

Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO) Pada Kendaraan
Berbasis Sensor MQ7

*Design Of Carbon Monoxide (CO) Measurement Instrument In Vehicle With MQ7 Sensor
Application*

Maidasari Br Manurung¹, Dudi Darmawan², Reza Fauzi Iskandar³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹maidasari6@gmail.com, ²dudidw@telkomuniversity.ac.id, ³rezafauzii@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengenai perancangan alat ukur karbon monoksida menggunakan sensor MQ7. Dimana sensor MQ7 digunakan sebagai alat untuk mendeteksi dan mengukur kadar gas karbon monoksida pada kendaraan yang dibantu dengan arduino sebagai mikrokontroler dan pemroses sinyal, serta liquid crystal display (LCD) dengan karakter 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan data. Hasil pengukuran yang dilakukan dengan karakterisasi sensor MQ7 menggunakan alat kalibrator smart sensor karbon monoksida (CO) meter, dengan menggunakan dua metode yaitu metode pertama yaitu metode karakterisasi sensor MQ7 range pengukuran yang diperoleh 38 – 398 ppm dan metode ke dua yaitu metode pendekatan antara persamaan karakterisasi sensor MQ7 dengan karakterisasi sensor MQ7 yang terdapat pada datasheet diperoleh range pengukuran 35-398 ppm. Dari data yang di peroleh bawah dengan menggunakan kedua metode tersebut dapat dilihat bawah kemampuan dari alat ukur kadar karbon monoksida yang dirancang mendapatkan kemampuan pengukuran dari range 35-398 ppm.

Kata kunci : Gas karbon monoksida, sensor MQ7, arduino

Abstract

This research was about Carbon Monoxide (CO) measurement instrument design with MQ7 sensor. With the help of microcontroller and LCD, The result of measurement with characterization of sensor MQ7 using smart sensor carbon monoxide meter by using two method that is first method that is characterization method of sensor MQ7 measurement range obtained 38-398 ppm and second method is approach between equation characterization sensor MQ7 with sensor characterization MQ7 contained in the datasheet obtained range of measurement 35-395 ppm from the data obtained below by using both methods can be see under the capability of a carbon monoxide content measuring device designed to gain measurement capability from a range of 35-398 ppm

Keyword: Carbon Monoxide, MQ7 Sensor, Microcontroller

1. Pendahuluan

Pencemaran udara adalah suatu kondisi dimana kualitas udara menjadi rusak oleh zat - zat yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Pencemaran udara banyak di jumpai di lingkungan sekitar yang berasal dari kegiatan manusia yang dapat merugikan dan merusak kesehatan tubuh manusia. Pada umumnya pencemaran udara ini di akibatkan oleh aktivitas manusia pada umumnya terjadi di area kota – kota besar dengan jumlah kendaraan dan sektor industri (pabrik) yang meningkat, yang disebabkan oleh proses alam yang berasal dari pembakaran hutan, gunung berapi. Pertambahan kendaraan yang pesat terkait dengan kondisi sistem transformasi yang buruk dan bertambah banyak, sehingga semakin bertambahnya jumlah kendaraan telah mengakibatkan pencemaran udara yang semakin terasa dikota besar [1], persentasi pencemara udara pada transformasi sebesar 63.8% ,pembakaran stasioner sebesar 1.9%, proses industry sebesar 9.6%, pembuangan limbah padat sebesar 7.8% dan lain lainnya sebesar 16.8% [2]. Dimana pencemaran udara pada transformasi lebih besar dari pada pencemaran udara lainnya, pencemaran transformasi seperti kendaraan dimana Pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna di dalam kendaraan ini merupakan pencemaran udara dikota yang dikeluarkan berupa karbon monoksida, nitrogen oksida, belerang oksida dan partikel padat. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis merancang suatu alat pendeteksi gas karbon monoksida yang nantinya dapat membantu masyarakat

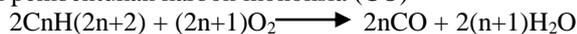
untuk mendeteksi gas buang kendaraan bermotor yang dimiliki demi meningkatkan kewaspadaan masyarakat terhadap polusi udara yang di timbulkan dari kendaraan bermotor yang mengeluarkan gas buang CO yang berlebihan. Dengan demikian dibutuhkan alat yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur kadar karbon monoksida. Dimana alat yang dirancang menggunakan sensor MQ7 dan mikrokontroler Arduino Uno dengan menampilkan hasil dari pengukuran dengan satuan pengukuran PPM menggunakan LCD.

Dasar Teori

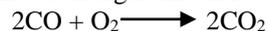
1.1 Karbon Monoksida

Karbon monoksida merupakan suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa hasil dari pembakaran yang tidak sempurna dari suatu material. Secara umum proses pembentukan gas karbon monoksida pada senyawa hidrokarbon[3].

Tahap I pembentukan karbon monoksida (CO)



Tahap II CO mengalami oksidasi membentuk CO₂



Berdasarkan Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997, rentang semua Gas (PM10,CO,SO₂,NO₂,O₂) yang terdapat pada Indeks Standar Pencemar Udara dengan ketentuan waktu sebagai berikut [5]:

Rentang Indeks Standar Pencemar Udara

No	Kategori	Rentang	Warna
1	Baik	0-50 ppm	Hijau
2	Sedang	51-100 ppm	Biru
3	Tidak Sehat	101-199 ppm	Kuning
4	Sangat Tidak Sehat	200-299 ppm	Merah
5	Berbahaya	300-500 ppm	Hitam

Tabel 1.1 Rentang Indeks Standar Pencemar Udara

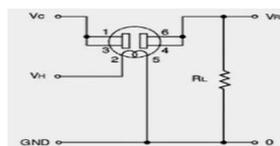
1.2 Sensor MQ7



Gambar 2.1 Sensor MQ7

Sensor MQ7 merupakan sensor gas karbon monoksida yang berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida (CO), sensor MQ7 memiliki sensitivitas tinggi dan respon cepat terhadap gas karbon monoksida dan keluaran dari sensor MQ7 berupa sinyal analog dan membutuhkan tegangan DC sebesar 5Volt[4].

2.3 Rangkaian Sensor Gas MQ7



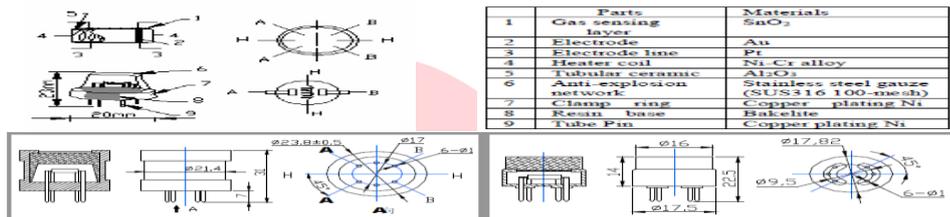
Gambar 2.2 Rangkaian Sensor MQ7

Pada gambar 2.2 adalah rangkaian pada sensor gas MQ7. Rangkaian ini bisa disebut juga sebagai rangkaian pengkondisian sinyal. Rangkaian ini dibutuhkan agar sinyal yang masuk ke Analog to Digital Conversion (ADC) Arduino Uno dapat dibaca, maka sinyal tegangan harus dikondisikan sesuai spesifikasi ADC Arduino yaitu 5 volt. Rangkaian pengukuran standar komponen sensitif sensor MQ-7 yang terdiri dari 2 bagian yaitu rangkaian pemanas yang memiliki fungsi kontrol waktu (tegangan tinggi dan tegangan rendah yang bekerja secara sirkular) dan rangkaian sinyal output yang berfungsi untuk merespon perubahan resistansi permukaan sensor. Dari gambar 2.2 Rangkaian Sensor MQ7 dapat di temukan rumus untuk mencari nilai resistansi dari

sensor yaitu $R_s = \left(\frac{V_{cc}}{V_{RL}} - 1\right) \cdot R_L$2.3
 dimana R_s merupakan nilai resistansi sensor, V_{cc} merupakan nilai tegangan yang diberikan sebesar 5 volt, V_{RL} merupakan nilai keluaran tegangan dari sensor dan R_L merupakan nilai resistansi dalam sensor yang diberikan sebesar 10 k Ω .

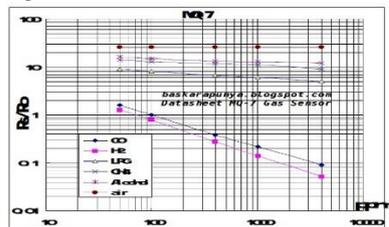
2.3.1 Struktur Dan Konfigurasi Sensor MQ7

Struktur dan konfigurasi sensor MQ7 ditunjukkan pada gambar 2.3 sensor disusun oleh mikro Al₂O₃ tabung keramik, Tin Dioksida (SnO₂) lapisan sensitif, elektroda pengukuran dan pemanas adalah tetap menjadi kerak yang dibuat oleh plastic dan stainless steel bersih. Pemanas menyediakan kondisi kerja yang diperlukan untuk pekerjaan komponen sensitif. Sensor MQ7 memiliki 6 pin dimana 4 pin berfungsi sebagai pengambil sinyal dan 2 pin lainnya berfungsi untuk menyediakan arus pemanas [6].



Gambar 2.3 Konfigurasi Sensor MQ7

2.3.2 Karakterisasi Sensor MQ7



Gambar 2.4 Grafik Karakterisasi Sensor MQ7

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa rasio resistansi sensor MQ7 ($\frac{R_s}{R_o}$) akan bernilai 1 pada saat konsentrasi gas CO = 100 ppm. Artinya pada saat konsentrasi gas CO = 100 ppm maka nilai $R_s = R_o$ hal ini dibuktikan dengan persamaan berikut [7].

$100 \text{ ppm CO} = \frac{R_s}{R_o} = 1$2.4

$R_s \text{ } 100 \text{ ppm CO} = R_o$2.5

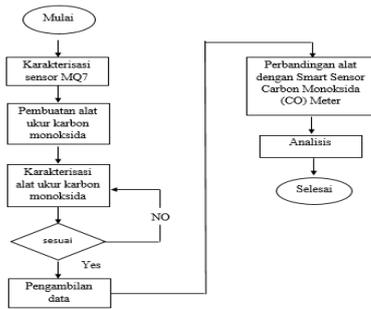
2.1.1 Prinsip Kerja Sensor MQ7

Pada dasarnya prinsip kerja dari sensor MQ7 adalah mendeteksi keberadaan gas-gas yang dianggap mewakili asap kendaraan yang mengandung gas karbon monoksida. Sensor MQ7 mempunyai tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap gas karbon monoksida. Ketika sensor mendeteksi gas tersebut maka resistansi elektrik sensor akan menurun. Didalam sensor memiliki suatu penyerap keramik yang berfungsi untuk melindungi dari debu atau gas yang tidak diketahui. Heater pada sensor ini berfungsi sebagai pemicu sensor untuk dapat mendeteksi target gas yang diharapkan setelah diberikan tegangan 5 Volt [8].

2. Pembahasan

3.1 Metode Penelitian

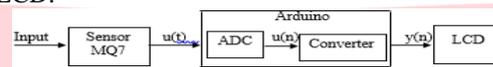
Metode penelitian dimulai dari karakterisasi sensor, perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang akan digunakan untuk menjalankan penelitian ini serta analisis. Lebih lengkap terlihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Perancangan sistem

Pada perancangan tugas akhir ini adalah membuat alat ukur karbon monoksida menggunakan sensor MQ7, dimana sinyal yang di hasilkan oleh sensor berupa sinyal analog dan akan di converter ke sinyal digital menggunakan arduino hasil dari converter berupa ppm yang akan di tampilkan menggunakan LCD.



Gambar 3.2 Diagram Blog Perancangan Sistem

3.3 Pengambilan data

Dalam pengambilan data dilakukan karakterisasi sensor terlebih dahulu dengan menggunakan dua kalibrator yaitu dengan Smart sensor karbon monoksida (CO) meter.

3.3.1 Pengambilan Data menggunakan smart sensor karbon monoksida (CO) meter

Smart sensor digunakan sebagai salah satu alat kalibrator dengan range pengukuran 0-1000 ppm.



Gambar 3.4 Smart Sensor Carbon Monoksida meter

Sistem kalibrasi menggunakan dua metode dengan alat smart sensor carbon monoksida sebagai alat kalibrator yaitu dengan metode karakterisasi sensor MQ7 dan metode pendekatan antara persamaan karakterisasi sensor dengan persamaan karakterisasi sensor yang terdapat pada datasheet. Pengambilan data dilakukan dengan cara karakterisasi sensor didalam ruangan tertutup dengan menggunakan sensor MQ7, dimana gas karbon monoksida akan disuntikkan kedalam ruangan tertutup sesuai yang diinginkan. Sensor akan membaca nilai tegangan yang dihasilkan setelah itu dapat diolah data tegangan menjadi nilai resistansi sensor ($\frac{R_S}{R_0}$) dengan menggunakan persamaan 2.3. Apabila datanya sudah sesuai maka dilakukan pengambilan data langsung ke asap kendaraan dengan mendekati alat yang dirancang dan alat kalibrator sehingga dapat terukur kadar gas karbon monoksida setelah itu dilakukan perbandingan antara alat yang dirancang dengan alat kalibrator yaitu smart sensor karbon monoksida(CO) meter sehingga terbaca nilai ppm dari alat yang dirancang dan alat kalibrator.

4 Pengujian dan Analisis

4.1 Deskripsi Alat

Sistem detektor terdiri dari perangkat keras yang merupakan alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida berbasiskan Arduino Uno, sensor gas MQ-7, batraei Lipo dan LCD.



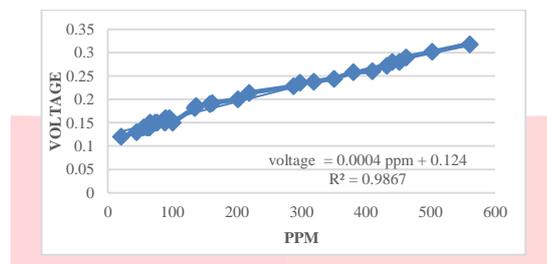
Gambar 4.1 alat pendeteksi karbon monoksida

4.2 Pengujian alat

Pengujian alat dilakukan dengan menggunakan “Smart Sensor Carbon Monoksida (CO) Meter” yang berfungsi sebagai alat kalibrator. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode Karakterisasi Sensor MQ7 dan metode pendekatan antara persamaan karakterisasi sensor MQ7 dengan persamaan karakterisasi sensor MQ7 yang terdapat pada datasheet sensor MQ7.

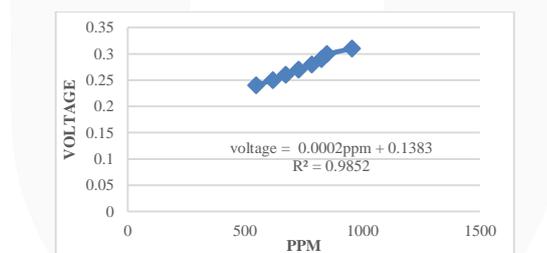
4.2.1 Metode Karakterisasi Sensor MQ7

Metode pertama yaitu metode karakterisasi sensor MQ7 yang dilakukan dengan memberi tingkat konsentrasi gas yang berbeda-beda pada ruang tertutup dan mengukur besar tegangan keluaran dari sensor dan besar kadar gas karbon monoksida yang terbaca oleh alat kalibrator.



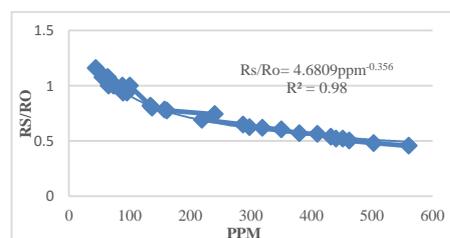
Gambar 4.2 Grafik Voltage Terhadap ppm

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa sensor MQ7 menghasilkan kurva yang hampir *linear*, disaat 20.2 ppm diperoleh tegangan sebesar 0.12 volt sampai 560.4 ppm diperoleh tegangan sebesar 0.31 volt. voltage adalah besar keluaran tegangan dari sensor dan ppm adalah besar dari kadar karbon monoksida yang terdeteksi oleh alat kalibrator. Dan dilanjutkan pengukuran sampai 1000 ppm didapatkan data linier dari 547 ppm dengan tegangan sebesar 0.24 volt sampai 954.5 ppm dengan tegangan sebesar 0.31 volt dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



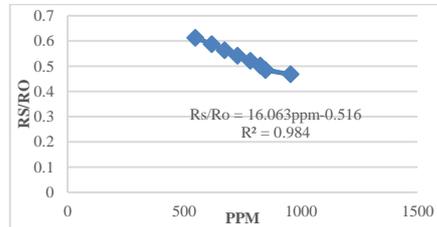
Gambar 4.3 Grafik Voltage Terhadap ppm

Dimana terjadinya perubahan nilai resistansi sensor (R_s) disaat terkena gas pada tingkat konsentrasi gas yang berbeda-beda. Sehingga dapat dicari model persamaan garis terhadap setiap perubahan konsentrasi gas CO dengan rumus $R_s = \left(\frac{V_{cc}}{V_{out}} - 1\right) \cdot R_L$. Tegangan sensor yang didapat dari pengukuran dengan tingkat konsentrasi gas yang berbeda-beda dapat dicari nilai resistansi sensor (R_s) dan nilai R_o yang didapat saat konsentrasi CO 100 ppm maka nilai R_s sama dengan nilai R_o sebesar 323.33Ω , maka dapat dicari nilai resistansi sensor $\left(\frac{R_s}{R_o}\right)$.



Gambar 4.4 Grafik Resistansi Sensor $\left(\frac{R_s}{R_o}\right)$ Terhadap ppm

Pada gambar 4.4 terlihat bawah sensor MQ7 menghasilkan kurva yang hampir mendekati *power*, disaat 44 ppm diperoleh nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) sebesar 1.15Ω sampai 59.5 ppm diperoleh nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) sebesar 1.07Ω . Dan dilanjutkan pengukuran sampai 1000 ppm didapatkan data hampir mendekati *power* dari 547 ppm diperoleh nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) sebesar 0.61Ω sampai 954.5 ppm diperoleh nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) sebesar 0.46Ω dengan persamaan $\frac{R_s}{R_o} = 16.063\text{ppm}^{-0.516}$ dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah.

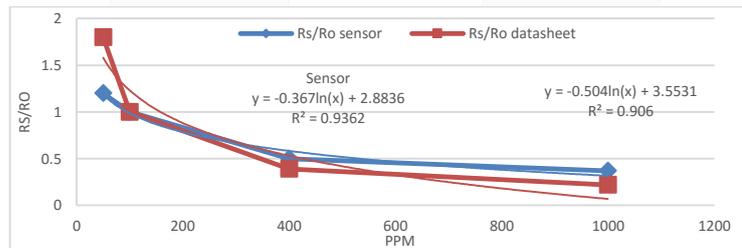


Gambar 4.5 Grafik Resistansi Sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) Terhadap ppm

Berdasarkan datasheet sensor diketahui bahwa besar keluaran konsentrasi gas di saat 400 ppm dengan nilai resistansi sensor $\frac{R_s}{R_o}$ 0.39Ω , tetapi pada saat pengukuran yang dilakukan dengan konsentrasi gas disaat 409.8 ppm dengan nilai $\frac{R_s}{R_o}$ 0.56Ω . hal ini dikarenakan adanya pengaruh dari temperatur dan kontaminasi pengaruh gas lain terhadap alat ukur disaat disaat dilakukan pengukuran.

4.2.2 Metode Pendekatan Antara Persamaan Karakterisasi Sensor MQ7 Dengan Persamaan Karakterisasi Sensor MQ7 dari datasheet

Dalam metode kedua ini dilakukan dengan pendekatan antara persamaan karakterisasi sensor MQ7 dengan persamaan karakterisasi MQ7 yang di sudah diketahui didalam datasheet sensor MQ7.



Gambar 4.6 Grafik Resistansi Sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) Terhadap ppm

Dimana dari kedua persamaan tersebut akan dilakukan pendekatan dan perhitungan sehingga menghasilkan persamaan yang baru untuk mencari nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$). Dari kedua persamaan karakterisasi sensor MQ7 yang terdapat pada datasheet diperoleh saat 50 ppm didapatkan nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) sebesar 1.8Ω dengan persamaan $y_1 = -0.367\ln(\text{ppm}) + 2.8836$ sedangkan dengan karakterisasi sensor MQ7 disaat 50 ppm diperoleh nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) sebesar 1.25Ω dengan persamaan $y_1 = -0.284\ln(\text{ppm}) + 2.4678$. Maka dari kedua persamaan tersebut dilakukan pendekatan dengan cara menggabungkan dan menghitung kedua persamaan tersebut sehingga didapatkan persamaan baru sebagai berikut.

$x_1 = \text{ppm1}$ $x_2 = \text{ppm2}$ dimana bernilai sama

$y_1 = \frac{R_s}{R_o}$ Sebagai Acuan (karakterisasi datasheet sensor MQ7)

$$y_2 = \frac{R_s}{R_o} \text{ Karakterisasi sensor MQ7}$$

$$y_1 = -0.367 \ln(\text{ppm}) + 2.8836 \text{ Jadi } \ln(\text{ppm}) = \frac{y_1 + 2.8836}{0.367}$$

$$y_2 = -0.284 \ln(\text{ppm}) + 2.4678 \text{ Jadi } \ln(\text{ppm}) = \frac{y_2 + 2.4678}{0.284}$$

sehingga

$$\ln(x_1) = \frac{(-y_1 + 2.8836)}{0.367}$$

$$\ln(x_2) = \frac{(-y_2 + 2.4678)}{0.284}$$

$$\frac{1}{0.367} (2.8836 - y_1) = \frac{1}{0.284} (2.4678 - y_2)$$

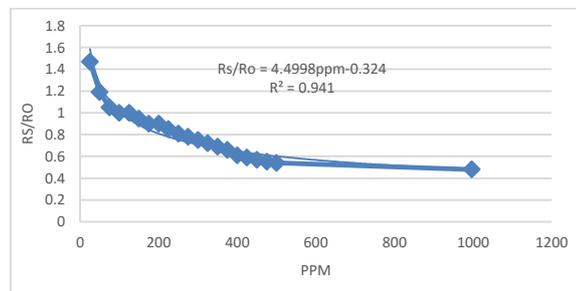
$$(7.8549 - 2.724y_1) = (8.6891 - 3.521y_2)$$

$$(-2.724y_1 + 3.521y_2) = 8.6891 + 7.0497$$

$$y_1 = \frac{0.8342 - 3.521y_2}{(-2.724)}$$

$$y_1 = (-0.3062 + 1.2925 y_2) \dots \dots \dots 4.1$$

Dari persamaan tersebut dapat diketahui secara langsung nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) menghasilkan grafik sebagai berikut



Gambar 4.7 Grafik Resistansi Sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) Terhadap ppm

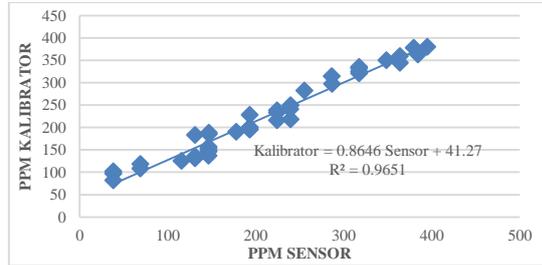
Pada gambar 4.7 terlihat bahwa sensor MQ7 menghasilkan kurva yang hampir mendekati *power*, disaat 50 ppm diperoleh nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) sebesar 1.19Ω sampai 1000 ppm dengan nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) sebesar 0.48Ω dengan persamaan $\frac{R_s}{R_o} = 4.4998\text{ppm}^{-0.324}$ dimana Berdasarkan datasheet sensor diketahui bahwa besar keluaran konsentrasi gas di saat 50 ppm dengan nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) 1.8Ω, tetapi pada saat pengukuran yang dilakukan dengan kosentrasi gas disaat 50 ppm dengan nilai resistansi sensor ($\frac{R_s}{R_o}$) sebesar 1.19Ω. Hal ini dikarenakan setiap sensor akan mendapatkan nilai yang berbeda pada saat karakterisasi sensor sehingga di butuhkan karakterisasi sensor terlebih dahulu sebelum merancang alat ukur dan yang lainnya ada pengaruh dari temperatur dan kontaminasi pengaruh gas lain terhadap alat ukur disaat disaat dilakukan pengukuran.

4.3 Perbandingan

Perbandingan antara alat ukur kadar karbon monoksida yang dirancang dengan Smart Sensor Carbon Monoksida (CO) Meter yang digunakan sebagai kalibrator. Dengan menggunakan 2 metode yaitu metode karakterisasi sensor MQ7 dan metode pendekatan antara persamaan karakterisasi sensor MQ7 dengan persamaan karakterisasi sensor MQ7 yang terdapat pada datasheet.

4.3.1 Hasil Perbandingan Metode karakterisasi Sensor MQ7

Perbandingan data yang terbaca antara alat ukur kadar karbon monoksida yang dirancang dengan kalibrator yaitu smart sensor carbon monoksida (CO) meter dapat dilihat pada gambar grafik 4.13 dibawah ini.

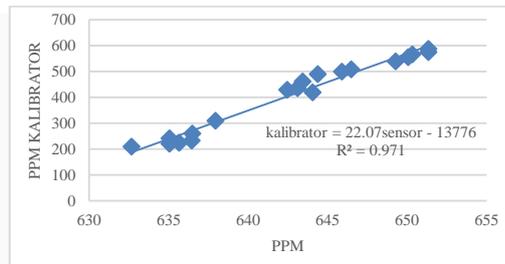


Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Antara ppm Sensor Dengan ppm Kalibrator

Pada gambar 4.8 grafik perbandingan antara ppm alat yang dirancang (ppm sensor) dengan ppm kalibrator hampir mendekati linier dengan persamaan kalibrator = 0.8646*sensor + 41.27 didapat range pengukuran dari 38 ppm sampai 395 ppm.

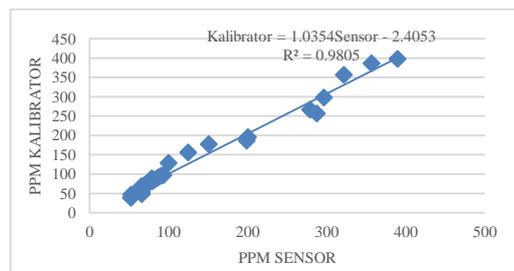
4.3.3 Hasil Perbandingan Metode Pendekatan Persamaan Sensor MQ7 Dengan Persamaan Sensor MQ7 Dari Datasheet

Perbandingan data antara sensor MQ7 dengan kalibrator yaitu smart sensor carbon monoksida (CO) meter menggunakan metode pendekatan karakterisasi sensor MQ7 dengan persamaan karakterisasi sensor MQ7 dari datasheet.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Antara ppm Sensor Dengan ppm Kalibrator

Dari data grafik diatas didapatkan persamaan kalibrator = 22.07*sensor – 13776 dan persamaan tersebut dijadikan sebagai persamaan karakterisasi sensor MQ7 untuk mendapatkan nilai pengukuran yang hampir mendekati kalibrator. Maka dilakukan kembali pengukuran untuk mencari nilai perbandingan yang terbaca oleh alat yang dirancang dengan kalibrator. Maka didapatkan data seperti grafik dibawah ini



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Antara ppm Sensor Dengan ppm Kalibrator

Pada gambar 4.10 grafik perbandingan antara ppm alat yang dirancang (ppm sensor) dengan ppm kalibrator hampir mendekati linier dengan persamaan kalibrator = 0.9626*sensor + 5.3191 didapat range pengukuran dari 35 ppm sampai 398 ppm.

5 Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Perancangan alat ukur kadar karbon monoksida menggunakan sensor MQ7 telah berhasil dengan range pengukuran dari 40-398 ppm. Sistem dikalibrasi menggunakan dua metode yaitu metode karakterisasi sensor MQ7 dan metode pendekatan antara persamaan karakterisasi sensor MQ7 dengan persamaan karakterisasi sensor MQ7 yang terdapat pada datasheet. Hasil dari kedua metode tersebut didapatkan persentasi error sebesar 11.25% dengan menggunakan smart sensor carbon monoksida sebagai alat kalibrator.

5.2 Saran

Saran yang diberikan adalah sebagai berikut

1. Agar lebih memperhatikan suhu dan kelembaban ruangan saat melakukan pengukuran.
2. Memiliki alat kalibrator yang range pengukuran yang lebih tinggi sehingga dapat melakukan pengukuran dengan range yang lebih besar.

Daftar Pustaka

- [1] Basri Setiawan Iwan. "Pencemaran Udara Dalam Antisipasi Teknis Pengolahan Sumber Daya Lingkungan".
- [2] Damara, Wardhana, Sutrisno. (2017). Analisis dampak kualitas udara karbon monoksida (CO) disekitar jl. Pemuda akibat kegiatan car free day menggunakan program caline4 dan surfer. Jurnal teknik lingkungan, 6, 2-14.
- [3] Winarno joko. "Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan Dan Tahun Pembuatan". Yogyakarta: Universitas Janabadra.
- [4] Rionardi Antonius, Dr. Teda Hudaya, ST, MEngSc. Dr. Ir. Tatang Hernas Soerawidjaja. "Hidrogenasi Elektrokimia Hidrokarbon Terpen". Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- [5] Kepala Badan Pengendali Dampak Lingkungan, "Pedoman Teknis Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara". Available: [https://www.cets-iii.org/BML/Udara/ISPU/ISPU%20\(Indeks Pencemaran Udara\).htm](https://www.cets-iii.org/BML/Udara/ISPU/ISPU%20(Indeks%20Pencemaran%20Udara).htm), [Diakses 10 November 2016].
- [6] Adhi Eko Putro, Irvan. Iman Abadi, ST. MT. "Rancang Bangun Alat Ukur Emisi Gas Buang, Studi Kasus : Pengukuran Gas Karbon Monoksida (CO)". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Aditya, K.P. Sardjanto, Ekocahyanto. Febrita sari. "pengukuran kadar karbon monoksida [co] dengan tampilan LCD Nokia 5110". Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri. Semarang.
- [8] Datasheet, "Data mq-7 gas sensor - Hanwai," [Online]. Available: <http://eph.ccs.miami.edu/precise/GasSensorSpecs/CO.pdf>, [Diakses 15 November 2016].
- [9] Sparkfun elektronika, "Datasheet mq7-gas sensor". Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>, [Diakses 15 November 2016].
- [10] "Sensor MQ7", (Online), [http:// repository.usu.ac.id/ bitstream/handle /123456789/ 64593/ Chapter%20II.pdf?sequence=3](http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/64593/Chapter%20II.pdf?sequence=3), diakses pada 1 januari 2017.