

PERANCANGAN ALAT UKUR GAS HIDROKARBON (HC) DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR MQ-4 BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S52

I Nyoman Gede Putra Wibawa^{1*}, I Wayan Supardi¹, I Gusti Agung Putra Adnyana¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80361

*Email: mangputera@gmail.com

Abstrak

Telah dapat dirancang alat ukur gas hidrokarbon menggunakan sensor MQ-4. Kadar gas yang terdeteksi diolah untuk ditampilkan pada seven segment melalui beberapa rangkaian, yaitu rangkaian sensor, rangkaian komparator, penguat tak membalik, rangkaian ADC0804, sistem minimum mikrokontroler AT89S52, dan rangkaian seven segment multiplexing. Seluruh rangkaian diaktifkan oleh catu daya 5 VDC, -15 VDC dan +15VDC. Rentang pengukuran alat ukur adalah mulai dari 0 ppm sampai 131 ppm. Cara kerja alat rancangan ini memanfaatkan karakteristik sensor MQ-4 yang memiliki perubahan tegangan keluaran sebanding dengan perubahan kadar gas yang dideteksi. Rangkaian komparator digunakan untuk mengatur tegangan keluaran sensor agar bernilai 0 Volt ketika mengukur 0 ppm gas HC. Karena perubahan tegangan yang terjadi sangat kecil, yaitu 2 mV, maka diperlukan penguatan tegangan sebesar 10 kali agar perubahan tegangan keluaran dapat dikonversi menjadi data digital oleh ADC0804, kemudian hasil konversi dikirimkan pada mikrokontroler. Data yang diterima oleh mikrokontroler AT89S52, kemudian diolah menjadi keluaran kadar gas yang ditampilkan pada seven segment. Kesesuaian alat rancangan dengan alat pembanding yang diperoleh dari hasil analisa regresi linier data pengujian alat rancangan yaitu sebesar 99,9%.

Kata Kunci : sensor MQ-4, ADC, mikrokontroler, seven segment.

Abstract

It has been designed a hydrocarbon gas measuring instrument using the sensor MQ-4. Gas levels were detected by the sensor is processed for display on seven segment through several circuits, the sensor circuit, comparator circuit, non-inverting amplifier circuit, ADC0804 circuit, the minimum system microcontroller AT89S52, and a circuit of seven segment multiplexing. The entire circuit is powered by a power supply 5 VDC, -15 VDC and +15VDC. The measurement range of measuring instruments is ranging from 0 ppm to 131 ppm. The workings of this measuring instrument utilizes the characteristics of the sensor MQ-4 that has a change of output voltage proportional to the change of gas levels were detected. Comparator circuit is used to adjust the sensor output voltage to be 0 volts when measured 0 ppm HC gas. Because the change of the output voltage is small, that is 2 mV, it would require 10 times voltage gain to make the changes of the output voltage can be converted into digital data by the ADC0804, then the conversion result is sent to microcontroller. The data received by microcontroller AT89S52, then processed into the output levels of the gas that displayed on seven segment. Compatibility between measuring instrument and reference instrument were obtained from linear regression analysis of data from test the measuring instrument that is equal to 99,9%.

Key Words : sensor MQ-4, ADC, microcontroller, seven segment..

I. PENDAHULUAN

Indonesia menjadi salah satu negara dengan tingkat polusi udara tertinggi ketiga di dunia. Kontribusi emisi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara terbesar mencapai 60-70%. Hal ini diakibatkan oleh laju pertumbuhan kepemilikan kendaraan bermotor yang tinggi. Sebagian besar kendaraan bermotor menghasilkan emisi gas buang yang buruk, baik akibat perawatan yang kurang memadai ataupun dari penggunaan bahan bakar dengan kualitas kurang baik (Irawan, 2012).

Salah satu dari beberapa bahan pencemar udara adalah hidrokarbon (HC). Hidrokarbon diudara akan bereaksi dengan bahan-bahan lain dan akan membentuk ikatan baru yang disebut *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH) yang banyak dijumpai di daerah industri dan padat lalu lintas. Bila PAH ini masuk dalam paru-paru akan menimbulkan luka dan merangsang terbentuknya sel-sel kanker [<http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>].

Pada saat ini ilmu dan teknologi berkembang begitu pesat, terutama di bidang elektronika dan instrumentasi. Berbagai macam alat elektronik telah dirancang dan diterapkan untuk membantu dalam kehidupan. Salah satu alat ukur yang telah dibuat adalah alat uji emisi gas buang mesin bermotor.

Alat uji emisi gas buang kendaraan yang banyak digunakan pada bengkel-bengkel, ataupun dinas perhubungan saat ini adalah alat ukur gas karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO₂), oksigen (O₂), dan nitrogen dioksida (NO₂), namun alat-alat tersebut memiliki bentuk fisik yang begitu besar, sehingga tidak mudah untuk dipindah-pindahkan dan memerlukan tempat yang luas untuk

menaruhnya. Selain itu, alat tersebut juga membutuhkan daya yang besar untuk mengoperasikannya, dan yang menjadi kendala adalah harganya sangat mahal. Beberapa contoh alat uji emisi yang umum digunakan saat ini adalah SPTC USA *Corp-TYPE GAS 4/5* yang memiliki berat 5 Kg, dimensi 270(W) x 245(H) x 419(D) mm, dan sumber daya yang dibutuhkan adalah 220 VAC dan 12 VDC. *Automatic Diesel Smoke Tester SY-AST 330* yang memiliki berat 18 Kg, dimensi 420(W) x 250(H) x 400(D) mm, dan sumber daya yang dibutuhkan adalah 220 VAC, 50Hz [<http://multiteknika.mandiri.indonetwork.co.id/2774033>].

Untuk membantu dalam mengurangi pencemaran yang terjadi, maka dalam penelitian ini akan dirancang alat ukur gas hidrokarbon dengan menggunakan sensor MQ-4 berbasis mikrokontroler AT89S52. Dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik sensor MQ-4, dan mengetahui rancangan serta cara kerja alat ukur gas hidrokarbon dengan menggunakan sensor MQ-4 berbasis mikrokontroler AT89S52.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sensor MQ-4

Sensor MQ-4 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap metana dan *natural gas* (hidrokarbon). Bahan sensitif dari sensor MQ-4 adalah *tin dioxide* (SnO₂), dengan konduktivitas yang rendah pada udara bersih. Jika terdapat gas yang berinteraksi dengan sensor, maka konduktivitas sensor akan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi gas yang dideteksi [<http://www.pololu.com/file/0J311/MQ4.pdf>].

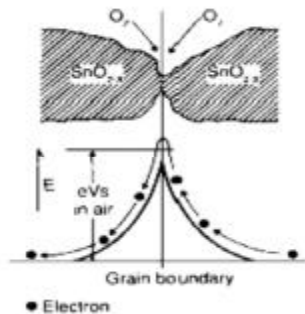
Sensor MQ-4 ditunjukkan pada Gambar 2.1. Sensor ini dibuat dengan keramik tabung mikro Al₂O₃, lapisan sensitif *tin dioxide* (SnO₂), elektroda pengukur dan pemanas (*heater*) yang dipasang pada

tempat yang dibuat dari plastik dan *stainless steel*. Pemanas digunakan untuk memberikan suhu tertentu yang optimal pada komponen sensitif SnO₂ untuk melakukan penginderaan atau *sensing*.



Gambar 2.1 Sensor MQ-4.

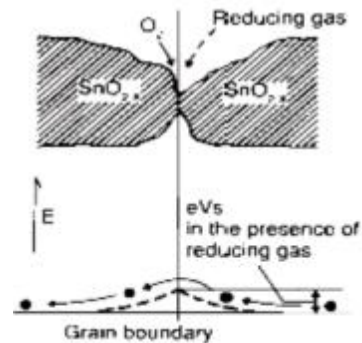
Ketika bahan sensitif (SnO₂) dihangatkan pada suhu tertentu, oksigen akan diserap pada permukaan kristal dan oksigen akan bermuatan negatif. Hal ini disebabkan karena permukaan kristal mendonorkan elektron pada oksigen yang terdapat pada lapisan luar, sehingga oksigen akan bermuatan negatif dan muatan positif akan terbentuk pada permukaan luar kristal. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron seperti tampak pada ilustrasi Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi penyerapan O₂.

Arus elektrik mengalir melewati daerah sambungan (*grain boundary*) dari kristal SnO₂ di dalam sensor. Penyerapan oksigen mencegah muatan untuk bergerak bebas

pada daerah sambungan. Jika konsentrasi gas menurun, proses deoksidasi akan terjadi, rapat permukaan dari muatan negatif oksigen akan berkurang, dan mengakibatkan menurunnya ketinggian penghalang dari daerah sambungan. Menurunnya penghalang tersebut maka akan mengakibatkan resistansi sensor juga ikut menurun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 [<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22558/4/Chapter%20II.pdf>].



Gambar 2.3 Ilustrasi ketika terdeteksi adanya gas.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Blok Alat Rancangan

Digram blok perancangan alat akur gas **hidrokarbon** menggunakan sensor MQ-4 ditunjukkan pada Gambar 3.1.

Alur respon sinyal yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dimulai dari sensor MQ-4 yang mengubah sinyal masukan berupa kadar gas hidrokarbon menjadi sinyal analog berupa tegangan. Jika perubahan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor relatif kecil, maka digunakan rangkaian penguat operasional agar perubahan tegangan keluaran sensor dapat dibaca oleh ADC untuk melakukan konversi sinyal analog menjadi data digital. Data digital yang diperoleh



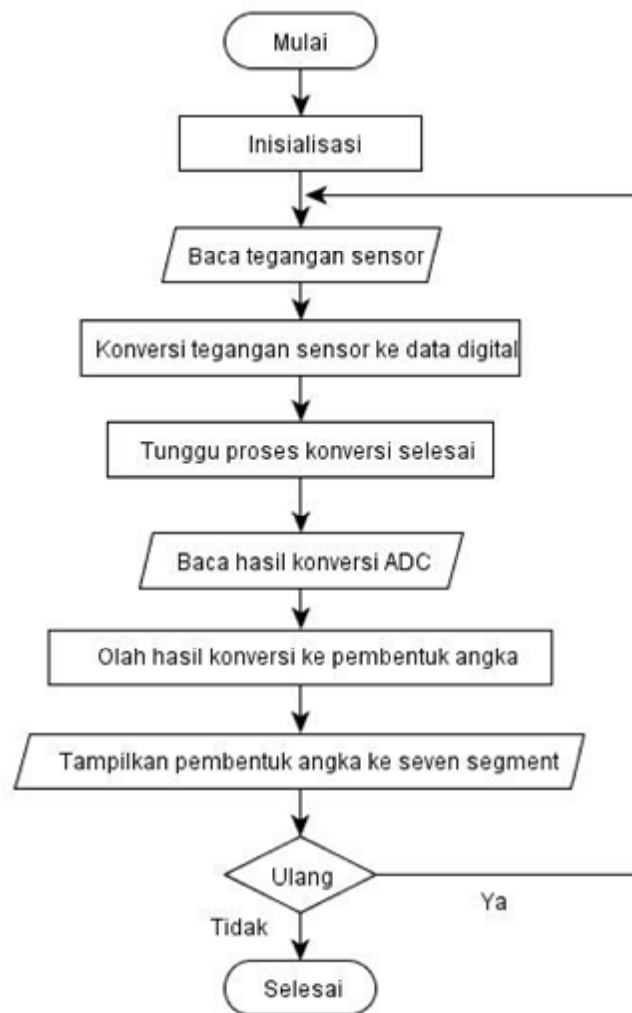
Gambar 3.1 Diagram blok rancangan alat ukur gas hidrokarbon.

kemudian diolah oleh mikrokontroler AT89S52 menjadi data digital pembentuk tampilan angka pada *seven segment*. Tampilan angka pada *seven segment* menunjukkan kadar gas hidrokarbon yang terukur.

3.2. Algoritma Pemrograman Mikrokontroler AT89S52

Algoritma pemrograman mikrokontroler pada alat yang ukur akan dirancang

ditunjukkan pada Gambar 3.2. Program ini dimulai dengan inialisai komponen yang digunakan, kemudian tegangan keluaran sensor MQ-4 dibaca oleh ADC0804 untuk dikonversi ke data digital. Data digital dihasilkan dibaca oleh mikrokontroler, kemudian diolah menjadi data digital pembentuk tampilan angka pada *seven segment*, setelah itu dikirim ke *seven segment* untuk ditampilkan.



Gambar 3.2 Algoritma pemrograman mikrokontroler AT89S52.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perancangan Alat Ukur

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah alat ukur gas hidrokarbon (HC)

dengan menggunakan sensor MQ-4 berbasis mikrokontroler AT89S52. Alat ukur ini terdiri dari beberapa bagian utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Alat ukur gas hidrokarbon dengan menggunakan sensor MQ-4 berbasis mikrokontroler AT89S52.

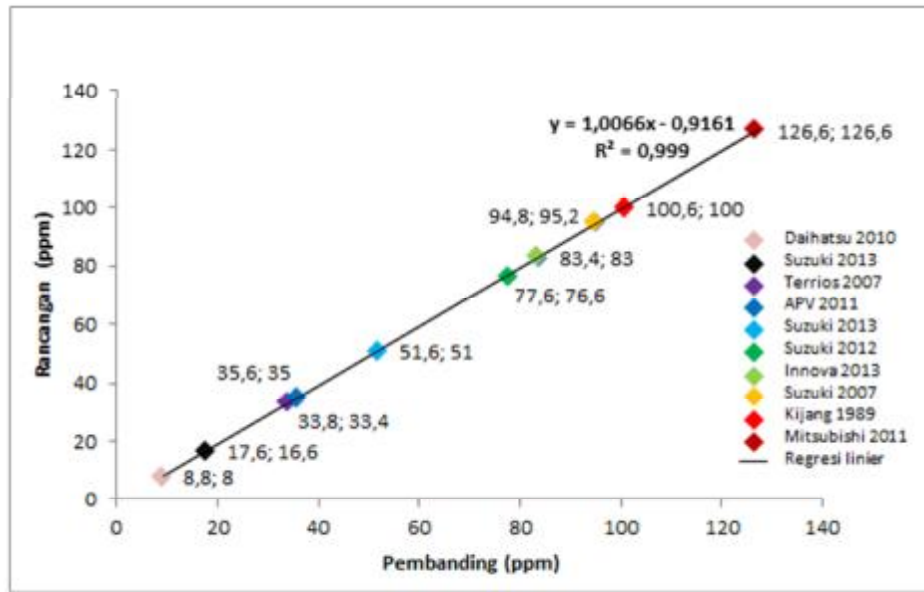
Keterangan Gambar 4.1:

1. Sensor MQ-4, berfungsi sebagai pengindra gas hidrokarbon.
2. Rangkaian sensor MQ-4, berfungsi sebagai pengubah perubahan resistansi pada sensor MQ-4 menjadi perubahan tegangan.
3. Rangkaian komparator, berfungsi sebagai pengatur tegangan keluaran sensor MQ-4 agar dimulai dari 0 volt.
4. Rangkaian penguat tak membalik (*non-inverting amplifier*), berfungsi sebagai penguat tegangan keluaran sensor.
5. Rangkaian ADC0804, berfungsi sebagai pengubah tegangan keluaran sensor yang berupa data analog menjadi data digital.
6. Rangkaian sistem minimum AT89S52, berfungsi sebagai pengolah data tegangan keluaran sensor MQ-4 yang berupa data digital menjadi data kadar gas hidrokarbon dalam satuan ppm.
7. Rangkaian *seven segment*, berfungsi sebagai pengatur data yang telah diolah untuk ditampilkan pada *seven segment*.
8. *Seven segment*, berfungsi sebagai penampil kadar gas hidrokarbon yang terukur.
9. Rangkaian catu daya, berfungsi sebagai penyedia daya untuk mengaktifkan seluruh pada alat rancangan.

4.2. Hasil Pengujian Alat Rancangan

Pengujian rancangan alat ukur gas hidrokarbon dengan menggunakan sensor MQ-4 berbasis mikrokontroler AT89S52 dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukurannya dengan hasil pengukuran yang dilakukan oleh alat ukur gas HC Dinas Perhubungan Kota Denpasar dengan merk Capelec 3201. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil data pengukuran gas HC dari 10 kendaraan bermotor roda 4 yang berbahan bakar premium. Pengukuran kadar gas HC pada setiap kendaraan dilakukan sebanyak 5 kali. Rata-rata hasil pengukuran kadar gas HC setiap kendaraan dianalisis dengan regresi linier, kemudian diplot menjadi sebuah grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Gambar 4.2 menunjukkan grafik kelinieran antara rata-rata hasil pengukuran kadar gas HC pada 10 kendaraan roda 4 berbahan bakar premium oleh alat rancangan dan alat pembanding. Koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh dari hasil analisa data pengujian alat rancangan yaitu sebesar 0,999. Koefisien tersebut menyatakan bahwa kesesuaian alat rancangan dengan alat pembanding adalah sebesar 99,9%, sedangkan sisanya terjadi ketidaksesuaian. Ketidaksesuaian yang terjadi pada hasil pengukuran mungkin disebabkan oleh sistem penampungan gas HC yang diukur dan sensitivitas sensor dari alat rancangan



Gambar 4.2 Grafik kelinieran hasil pengujian alat.

4.3. Pembahasan Cara Kerja Alat Ukur

Alur respon sinyal alat rancangan dimulai dari rangkaian sensor MQ-4 dengan mengubah kadar gas yang dideteksinya menjadi tegangan keluaran sensor. Tegangan keluaran sensor yang dihasilkan memiliki perubahan sebanding dengan perubahan kadar gas HC yang dideteksi.

Tegangan keluaran sensor MQ-4 yang dimulai dari 35 mV pada 0 ppm kadar HC mengakibatkan berkurangnya rentang pengukuran yang dapat dilakukan oleh alat rancangan. Oleh karena itu, digunakan rangkaian komparator dengan tegangan pembanding yang sesuai dengan tegangan keluaran sensor MQ-4 pada 0 ppm kadar gas HC, yaitu 35 mV. Sehingga tegangan keluaran sensor dimulai dari 0 volt dan rentang pengukuran menjadi tidak berkurang.

Karena perubahan tegangan keluaran sensor MQ-4 begitu kecil, yaitu 2 mV, maka tegangan keluaran tersebut dikuatkan terlebih dahulu oleh rangkaian penguat tak membalik sebesar 10 kali untuk

menyesuainya dengan V_{LSB} ADC (perubahan tegangan terkecil yang dapat dibaca oleh ADC untuk melakukan perubahan keluaran data digital sebesar 1 bit), yaitu sebesar 20 mV.

Tegangan keluaran rangkaian penguat kemudian dihubungkan pada rangkaian pembatas tegangan sebelum dihubungkan ke ADC. Rangkaian pembatas tegangan berfungsi untuk menjaga tegangan masukan ADC tidak lebih dari 5 volt, sehingga ADC tidak rusak.

Setelah melalui rangkaian pembatas tegangan, maka tegangan keluarannya dihubungkan pada pin Vin(+) ADC. Ketika ADC0804 dalam keadaan aktif atau pin \overline{CS} ADC berlogika rendah, maka ADC akan membaca tegangan tersebut, kemudian memulai mengonversinya menjadi data digital pada saat pin \overline{WR} ADC berlogika rendah. Setelah proses konversi selesai dan data digital telah diperoleh, maka \overline{WR} akan diatur agar berlogika tinggi dan secara tidak langsung pin \overline{INTR} ADC akan berlogika rendah untuk memberikan indikator kepada

mikrokontroler bahwa proses konversi telah selesai.

Ketika mikrokontroler mengetahui bahwa proses konversi telah selesai, mikrokontroler langsung dapat membaca data hasil konversi pada pin keluaran ADC, karena pin \overline{RD} ADC telah diatur pada logika rendah (dihubungkan pada *ground*). Data digital yang telah dibaca oleh mikrokontroler kemudian diolah menjadi data digital pembentuk tampilan angka pada *seven segment*. Pengonversian dan pengolahan data diatur oleh program yang *download* pada mikrokontroler AT89S52. Setelah data digital diolah, kemudian dikirim ke 3 digit *seven segment* untuk ditampilkan secara bergantian dan dengan kecepatan tinggi, sehingga *seven segment* dapat menunjukkan kadar gas yang terukur oleh alat rancangan.

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengendalikan mikrokontroler dalam mengolah dan menampilkan data pada *seven segment* dalam rancangan alat ukur gas HC ini adalah bahasa *assembly*. Program pengendali mikrokontroler yang *download* pada alat rancangan terdiri dari empat subprogram, yaitu subprogram pengendali konversi ADC, pengolah hasil konversi menjadi kadar gas HC, pengolah kadar HC menjadi pembentuk angka pada *seven segment*, dan penampil kadar HC pada *seven segment*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dikemukakan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dapat dirancang alat ukur gas hidrokarbon dengan menggunakan sensor MQ-4 berbasis mikrokontroler AT89S52.
2. Rangkaian alat rancangan diaktifkan oleh catu daya 5 VDC, -15 VDC dan +15VDC, dengan rentang pengukuran mulai dari 0 ppm sampai 131 ppm.

3. Alat rancangan memanfaatkan karakteristik sensor MQ-4 yang menghasilkan perubahan tegangan keluaran sebanding dengan perubahan kadar gas yang dideteksi. Kesesuaian alat rancangan dengan alat capelec 3201 yang diperoleh dari hasil analisa regresi linier data pengujian alat rancangan yaitu sebesar 99,9%.

DAFTAR PUSTAKA

- Irawan, Bagus. 2012. *Rancang Bangun Catalytic Converter Material Substrat Tembaga Berlapis Mangan Untuk Mereduksi Emisi Gas Carbon Monoksida Motor Bensin*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang.
- <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>. *Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. [Diakses pada tanggal 17 Februari 2014].
- <http://multiteknikamandiri.indonetwork.co.id/2774033>. *Gas Analyzer for Diesel (Smoke Tester)/Alat Uji Emisi Otomatis pada Mesin Diesel*. [Diakses pada tanggal 6 Mei 2013].
- <http://www.pololu.com/file/0J311/MQ4.pdf>. *MQ-4 Semikonduktor Sensor for Natural Gas*. [Diakses pada tanggal 6 Mei 2013].
- [http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22558/4/Chapter II.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22558/4/Chapter%20II.pdf). *Prinsip Kerja Sensor Gas Secara Umum*. [Diakses pada tanggal 17 Februari 2014]