakteri *starter* kompos. Gas yang berasal dari kompos kemudian dialirkan ke dalam Alat untuk diukur konsentrasi gas metananya. Pada ujung akhir alat dipasang balon untuk mengetahui apakah terdapat gas dari kompos yang terbuat. Alat dibiarkan menyala selama sembilan hari untuk mengukur konsentrasi metana pada kompos. Alat akan mengukur dan mencatat kenaikan gas metana setiap 4jam. Alat berhasil mendeteksi metana hingga 20% LEL atau setara 10.000 ppm.



Gambar 3.4 Pengujian Alat

3.4 Analisis Data

Berdasarkan dari Gambar 4.1. dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi %LEL yang terdeteksi makan semakin kecil tegangan yang diperoleh. Berdasarkan dengan persamaan 3.2, maka kesimpulan ini dapat dibuktikan bahwa nilai R_s yang mempengaruhi nilai tegangan pada sensor mengalami kenaikan bersamaan dengan besar konsentrasi %LEL. Dengan demikian tegangan yang terdeteksi akan semakin kecil berdasarkan kenaikan %LEL. Respon sensor dapat dilihat pada Gambar 4.3. Pada gambar yang tertera pada pengujian alat dapat dilihat bahwa respon sensor tidak langsung mendeteksi adanya gas metana walaupun setelah aliran dibuka. Ini disebabkan karena gas hidrogen yang terbentuk pada awal pembuatan kompos. Untuk terjadinya pembentukan gas metana untuk alat ini memerlukan waktu tiga hari untuk dapat dideteksi sensor MQ-4 yang terletak di bagian atas tabung.

Berdasarkan hasil kalibrasi dan pengujian alat, terdapat beberapa titik %LEL alat yang terlihat sedikit menyimpang. Hal ini bisa disebabkan oleh 2 hal. Pertama karena proses pengambilan data memerlukan gas detektor terkalibrasi harus menghisap gas metana dalam tabung alat yang dibuat untuk mendeteksi adanya gas metana. Sehingga memungkinkan konsentrasi gas metana dalam tabung sedikit berkurang. Kedua *noise* sensor yang ter-rekam pada proses karakterisasi dikarenakan alat yang dibuat tidak memakai *filter* sinyal.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Sebuah sistem pengukuran konsentrasi gas metana berbasis raspberry pi dengan sensor gas MQ-4 telah berhasil dibuat. Sistem terdiri dari chamber gas berukuran volume ±2500 〖cm〗^3 dilengkapi dengan flowmeter gas, pressure gauge, sensor gas MQ-4 dan mikrokontroler raspberry pi. Dari hasil pengujian alat, sistem pengukuran konsentrasi gas metana yang dibuat dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi gas metana dalam range 0% - 20% LEL atau setara dengan 0 ppm – 10.000 ppm dengan error rata- rata 4,8% dan error maksimal 24,6% pada konsentrasi rendah.

4.2 Saran

1. Penggunaan sumber gas metana murni diharapkan memiliki konsentrasi yang cukup agar pengukuran gas dapat lebih variatif dan presisi.
2. Bahan kompos untuk pengujian alat dapat diganti dengan bahan yang lebih cepat membusuk agar pengujian dapat dilakukan lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sugriwan Iwan, Rachmattulah Adi, Soesanto Oni, Harnawan Ade Agung (2015). Desain dan Fabrikasi Alat Ukur Kadar Gas Metana (CH4) Pada Lahan Gambut Menggunakan Sensor TGS2611 Berbasis ATmega8535. Jurnal Fisika Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

[2] Anwar Choirul Sidiq, Rakhmadi Agung Frida, Rahmawati Retno (2012). Perangkat Sistem Pengukuran Gas Metan (CH4) Pada Biogas Dari Hasil Fermentasi Eceng Gondok (Eichorni Crassipes) Berbasis Sensor TGS2611. Jurnal Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

[3] Sabiham S. (2006). Pengelolaan Lahan Gambut Indonesia Berbasis Keunikan Ekosistem. Jurnal Sumber Energi Hayati Fakultas Pertanian IPB.

[4] Bossche M. v. d., Rose N.Tyler, Wekker S. F. J. D. (2017). Potential of a low-cost gas sensor for atmospheric methane monitoring. Jurnal Department of Environmental Sciences University of Virginia.

[5] Ionel I., Popescu F. (2010). Methods for Online Monitoring of Air Pollution Concentration. Jurnal Teknik.

[6] Puranto Prabowo, Cuk Imawan (2010). Pengembangan Instrumen Pengkarakterisasi Sensor Elektrokimia Menggunakan Metode Voltametri Siklik. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH.

[7] Couglin F. Robert, Driscoll F. Frederick (1992). Penguat Operational dan Rangkaian Terpadu Linear. Cetakan kedua Penerjemah: Soemitro, Herman Widodo. Erlangga.

[8] Webster, J. G. (1999). Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook. Boca Raton: CRC Press LLC.

[9] Shalsabilla Meutia (2016). Perangkat Lunak Alat Pencegah Pelepah Kelapa Sawit Penghasil Energi Panas Dengan Kendali Smartphone. Jurnal Teknik Fakultas Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.

[10] Vo Kevin, "Spectrophotometry", 6 Juni, 2019. https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Kinetics/Reaction_Rates/Experimental_Determination_of_Kinetcs/Spectrophotometry [Diakses 22 Juli 2019].

[11] "Model T360U Ultra-Sensitive Gas Filter Correlation CO2 Analyzer with NumaView™ Software", http://m.bpit-inc.com/productline/process-and-environmental/ambient-gas/model-t360u-ultra-sensitive-gas-filter-correlation-co2-analyzer-with-numaview-software [Diakses 22 Juli 2019].

[12] "American Industrial Cisco pumping M40 oxygen O2 detector", http://www.hesppe.com/hesppe-146.html [Diakses 22 Juli 2019].

[13] "RASPBERRY-PI", https://cpc.farnell.com/b/raspberry-pi [Diakses 22 Juli 2019].

[14] Paulus Wolf, "Raspberry Pi – Where to start?", 12 Agustus, 2012. https://wolfpaulus.com/raspberrypi_boot/ [Diakses 22 Juli 2019].

[15] "TECHNICAL DATA MQ-4 GAS SENSOR", https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4.pdf [Diakses 22 Juli 2019].

[16] "Logic level converter 3,3V / 5V - I2C UART SPI", https://botland.com.pl/pl/rozszerzenia-gpio-nakladki-hat-do-raspberry-pi/1513-konwerter-poziomow-logicznych-33v5v-i2c-uart-spi.html [Diakses 22 Juli 2019].

[17] Seger R.X., "Raspberry Pi 3 GPIO: pushbuttons, LEDs for RC and BARR", 11 Juli, 2016. https://medium.com/@rxseger/raspberry-pi-3-gpio-pushbuttons-leds-for-rc-and-barr-a1b947dc6b40 [Diakses 22 Juli 2019].

[18] Rekus, John F. (1994). Complete Confined Spaces Handbook. CRC Press LLC.