

Perancangan Ditektor Gas Karbon Monoksida (CO) Dan Hidro Karbon (HC) Dengan Sistem Air Purifier Berbasis Arduino

Candra Krismana, M Aan Auliq, Bagus Setya Rintyarna

Program Studi Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia
E-mail: candrasuceng09@gmail.com

Naskah Masuk: 16 Februari 2022; Diterima: 11 April 2022; Terbit: 18 Agustus 2022

ABSTRAK

Abstrak – Udara sehat merupakan udara yang tidak berwarna dan tidak berbau, menurut Indeks Standard Pencemaran Udara (ISPU) kandungan udara yang baik adalah 0 – 50 ppm. Pada lingkungan tempat parkir indoor, biasanya kurang diperhatikan sarana ventilasinya, keluar masuknya kendaraan dapat mengakibatkan udara dalam ruangan terpolusi oleh gas CO dan HC yang berasal dari asap kendaraan, untuk meminimalisir kadar gas CO dan HC dalam parkir *indoor* dirancang sebuah alat pendeteksi gas CO dan HC berbasis Arduino Uno. Dengan menggunakan sensor Mq – 7 dan sensor Mq – 2 untuk mendeteksi gas, apabila kadar gas CO dan HC lebih dari 35 ppm maka kipas akan menyala, kemudian data hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada LCD 4 x 20. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan cara melakukan perancangan dan pembuatan alat, selanjutnya dilakukan pengujian pengukuran terhadap alat tersebut. Pada penelitian yang dilakukan dengan menggunakan ketetapan ppm dan ketentuan Rpm kipas, yaitu Rpm tinggi, Rpm rendah, Rpm sedang. Pada Rpm tinggi menghasilkan waktu penurunan sebesar 1 menit 17 detik, dan pada Rpm sedang waktu penurunan 1 menit 30 detik, Rpm rendah membutuhkan waktu penurunan 4 menit. Untuk masing masing akurasi sensor yang telah diuji dengan gas analyzer pada sensor Mq – 2 mendapatkan nilai rata – rata *error* 0,4% dan untuk sensor Mq – 7 mendapatkan nilai rata – rata *error* 0,9%.

Kata kunci: Karbon Monoksida, Hidrokarbon, Sensor Mq -7, Sensor Mq – 2.

ABSTRACT

Abstract - Healthy air is air that is colorless and odorless, according to the Air Pollution Standard Index (ISPU) a good air content is 0-50 ppm. In an indoor parking area, ventilation facilities are usually not paid attention to, the entry and exit of vehicles can result in the indoor air being filled CO and HC gases from vehicle fumes, to minimize CO and HC gas levels in indoor parking, an Arduino Uno-based CO and HC gas detector is designed. By using the Mq – 7 sensor and the Mq – 2 sensor to detect gas, if the CO and HC gas levels are more than 30 ppm then the fan will turn on, then the sensor reading data will be displayed on a 4 x 20 LCD. The research method used is an experimental method. By doing the design and manufacture of the tool, then the measurement test is carried out on the tool. The research was conducted using the provisions of ppm and the provisions of fan Rpm, namely high Rpm, low Rpm, medium Rpm. At high Rpm the decrease time is 1 minute 17 seconds, and at medium Rpm the decrease time is 1 minute 30 seconds, low Rpm requires a decrease in time of 4 minutes. For each sensor accuracy that has been tested with a gas analyzer on the Mq – 2 sensor, the average error value is 0.4% and for the Mq – 7 sensor, the average error value is 0.9%.

Keywords: Carbon Monoxide, Hydrocarbon, Sensor Mq -7, Sensor Mq – 2.

Copyright © 2022 Universitas Muhammadiyah Jember.

1. PENDAHULUAN

Udara sehat merupakan kebutuhan bagi semua makhluk hidup termasuk manusia. Udara yang bersih dan sehat adalah udara yang tidak berwarna dan tidak berbau. Menurut Indeks Standard Pencemaran Udara (ISPU) kadungan udara yang baik adalah 0 – 50 tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan atau nilai estetika [1].

Pada lingkungan tempat parkir indoor (bawah tanah) yang terdapat di pusat perbelanjaan atau mall biasanya kurang diperhatikan sarana ventilasi, sarana ventilasi yang minim dapat menyebabkan kadar oksigen tidak terpenuhi, karena udara didalam ruangan tersebut dipenuhi oleh gas – gas berbahaya, seperti Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC), apabila gas – gas tersebut terhisap oleh manusia

dalam jangka pendek dapat mengakibatkan mata pedih, pusing, dan kelelahan, apabila terhisap oleh manusia terlalu banyak dapat mengakibatkan kurangnya kadar oksigen dalam tubuh, hingga kematian.

Faktor yang dapat mempengaruhi tercemarnya ruangan parkir *indoor* dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang keluar masuk pada lingkungan parkir dan jumlah sarana ventilasi yang kurang memadai. Apabila kepadatan atau jumlah kendaraan yang parkir sedikit maka udara dalam ruangan tidak terasa pengap dan gas – gas tercemar tidak begitu berasa, namun jika kendaraan yang parkir begitu banyak, maka ruangan tersebut terasa begitu pengap dan kadar gas – gas berbahaya dalam ruangan mulai terasa dan berdampak buruk apa bila terus terhisap oleh manusia, kadar udara tercemar yaitu lebih dari 60 ppm.

Untuk meminimalisir kadar Gas CO dan HC dalam parkir Indoor yang diakibatkan oleh asap knalpot kendaraan, maka pada penelitian ini dirancang alat yang dapat mendeteksi gas CO dan HC, berbasis Arduino Uno dengan menggunakan Sensor Mq – 7 sebagai pendeteksi gas CO dan Sensor Mq – 2 sebagai pendeteksi gas HC, tidak hanya mendeteksi alat ini juga dapat mengurangi dan menyaring kadar gas CO dan HC dalam ruangan parkir indoor.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah board microcontroller yang berbasis ATmega328, arduino mempunyai 14 pin dimana 6 pin untuk *output* PWM dan 6 pin untuk input analog [2]. ATmega 328 memiliki tegangan pengoperasian yaitu 5 volt dan tegangan input yang disarankan sekitar 7 – 12 volt [3]. ATmega328 memiliki flash memori sebesar 32 KB dan sekitar 0,5 KB digunakan sebagai *bootloader* [4].



Gambar 1. Mikrokontroler arduino uno [5]

2.2. Sensor Mq – 7

Sensor Mq – 7 merupakan sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi Gas Karbon monoksida (CO). Sensor Gas Mq – 7 mempunyai keunggulan sensitivitas yang tinggi terhadap Karbon monoksida (CO), dan memiliki keunggulan stabilitas keunggulan yang sangat baik dan masa pakai yang sangat lama. Sensor ini perlu adanya penyesuaian sensitivitas, disarankan untuk mendeteksi dan mengkalibrasi 200 ppm karbon monoksida (CO) di udara [6].



Gambar 2. Sensor Mq – 7

2.3. Sensor Mq – 2

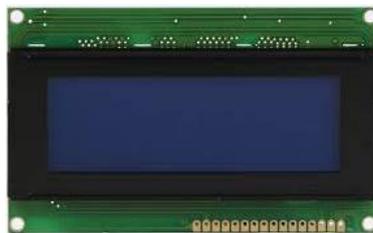
Sensor Mq – 2 merupakan sensor gas yang sensitif terhadap gas hidrokarbon. Sensor ini adalah sensor gas analog. Sensor Mq – 2 ini sering digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas di rumah maupun industry. Sensor Mq – 2 dapat mendeteksi gas : *I – butane, propane, metana, hidrogen, LPG*, serta asap. Dalam buku yang berjudul Atmospheric Monitoring with Arduino Sensor karangan Patrick Di Justo dan Emily Gertz, sensor ini juga dapat mendeteksi gas Hidrokarbon hasil pembakaran mobil yang keluar dari knalpot [7]. Sensor ini memiliki sensitivitas yang tinggi dan waktu respon yang cepat, konsentrasi gas mulai dari 300 – 10000 ppm.



Gambar 3. Sensor Mq – 2

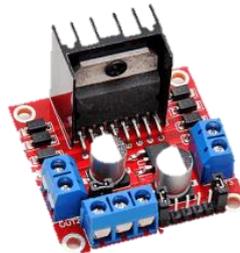
2.4. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu jenis media tampil yang menggunakan Kristal cair sebagai tampilan utama. LCD digunakan pada berbagai bidang misalnya alat – alat elektronik seperti televisi, kalkulator atau layar pada komputer [8].

Gambar 4. *Liquid crystal display*

2.5. Driver Motor L298n

Driver motor L298N merupakan modul driver motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang berfungsi untuk mengontrol kecepatan serta arah putaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe H *bridge* yang mampu mengendalikan beban induktif seperti *relay*, *solenoid*, motor DC dan motor stepper [9].



Gambar 5. Diver motor L298n

2.6. Adaptor

Adaptor adalah sebuah perangkat berupa rangkaian elektronika untuk mengubah tegangan listrik yang besar menjadi tegangan listrik lebih kecil, atau rangkaian untuk mengubah arus bolak-balik (arus AC) menjadi arus searah (arus DC) [10].



Gambar 6. Adaptor dc

2.7. Kipas DC

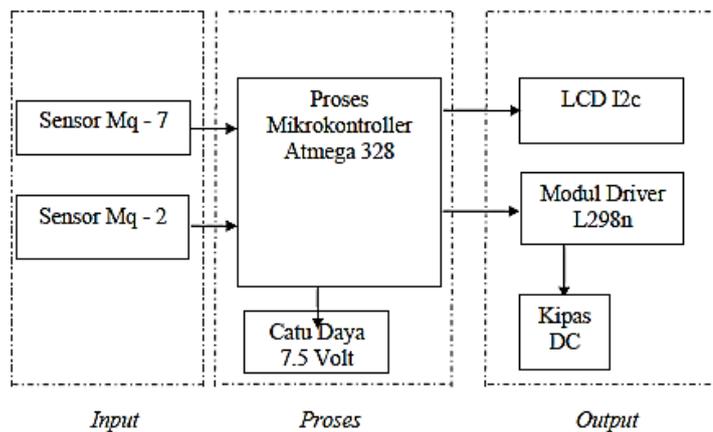
Kipas DC digunakan sebagai penghisap udara yang berada pada ruangan. Terdapat dua kipas pada alat ini yaitu kipas *in* dan kipas *out*. Kipas *in* sebagai penyerap gas menuju ke filter, sedangkan kipas *out* sebagai kipas untuk menyerap udara dari dalam filter untuk kemudian di buang kembali. Kipas DC merupakan sebuah komponen elektronika yang berfungsi sebagai pendingin komponen seperti yang diterapkan pada CPU komputer.



Gambar 7. Kipas DC

3. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Blok Perancangan Sistem



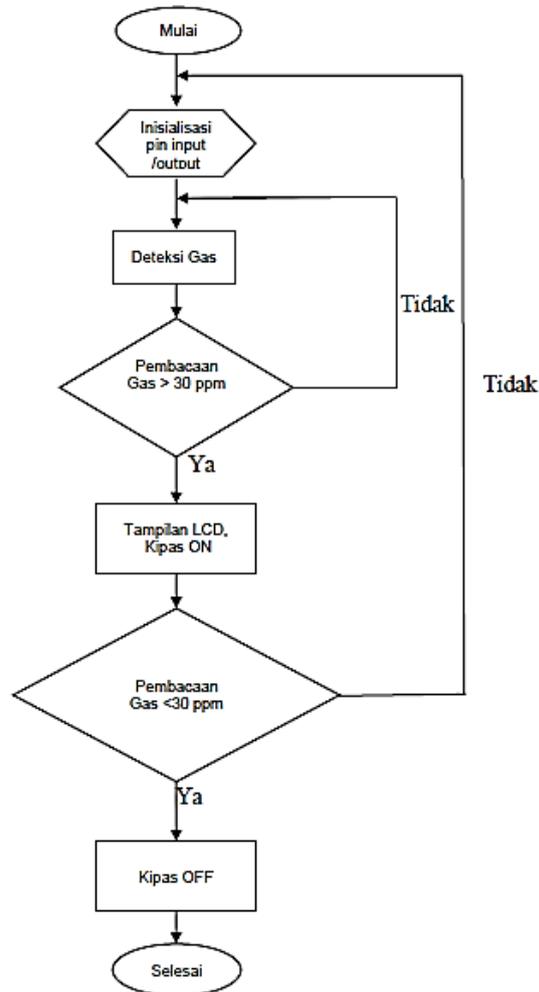
Gambar 8. Diagram blok perancangan sistem

Berdasarkan blok diagram diatas dapat diketahui terdapat *input* dan *output* yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Pada system blok diagram ini, terdapat beberapa komponen atau perangkat yang memiliki fungsi tersendiri, Arduino Uno berperan sebagai inti utama dalam pemrosesan data, Sensor Mq – 7 berperan sebagai pendeteksi gas Karbon Monoksida, Sensor Mq – 2 berperan sebagai pendeteksi gas Hidrokarbon, modul Driver L298n digunakan untuk mengaktifkan Kipas dc apabila gas yang terdeteksi melebihi ambang batas, LCD berfungsi sebagai media *display* atau monitoring data yang telah diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno. Data yang ditampilkan berupa karakter, huruf, dan angka, dan Adaptor yang digunakan untuk mengubah dari 220 Volt AC ke tegangan 5 Volt DC.

3.2. Flowchart Sistem Alat

Flowchart sistem alat dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan gambar 9 tersebut terlihat bahwa pada alat terdapat 4 buah sensor yaitu dua Sensor Mq 2 dan dua Sensor Mq 7, yang masing – masing terletak pada tempat yang berbeda. Sensor Mq 2, dan Sensor Mq 7 terletak pada ruangan utama yang mana ruangan ini merupakan penampung gas yang akan dideteksi. Pada saluran pembuangan terdapat Filter udara yang sudah digabung dengan Kipas DC 12v, 0,14A, jika kadar gas CO dan HC dalam ruangan >35 ppm maka sensor akan mengirim sinyal berupa tegangan analog ke Mikrokontroler data yang diterima kemudian akan ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke Driver motor

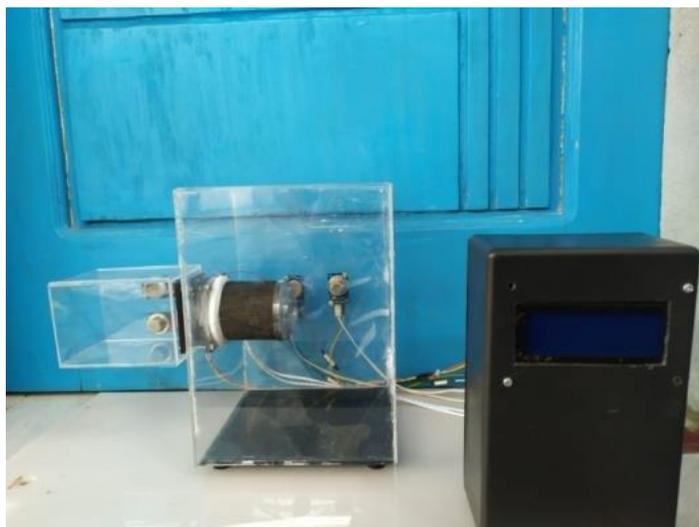
sebagai penggerak kipas DC. Pada saluran pembuangan ini udara akan melewati filter kemudian pada saluran pembuangan juga terdapat dua buah Sensor Mq- 2 dan Sensor Mq- 7 yang berfungsi untuk mendeteksi kadar udara yang telah melewati filter, kemudian hasil pembacaan tersebut akan di tampilkan pada LCD 4x20, apa bila gas dalam ruangan utama bernilai <35 maka kipas akan berhenti.



Gambar 9. Flowchart sitem alat

3.3. Gambar Alat

Pada desain alat terdapat material mekanik yang terdiri dari akrilik sebagai kerangka alat, akrilik yang digunakan sebagai ruangan utama yang nanti akan diberi gas Karbon Monoksida dan Hidrokarbon, pada samping kiri terdapat saluran pembuangan yang dipasang sensor Mq – 7 dan sensor Mq – 2 untuk mendeteksi hasil penguraian oleh filter, box plastic warna hitam sebagai wadah komponen elektronika. Contoh gambar desain alat sistem dapat dilihat pada gambar 10 berikut.



Gambar 10. Desain sistem alat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Sensor Mq – 7

Pengujian kalibrasi ini dilakukan dengan tujuan untuk kegiatan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap alat ukur terstandarisasi. Alat ukur yang menggunakan sensor MQ-7 akan dibandingkan dengan alat Gas Analyzer yang mampu melakukan pembacaan gas karbon monoksida. Pada pengujian kalibrasi sensor MQ-7 ini diambil beberapa sampel untuk digunakan sebagai pembanding.

Tabel 1. Pengujian sensor Mq – 7

Kendaraan	Tahun	Nilai Sensor (ppm)	Nilai Sensor %	Nilai Gas Analyzer	Nilai Error
Tiger	2008	264,43	0,26	0,28 %	0,2%
Jupiter	2010	107,45	0,10	0,11 %	0,1%
Beat Fi	2016	893,74	0,89	0,90 %	0,1%
Cb 150r	2018	856,78	0,85	0,87 %	0,2%
Vario 150	2020	348,76	0,34	0,36 %	0,2%
Rata-rata					0,9%

4.2. Pengujian Sensor Mq – 2

Pengujian kalibrasi ini dilakukan dengan tujuan untuk kegiatan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap alat ukur terstandarisasi. Alat ukur yang menggunakan sensor MQ-2 akan dibandingkan dengan alat *Technotest* yang mampu melakukan pembacaan gas karbon monoksida. Pada pengujian kalibrasi sensor MQ-2 ini diambil beberapa sampel untuk digunakan sebagai pembanding.

Tabel 2. Pengujian kalibrasi alat dengan gas analyzer

Jenis Kendaraan	Tahun Pembuatan	Nilai Sensor	Nilai Gas Analyzer	Nilai Error
Tiger	2008	631,89	623	0,1 %
Jupiter Z	2010	168,76	154	0,9 %
Beat FI	2016	278,67	169	0,6 %
CB 150	2018	413,54	398	0,3 %
Vario 150	2020	174,53	168	0,3 %
Nilai rata-rata				0,4%

4.3. Pengujian Driver Motor

Pengujian Driver Motor dilakukan untuk mengetahui hubungan nilai PWM dan tegangan keluaran *output* driver motor. Pengukuran dilakukan pada *output* driver motor dengan menggunakan multimeter.

Tabel 3. Pengujian driver motor

Nilai PWM	Tegangan Keluaran (V)	Nilai PWM	Tegangan Keluaran (V)
0	0	140	7,1
20	1,48	160	8,0
40	2,34	180	8,98
60	3,35	200	9,91
80	4,3	220	10,8
100	5,25	240	11,6
120	6,18	255	12,00

4.4. Pengujian RPM Kipas

Pengujian RPM kipas dengan PWM, pengujian ini untuk mengetahui pengaruh nilai pwm terhadap RPM kipas dc, pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat tachometer sebagai pendeteksi Rpm, variable yang di gunakan ialah nilai PWM dari yang terendah hingga nilai tertinggi sesuai data sheet yaitu 0 – 255 PMW.

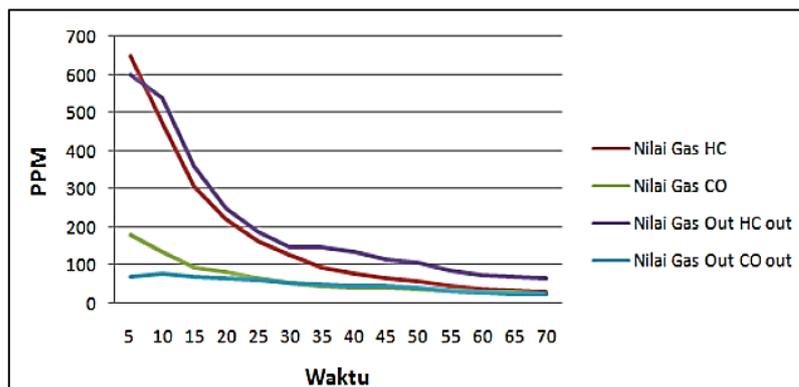
Tabel 4. Pengujian RPM kipas

Nilai PWM	RPM	Nilai PWM	RPM
0	0	140	1957
20	0	160	2235
40	339	180	2460
60	745	200	2771
80	1056	220	2848
100	1369	240	3104
120	1663	255	3415

4.5. Pengujian Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk menganalisis kemampuan sistem deteksi gas dan sistem pengurai. Pengujian keseluruhan terbagi menjadi tiga bagian dengan menggunakan ketentuan RPM sebagai berikut: RPM rendah, RPM sedang, RPM tinggi, dan dengan menggunakan variable ppm tetap, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu penurunan gas dalam ruangan sesuai dengan kecepatan kipas yang telah ditentukan, dan juga menguji filter yang telah dipasang apakah dapat menurunkan gas CO da HC.

4.6. Percobaan RPM 255



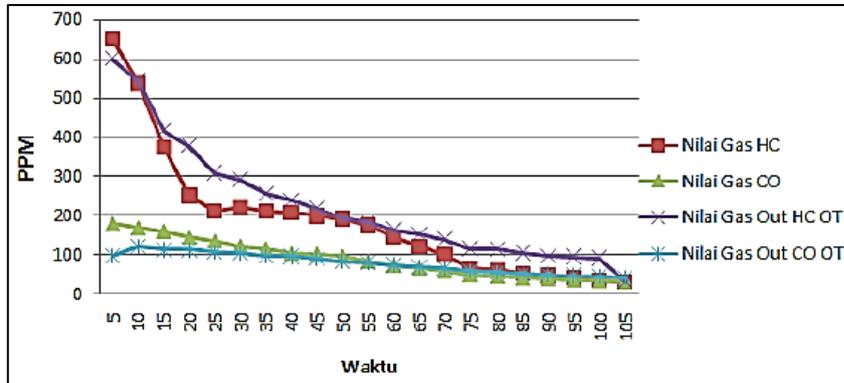
Gambar 11. Hasil Percobaan RPM 255

Pada percobaan pertama dengan kecepatan 255 pwm atau kecepatan maksimal pada kipas dc, dengan pemberian gas HC sebesar 650 ppm dan CO sebesar 180 ppm. Pada data grafik di atas didapatkan hasil waktu untuk menurunkan kadar gas CO dan HC dengan kecepatan maksimal, yaitu membutuhkan waktu selama 70 second atau 1 menit 16 detik untuk mencapai ambang batas yang telah ditentukan.

Pada pembacaan sensor gas yang terletak pada saluran pembuangan, yang mana telah dipasang filter udara, udara yang telah melewati filter dibaca oleh sensor Mq – 7 dan sensor Mq – 2 yang ada pada saluran pembuangan, didapatkan hasil penguraian gas CO pada ruang utama sebesar 135 ppm

kemudian setelah melewati filter nilai gas CO terurai menjadi 79 ppm. Sedangkan pada pembacaan gas HC setelah melewati filter tidak menunjukkan angka penguraian kadar gas.

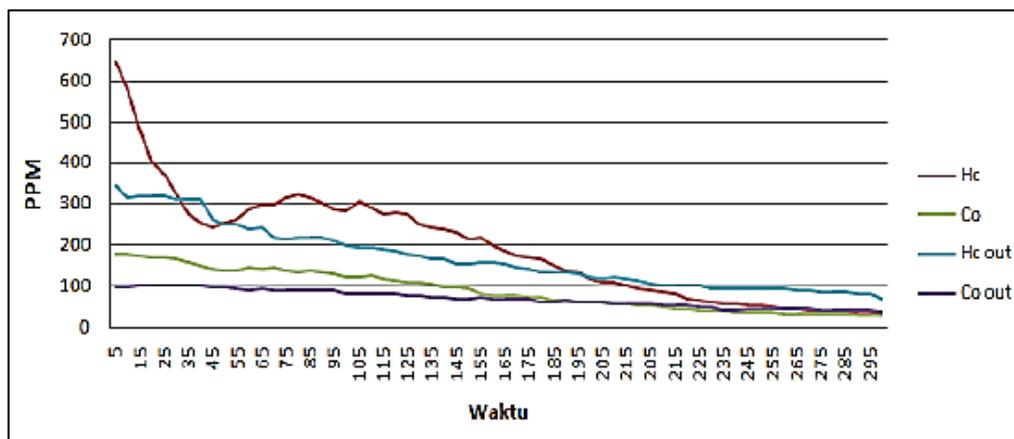
4.7. Percobaan 127 RPM



Gambar 12. Percobaan 127 RPM

Pada percobaan kedua, terdapat perubahan pada pengaturan Rpm pada motor yaitu 127 pwm yang berarti kecepatan sedang pada kipas, namun gas yang di berikan tetap sama dengan percobaan pertama. Pada percobaan kedua di dapatkan hasil dari waktu yang di butuhkan untuk menurunkan kadar gas CO dan HC pada ruangan dengan kecepatan sedang membutuhkan waktu 105 *second* atau 1 menit 75 detik. Terlihat ada kenaikan pada grafik didetik ke 30, hal ini dikarenakan gas yang ada pada ruangan tidak langsung terhisap keluar, namun masih mengendap didalam ruangan dikarenakan kecepatan kipas yang sedang membuat gas tidak langsung terhisap keluar oleh kipas. Pada pembacaan sensor yang diletakan pada ruang saluran pembuangan, didapatkan hasil pembacaan gas CO dan HC yang telah melewati filter, untuk gas CO dalam ruangan utama menunjukkan kadar gas sebesar 169 ppm setelah melewati filter kadar gas mengalami penguraian menjadi 119 ppm. Pada pembacaan gas HC yang telah melewati filter tidak menunjukkan penguraian.

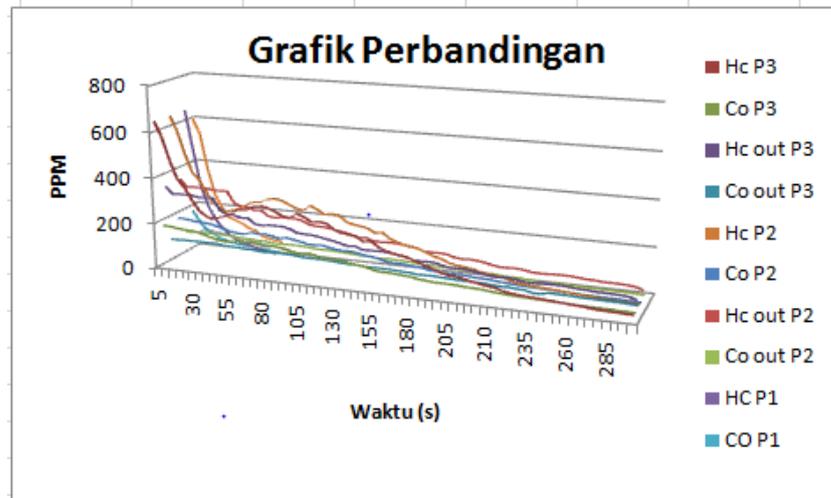
4.8. Percobaan 64 RPM



Gambar 13. Percobaan 64 RPM

Pada percobaan ke tiga dengan menggunakan kecepatan 64 Rpm yang merupakan Rpm paling rendah dengan pemberian gas yang masih sama, didapatkan hasil pembacaan pada ruangan pertama. Grafik menunjukkan gas HC dan CO naik turun atau mengalami fluktuasi. Hal ini dikarenakan kecepatan kipas yang sangat rendah sehingga menyebabkan gas pada ruangan tersebut tidak terurai secara cepat. Naik turunnya pembacaan sensor HC dan CO terlihat pada detik ke 55 mengalami kenaikan dengan nilai gas HC 263 ppm dan gas CO 138 ppm. Penurunan ini perlahan kembali stabil hingga mencapai kadar gas aman yang telah ditentukan.

Pada hasil pembacaan gas yang telah melewati filter, terlihat seperti ada penguraian gas HC yang terjadi. Namun hal ini tidak bisa dikatakan penguraian karena pada dua kali percobaan dengan menggunakan Rpm tinggi dan Rpm sedang gas HC tidak mengalami penguraian dan hanya gas CO saja yang dapat terurai. Dapat diketahui pada kecepatan rendah menyebabkan gas yang terurai hanya sedikit dan dengan kecepatan rendah pengurangan gas dalam ruangan pertama juga membutuhkan waktu yang lebih lama yaitu 4 menit untuk mencapai ambang batas aman yang telah ditentukan. Untuk grafik perbandingan dari tiga percobaan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik perbandingan

Keterangan:

- P 1 = Percobaan 1
- P 2 = Percobaan 2
- P 3 = Percobaan 3

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

- a. Perancangan sistem mekanik Ditektor Gas Co dan Hc yang berbasis mikrokontroler arduino uno terdiri dari Input, Proses, dan Output. pada Input terdiri dari komponen Sensor Mq 2 dan Sensor Mq 7, yang berfungsi sebagai pendeteksi Gas Co dan Hc, kemudian akan diproses oleh mikrokontroler arduino uno, setelah diproses oleh Arduino hasil dari pembacaan akan di tampilkan pada LCD 4 x 20, apa bila gas melebihi ambang batas yang telah ditentukan maka kipas akan menyala otomatis.
- b. Berdasarkan nilai pengujian perbandingan Sensor Mq - 2 dan Sensor Mq - 7 dengan Gas Box Analyzer, didapatkan nilai rata – rata untuk pembacaan gas Co menggunakan Sensor Mq - 7 sebesar 1,8%. Untuk pembacaan gas Hc menggunakan Sensor Mq - 2 didapatkan nilai rata – rata 3,3%. Pada percobaan yang telah dilakukan, alat ini mampu menurunkan gas dalam ruangan. Apabila gas lebih dari 35 ppm maka kipas akan menyala dan apabila gas dibawah 35 ppm maka kipas akan mati, dari percobaan tersebut dapat dinyatakan bahwa alat ini telah memenuhi kriteria standar ISPU, yang mana udara tercemar yaitu lebih dari 50 ppm.
- c. Berdasarkan pengujian dengan variabel ppm tetap, dan dengan menggunakan ketentuan RPM tinggi (255), RPM sedang (127), RPM rendah (64). Didapatkan hasil untuk penurunan gas dalam ruangan utama dengan kecepatan maksimal membutuhkan waktu 1 menit 16 detik, untuk percobaan kedua dengan Rpm sedang didapatkan waktu penurunan sebesar 1 menit, 30 detik, sedangkan pada percobaan ketiga dengan Rpm paling rendah, didapatkan waktu penurunan selama 4 menit 8 detik.
- d. Untuk pengendali kecepatan berdasarkan penelitian dan analisa yang saya lakukan, didapatkan hasil bahwa kecepatan dapat mempengaruhi perubahan terhadap waktu pengurangan gas CO dan HC.
- e. Untuk proses penguraian menggunakan Heppa filter, hanya dapat menguraikan gas CO 135 ppm menjadi 79 ppm pada Rpm kipas yang tinggi, namun filter tidak dapat menguraikan gas HC.

REFERENSI

- [1] A. Kurniawan, "Pengukuran Parameter Kualitas Udara (CO, NO₂, SO₂, O₃ Dan PM₁₀) Di Bukit Kototabang Berbasis ISPU," *J. Teknosains*, vol. 7, no. 1, hal. 1, 2018, doi: 10.22146/teknosains.34658.
- [2] A. Adriansyah dan O. Hidayatama, "Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino ATMEGA 328P," *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu*, vol. 4, no. 2, hal. 100–112, 2013.
- [3] S. J. Sokop, D. J. Mamahit, dan S. Sompie R.U.A, "Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 3, hal. 13–23, 2016.
- [4] H. Suyono dan Hambali, "Perancangan Alat Pengukur Kadar Gula dalam Darah Menggunakan Teknik Non-Invasive Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, hal. 69–76, 2020.
- [5] Z. Lubis *et al.*, "Kontrol Mesin Air Otomatis Berbasis Arduino Dengan Smartphone," *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 3, hal. 155–159, 2019.
- [6] L. A. Akbar, M. Rivai, dan F. Budiman, "5Rancang Bangun Sensor Node pada Wireless Sensor Network Menggunakan Deret Sensor Gas dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Mendeteksi Kebakaran Hutan," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, hal. 192–197, 2016.
- [7] P. Di Justo dan G. Emily, *Atmospheric Monitoring with Arduino: Building Simple Devices to Collect Data About the Environment*. United States of America: O' Reilly, 2013.
- [8] H. Suryantoro dan A. Budiyanto, "Prototype Sistem Monitoring Level Air Berbasis Labview dan Arduino Sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali," *Indones. J. Lab.*, vol. 1, no. 3, hal. 20–32, 2019.
- [9] I. R. Muttaqin dan D. B. Santoso, "Prototype Pagar Otomatis Berbasis Arduino Uno Dengan Sensor Ultrasonic Hc-SR04," *JE-Unisla*, vol. 6, no. 2, hal. 41, 2021.
- [10] M. A. Zahwa FR *et al.*, "Adaptor Mesin Pencacah Sampah Plastik," *Community Serv. Soc. Work Bull.*, vol. 1, no. 2, hal. 39–44, 2021.