

PERANGKAT SISTEM PENGUKURAN KONSENTRASI GAS METANA (CH₄) PADA BIOGAS DARI HASIL FERMENTASI ENCENG GONDOK (*EICHORNIA CRASSIPES*) BERBASIS SENSOR TGS 2611

Sidiq Choirul Anwar¹⁾, Frida Agung Rakhmadi²⁾, Retno Rahmawati³⁾

Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta¹⁾

Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta²⁾

Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta³⁾

Jl. Marsda Adisucipto, Yogyakarta, 55281

Telp : (0274) 512474, Fax : (0274) 586117

E-mail: s_d3x@yahoo.co.id¹⁾, agungfrida@yahoo.co.id²⁾, enorahma1982@yahoo.com³⁾

ABSTRAK

Telah berhasil dibuat seperangkat sistem pengukuran konsentrasi gas metana (CH₄) pada biogas dari hasil fermentasi enceng gondok (*Eichornia Crasipes*) dengan menggunakan sensor TGS 2611. Sistem sensor ini mampu mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas metana (CH₄) yang ditampilkan pada LCD. Sistem sensor yang telah dibuat ini kemudian dilakukan karakterisasi agar layak digunakan sebagai alat ukur konsentrasi gas metana (CH₄). Karakterisasi yang dilakukan secara statis, meliputi: linieritas, sensitivitas, jangkauan pengukuran, dan repeatabilitas. Hasil pengukuran yang ditampilkan melalui LCD dalam satuan ppm dan Volt. Perancangan sistem pengukuran ini menggunakan mikrokontroler ATmega8 sebagai pengontrol dari sinyal masukan dan keluaran. Hasil akuisisi data dari karakterisasi sensor yang telah diperoleh menunjukkan bahwa sistem sensor ini mempunyai linieritas dengan nilai korelasi antar variabel sebesar $R^2 = 0.998$, nilai sensitivitas sebesar 0.0004 Volt/ppm, *zero of set* sebesar 0.64 Volt, jangkauan pengukuran mencapai 0-4700 ppm, dan besarnya nilai *error repeatability* adalah 5.56%.

Kata Kunci: Gas metana (CH₄), Sensor TGS 2611, LCD, dan Mikrokontroler ATmega8

PENDAHULUAN

Berbagai sumber energi alternatif sedang dikembangkan untuk mengatasi krisis energi. Salah satu sumber energi alternatif yang dikembangkan adalah biogas. Biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) dan dihasilkan secara *anaerobic digestion* atau fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri metana, seperti *Methanobacterium sp.* Sumber biogas dapat diperoleh dari berbagai

jenis limbah organik, salah satunya adalah enceng gondok (*Eichornia Crassipes*).

Implementasi penggunaan biogas berbahan baku enceng gondok sebagai salah satu solusi untuk mengatasi krisis energi ternyata masih menyisakan suatu permasalahan. Konsentrasi gas yang dihasilkan dari produksi biogas hasil fermentasi enceng gondok (*Eichornia Crassipes*) dengan teknologi *digesty anaerob* belum terukur secara tepat. Gas metana (CH_4) yang merupakan kandungan terbesar dari produksi biogas jika konsentrasinya tidak terukur secara tepat bisa berdampak negatif. Konsentrasi gas metana (CH_4) lebih dari 5% di udara akan menyebabkan ledakan seperti yang terjadi di TPA Leuwi Gajah pada tahun 2008 (kompas, 2008).

Gas metana (CH_4) merupakan salah satu penyebab utama terjadinya efek rumah kaca (Ramaswamy et al, 2001). Sehingga tingkat konsentrasi gas metana (CH_4) yang dihasilkan dari produksi biogas harus selalu diketahui. Data konsentrasi gas metana (CH_4) sulit didapatkan, karena saat ini peralatan untuk mengukur tingkat konsentrasi gas metana (CH_4) sangat terbatas. Proses pengukuran pun masih terjadi *human error*, sehingga perlu dikembangkan terobosan teknologi guna memenuhi kebutuhan data konsentrasi gas metana (CH_4) secara tepat. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan di atas, yaitu dengan membuat suatu alat ukur. Penelitian ini, dirancang dan dibuat suatu sistem pengukuran konsentrasi gas metana (CH_4) pada biogas dari hasil fermentasi enceng gondok (*Eichornia crassipes*) berbasis sensor TGS 2611.

LANDASAN TEORI

Produksi Biogas

Menurut Haryati (2006) proses yang terjadi di dalam reaktor adalah *hidrolisis*, pengasaman, dan metanogenik. Reaksi fermentasi *anaerobic* melibatkan mikroba–mikroba berupa bakteri yang merupakan mahluk hidup sehingga produksi biogas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: lingkungan *biotis*, suhu (temperatur), derajat keasaman (pH), laju pengumpanan, pengaruh waktu, *toxicity*, dan pengadukan.

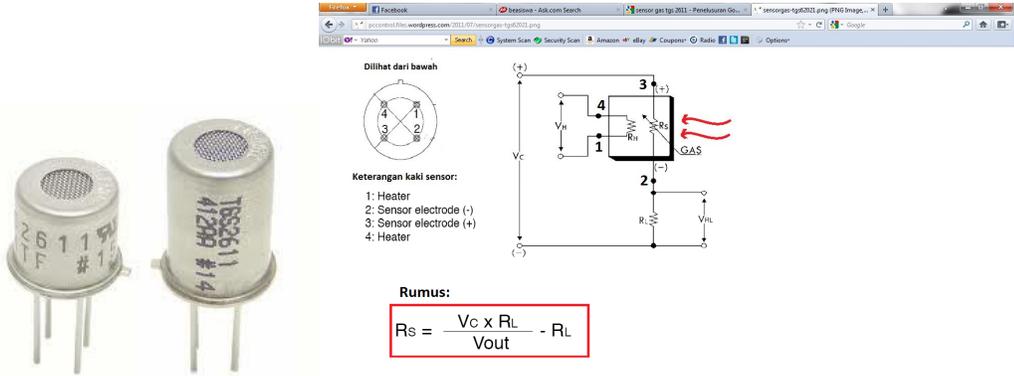
Enceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

Menurut Malik (2006) enceng gondok mengandung 95% air dan menjadikannya terdiri dari jaringan yang berongga, mempunyai energi yang tinggi, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar dalam menghasilkan biogas. Enceng gondok mempunyai kandungan *hemiselulosa* yang cukup besar dibandingkan komponen

organik tunggal lainnya. *Hemiselulosa* adalah *polisakarida* kompleks yang merupakan campuran polimer. Jika dilakukan *hidrolisis* menghasilkan produk campuran turunan yang dapat diolah dengan metode *anaerobic digestion* menjadi biogas (Ghosh et al: 1984).

Sensor TGS 2611

Sensor TGS 2611 dari figaro ini memiliki tingkat sensitivitas dan selektifitas yang baik terhadap gas metana (CH₄). Bahan detektor gas metana (CH₄) adalah metal oksida, khususnya senyawa *palladium* (PdO₂).



Gambar 1. Struktur Sensor TGS 2611 (www.figarosensor.com)

Sensor TGS 2611 membutuhkan tegangan sumber sebesar 5 Volt yang teregulasi dengan baik. Sensor ini memerlukan dua buah tegangan masukan yakni tegangan pemanas (V_H) dan tegangan rangkaian (V_C). Tegangan pemanas (V_H) digunakan pada pemanas internal dengan tujuan untuk menjaga elemen sensor pada suhu tertentu yang optimal untuk pengukuran. Tegangan rangkaian (V_C) digunakan dalam pengukuran sehingga diperoleh tegangan (V_{RL}) melewati hambatan beban (R_L) yang dipasang secara seri dengan sensor. Setelah tegangan keluaran (V_{RL}) diukur, maka untuk menghitung nilai hambatan sensor (R_S) dapat digunakan dengan persamaan 1:

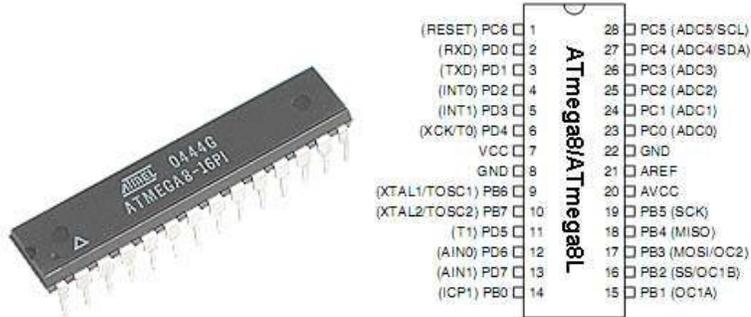
$$R_S = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_L \tag{1}$$

Dengan R_S adalah hambatan sensor, V_H adalah tegangan pemanas, R_L adalah hambatan beban, V_C adalah tegangan rangkaian, R_H adalah hambatan pemanas, dan V_{RL} adalah tegangan keluaran.

Mikrokontroler ATMega8

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Procecor*) merupakan seri mikrokontroler 8 bit buatan Atmel yang berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set*

Computing). AVR menjalankan sebuah instruksi tunggal dalam satu siklus *clock* dan memiliki struktur I/O (*Input/Output*) yang cukup lengkap sehingga penggunaan komponen *eksternal* dapat dikurangi. Mikrokontroler ATmega8 mempunyai 28 pin dengan *internal* ADC.



Gambar 2. Konfigurasi Mikrokontroler ATmega8 (www.atmel.com)

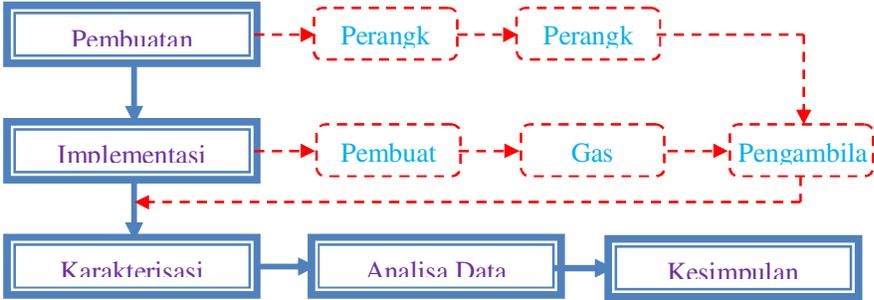
LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD yang digunakan tampilan 2 baris x 16 kolom dengan konsumsi daya rendah. LCD memiliki memori *internal* yang berisi definisi karakter sesuai dengan standar ASCII (CGROM–*Character Generator ROM*) dan memori sementara (RAM) yang bisa digunakan bila memerlukan karakter khusus (berkapasitas 8 karakter). RAM ini juga berfungsi untuk menyimpan karakter yang ingin ditampilkan di LCD.

METODE PENELITIAN

Prosedur Kerja Penelitian

Prosedur kerja penelitian dibuat dalam sebuah skema kerja yang menggambarkan alur pengerjaan penelitian. Prosedur kerja penelitian secara umum ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir prosedur penelitian secara umum

Metode Analisa data:

Konversi tegangan keluaran (V_{RL}) menjadi ppm (*part per million*)

Berdasarkan data sheet (www.figarosensor.com) sensor TGS 2611 mempunyai hambatan sensor (R_S) = 680 Ω – 6800 Ω dan hambatan pemanas sebesar (R_H) = 59 Ω . Untuk menghitung nilai tegangan keluaran (V_{RL}) dibutuhkan nilai referensi hambatan beban (R_L) sebesar 1000 Ω . Nilai V_{RL} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1, yaitu: Saat minimum nilai hambatan sensor (R_S) sebesar 680 Ω dan saat maksimum nilai (R_S) 6800 Ω

$$\begin{aligned} 680\Omega &= \frac{5V - V_{RL}}{V_{RL}} \times 1000\Omega & 6800\Omega &= \frac{5V - V_{RL}}{V_{RL}} \times 1000\Omega \\ V_{RL} &= 2.98V & V_{RL} &= 0.64V \end{aligned} \quad (2)$$

Nilai resistansi (R_S) pada sensor turun, maka nilai tegangan keluaran yang melauai hambatan (V_{RL}) akan naik. *Analog to Digital Converter* yang digunakan sudah *built in* pada IC Mikrokontroler ATmega8. Pada ADC 8 bit, rentang *output* yang dihasilkan adalah $2^8 - 1 = 255$. Sedangkan tegangan referensi sebesar 5V, sehingga:

$$\text{Resolusi ADC} = \frac{V_{ref}}{ADC} = \frac{5\text{Volt}}{255} = 0.01960784 \text{ V} \approx 20\text{mV} \quad (3)$$

Dari persamaan 2 di atas, maka:

$$\frac{2.98V}{20\text{mV}} = \frac{2.98V}{0.020V} = 149 \quad (4)$$

$$\frac{0.64V}{20\text{mV}} = \frac{0.64V}{0.020V} = 32 \quad (5)$$

Jadi jika input ADC bernilai 0.64V maka akan setara dengan nilai 0 ppm. Sistem ini akan menampilkan data pada LCD dalam kondisi normal tanpa terdeteksi adanya gas metana (CH_4) sebesar 1600ppm. Sehingga kenaikan X/PPM per 1 bitnya adalah sebesar:

$$\begin{aligned} \text{ppm} &= \text{Data ADC} \times 50 - 1600\text{ppm} \\ &= 33 \times 50 - 1600\text{ppm} \\ &= 1650 - 1600\text{ppm} \\ &= 50\text{ppm} \end{aligned} \quad (6)$$

Karakterisasi sensor

1. Linieritas

Linieritas sensor diperoleh dengan cara membuat grafik hubungan antara tegangan keluaran dengan konsentrasi gas. Koefisien korelasi antara variabel bebas (X) dan terikat (Y) dapat diperoleh dengan cara:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \quad (7)$$

2. Sensitivitas

Untuk fungsi transfer yang linier, sensitivitas sensor dapat diperoleh dari slope grafik. Persamaan regresi linier sederhana, yaitu:

$$Y = a + bX \quad (8)$$

Untuk menentukan nilai *slope* (b) dan *intersep* (a) dengan persamaan:

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (9)$$

$$a = \frac{\sum Y_i \sum X_i^2 - \sum X_i \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \text{ atau } a = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n} \quad (10)$$

3. Jangkauan Pengukuran

Menyatakan seberapa besar konsentrasi gas metana (CH_4) pada produksi biogas dari hasil fermentasi enceng gondok yang masih dapat dideteksi dan diukur oleh sensor.

4. Repeatabilitas

Besarnya *error repeatability* dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta = \frac{\Delta}{FS} \times 100\% \quad (11)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem Pengukuran Konsentrasi Gas Metana (CH_4)

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem yang dibuat dapat mendeteksi dan mampu menampilkan konsentrasi gas metana (CH_4) yang terpantau melalui LCD, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan sistem saat mengukur gas metana (CH_4)

Akuisisi Data Hasil Pengukuran

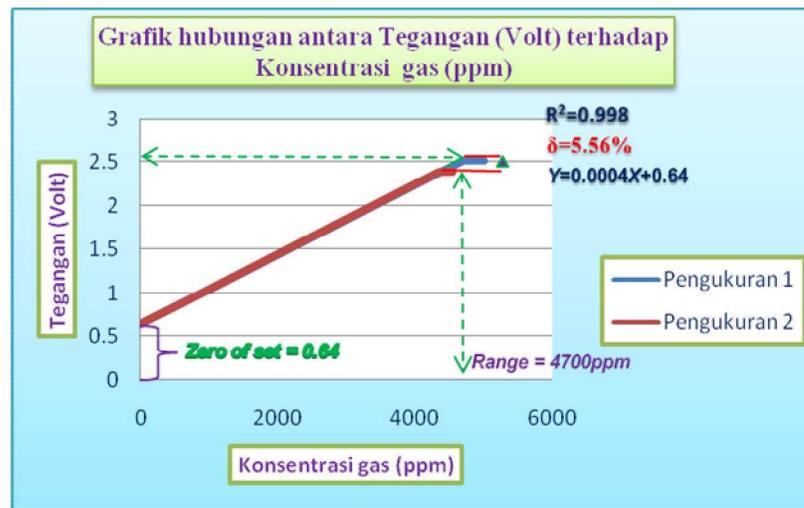
Akuisisi data hasil pengukuran konsentrasi gas metana (CH₄) pada biogas dari hasil fermentasi enceng gondok (*Eichornia Crassipes*), dapat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Akuisisi data hasil pengukuran antara konsentasi gas metana (ppm) dan tegangan keluaran sensor (Volt)

NO	Pengukuran 1		Pengukuran 2	
	Konsentrasi Gas (ppm)	Tegangan Keluaran (Volt)	Konsentrasi Gas (ppm)	Tegangan Keluaran (Volt)
1	0	0.64	0	0.64
2	50	0.66	100	0.68
3	100	0.68	150	0.70
4	150	0.70	250	0.74
5	250	0.74	450	0.82
6	400	0.80	700	0.92
7	700	0.92	900	1.00
8	950	1.02	1050	1.06
9	1300	1.16	1100	1.08
10	1350	1.18	1450	1.22
11	1850	1.38	1650	1.30
12	2100	1.48	1950	1.42
13	2250	1.54	2050	1.46
14	2450	1.62	2500	1.64
15	2550	1.66	2750	1.74
16	2800	1.76	3300	1.96
17	3050	1.86	3850	2.18
18	3250	1.94	3950	2.22
19	4250	2.34	4050	2.26
20	4600	2.48	4150	2.30
21	4650	2.50	4200	2.32
22	4700	2.52	4250	2.34
23	4750	2.52	4300	2.36

24	4800	2.52	4350	2.38
25	4850	2.52	4450	2.38
26	4900	2.52	4500	2.38
27	5000	2.52	4550	2.38

Berdasarkan Tabel 1. maka dapat dibentuk sebuah grafik hubungan antara tegangan keluaran sensor (Volt) terhadap konsentrasi gas (ppm), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan antara tegangan keluaran sensor (Volt) terhadap konsentrasi gas (ppm)

Karakterisasi Sistem Sensor

Berdasarkan Gambar 5. menunjukkan bahwa grafik yang terbentuk hubungan antara tegangan sensor (Volt) dengan konsentrasi gas (ppm) diperoleh grafik yang linier. Nilai korelasi antara dua variabel sebesar $R^2=0.998$, artinya hubungan (korelasi) antara variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y) sangat kuat. Meskipun pada pengukuran berulang masih menghasilkan nilai *zero of set* sebesar 0.64 Volt. Hal ini tidak bisa dihindari karena nilai ini sebagai tegangan pemanas yang diperlukan sensor sebelum bekerja. Sistem pengukuran yang dirancang ini mempunyai nilai sensitivitas sebesar 0.0004 Volt/ppm. Hal ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan konsentrasi gas sebesar 1 ppm, menghasilkan tegangan keluaran sebesar 0.0004 Volt. Sistem ini memiliki nilai *error repeatability* sebesar 5.56%. Dan Jangkauan pengukuran antara 0 ppm sampai dengan 4700 ppm, nilai ini masih

jauh di bawah nilai referensi, yaitu mencapai 10000 ppm. Hal ini disebabkan oleh hasil produksi biogas yang dihasilkan dari fermentasi enceng gondok.

KESIMPULAN

Telah dibuat seperangkat sistem pengukuran konsentrasi gas metana (CH₄) pada biogas dari hasil fermentasi enceng gondok (*Eichornia crassipes*) berbasis sensor TGS 2611 yang mampu mendeteksi sekaligus menampilkan nilai konsentrasi gas metana (CH₄) dalam satuan ppm. Diperoleh beberapa hasil variabel karakteristik statis, yaitu linieritas dengan nilai korelasi antar variabel sebesar $R^2=0.998$, nilai sensitivitas sebesar 0.0004 Volt/ppm, *zero of set* sebesar 0.64 Volt, jangkauan pengukuran mencapai 0-4700 ppm, dan besarnya *error repeatability* adalah 5.56%.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, Bejo. 2008. "C & AVR" *Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATMEGA8*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Fraden, J. 2003. *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications*, Third Edition. United States of America : Springer – Verlag.

Ghosh, S et al. 1984. *Hemicellulose Conversion by Anaerobic Digestion*. Institute of Gas Technology dan United Gas Pipe Line Company. USA.

Hambali, E et al. 2007. *Teknologi Bioenergi. Biodiesel, Bioetanol, Biogas, Pure Plant Oil, Biobriket, dan Bio-oil*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.

Haryati, T. 2006. Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Wartazoa* 6 (3): 160 – 169.

<http://www.atmel.com> diakses pada bulan Desember 2010

<http://www.delta-electronic.com> diakses pada bulan Desember 2010

<http://www.figarosensor.com> diakses pada bulan Desember 2010

Kompas 23 – 02 – 2008

Malik, A. 2006. Environmental Challenge Vis a Vis Opportunity: The Case of Water Hyacinth. *Environment International* Vol.33 hal.122–138 Elsevier Ltd.

Maulidiah, I.L.Nani. 2010. *Akuisisi Data Sensor Gas pada Produksi Biogas*. Jurusan Fisika ITS Surabaya.

Morris, A S. 2001. *Measurement and Instrumentation Principles, Third Edition*. India: Butterworth-Heinemann.

Oktariani, Nia. 2009. *Pembuatan Biogas dari Enceng Gondok dengan Variasi Waktu terhadap Kualitas dan Kuantitas Biogas yang Dihasilkan*. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.

Pabby, et al. *Handbook of Membrane Separations Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications*, CRC Press Taylor & Francis Group, New York, 2009.

Ramaswamy, V et al., 2001: *Radiative forcing of climate change*.

Resbiantoro, Gaguk. 2011. *Perancangan dan Pembuatan Sistem Monitoring Produksi Biogas*.

Jurusan Fisika ITS Surabaya.

Wahyudianto, Ikhwan. 2009. *Perancangan dan Karakterisasi Sensor Gas Metana pada Produksi Biogas*. Jurusan Fisika ITS Surabaya.

Webster, J G. 1999. *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook CRCnetBase*. Boca Raton: CRC Press LLC.

Pertanyaan : Kendala yang dihadapi dalam pengukuran gas metana?

Sensitivitas sensor 2611 itu, sangat sensitive atau tidak?

Jawab : Dalam hal kalibrasi, karena belum ada alat yang sudah standar. Sensor TGS 2611 sangat sensitif.