

RANCANG BANGUN ALAT MINI GAS ANALYZER KENDARAAN BERMOTOR
MENGUNAKAN SENSOR MQ7, MQ6 DAN MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO

Mashuri ¹⁾, Erik Agustian Yulanda ²⁾,
Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang
Jl. Raya Puspittek, Buaran, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310
e-mail: hurybem@gmail.com ¹⁾, dosen02636@unpam.ac.id ²⁾

Abstrak: Gas buang kendaraan bermotor merupakan penyumbang utama pencemaran udara dan dapat berdampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan, maka penting adanya alat pengukuran gas buang kendaraan, untuk memastikan gas buang kendaraan berada pada tingkat toleransi yang telah ditetapkan pemerintah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat mini gas analyzer berbasis Arduino Uno yang dapat mengukur kadar karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada gas buang kendaraan bermotor. Perancangan Alat menggunakan sensor MQ7 untuk mengukur CO dan sensor MQ6 untuk mengukur HC serta Arduino Uno sebagai pengolah data. Pengujian alat dilakukan dengan eksperimen terhadap beberapa kendaraan dengan kondisi mesin yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan error rata-rata 1.89% untuk CO dan 0.375% untuk HC jika dibandingkan dengan alat konvensional. Hasil pengujian menunjukkan potensi alat untuk digunakan dalam program pengujian emisi massal.

Kata Kunci : Gas analyzer; Karbon Monoksida; Hidrokarbon; Sensor MQ7; Sensor MQ6; Pengujian Emisi.

Abstract: Motor vehicle exhaust is a major contributor to air pollution and can have a negative impact on health and the environment, so it is important to have a vehicle exhaust gas measurement tool, to ensure that vehicle exhaust is at the tolerance level set by the government. This study aims to create a mini gas analyzer tool based on Arduino Uno that can measure carbon monoxide (CO) and hydrocarbon (HC) levels in motor vehicle exhaust. The tool design uses an MQ7 sensor to measure CO and an MQ6 sensor to measure HC and Arduino Uno as a data processor. Tool testing was carried out by experimenting with several vehicles with different engine conditions. The test results showed an average error of 1.89% for CO and 0.375% for HC when compared to conventional tools. The test results show the potential of the tool for use in mass emission testing programs

Keywords: Gas analyzer; Carbon Monoxide; Hydrocarbon; MQ7 Sensor; MQ6 Sensor; Emission Testing.

Pendahuluan

Polusi udara yang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor, telah menjadi salah satu masalah lingkungan paling signifikan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor, yang dipicu oleh urbanisasi yang cepat, berkontribusi besar terhadap penurunan kualitas udara di kota-kota besar. Emisi gas buang kendaraan bermotor, yang mengandung gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO₂) dan nitrogen oksida (NO₂), memiliki dampak langsung terhadap kesehatan manusia, kualitas lingkungan, dan keberlanjutan hidup (Ismiyati, Marlita, & Saidah, 2014). Karbon monoksida dan hidrokarbon, sebagai komponen utama dalam polusi udara, sangat berbahaya karena dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti gangguan pernapasan, penyakit jantung, dan kerusakan lingkungan yang lebih luas, seperti perubahan iklim dan penurunan kualitas udara.

Pemerintah Indonesia mengeluarkan regulasi untuk menanggulangi emisi kendaraan bermotor melalui Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 08 Tahun 2023. Regulasi ini menetapkan batasan emisi gas buang kendaraan berdasarkan konsentrasi CO (karbon monoksida) dan HC (hidrokarbon), dengan tujuan untuk mengurangi polusi yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor. Meskipun regulasi ini telah diterapkan, pengawasan emisi kendaraan masih terkendala oleh keterbatasan alat uji yang mahal dan kurang efisien dalam menjangkau seluruh masyarakat. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan alat yang lebih murah, mudah digunakan, dan praktis untuk pengujian emisi gas buang kendaraan.

Maka, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat mini gas analyzer berbasis Arduino Uno yang dapat digunakan untuk mengukur kadar karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada kendaraan bermotor. Alat ini menggunakan sensor MQ7 untuk mengukur CO dan sensor MQ6 untuk HC, yang keduanya diintegrasikan dengan sistem berbasis Arduino untuk memberikan hasil pengukuran yang mudah dipahami oleh pengguna. Selain itu, alat ini dilengkapi dengan indikator notifikasi berupa buzzer dan LED yang akan menyala jika kadar gas yang dihasilkan melebihi ambang batas yang telah ditentukan oleh pemerintah. Melalui alat ini, diharapkan pemilik kendaraan dapat memantau tingkat emisi kendaraan mereka secara langsung dan lebih mudah, sehingga dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kualitas udara dan mematuhi standar emisi yang berlaku.

1. Gas Emisi Kendaraan Bermotor

Polusi udara merupakan masalah lingkungan yang dapat memengaruhi kualitas hidup manusia dan keberlanjutan ekosistem. Salah satu sumber utama polusi udara adalah kendaraan bermotor yang menghasilkan emisi gas buang akibat proses pembakaran bahan bakar. Gas-gas yang dihasilkan antara lain karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), dan partikel lainnya. Karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) memiliki potensi yang sangat besar untuk merusak kualitas udara dan membahayakan kesehatan manusia. CO, misalnya, dapat mengikat hemoglobin dalam darah, mengurangi kemampuan darah untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh, yang berisiko menyebabkan kerusakan jaringan tubuh, gangguan pernapasan, dan bahkan kematian (Ismiyati, Marlita, & Saidah, 2014).

Emisi kendaraan bermotor di Indonesia, terutama di kota-kota besar, semakin meningkat seiring dengan urbanisasi dan pertumbuhan jumlah kendaraan. Fenomena ini menyebabkan kualitas udara semakin memburuk dan berisiko menurunkan kualitas hidup masyarakat. Sejalan dengan itu, pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 08 Tahun 2023 telah menetapkan standar emisi gas buang kendaraan bermotor, khususnya untuk CO dan HC. Standar ini mengatur batas maksimal emisi gas CO dan HC yang dihasilkan kendaraan berdasarkan tahun dan jenis kendaraan, dengan batas CO sebesar 4.5% untuk sepeda motor dua langkah keluaran sebelum tahun 2010 dan 3% untuk kendaraan keluaran setelah 2017. Batas untuk HC berkisar antara 6000 ppm hingga 1000 ppm tergantung pada tahun produksi kendaraan (Ikhsan, 2017).

2. Sensor MQ6

Sensor gas MQ-6 memiliki kemampuan untuk mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar dan asap, seperti LPG, propana, metana, hidrogen, dan karbon monoksida (CO). Seperti sensor lain dalam seri MQ, sensor ini memiliki pin output digital dan analog. Ramady menyatakan bahwa sensor MQ-2 juga memiliki pengukuran yang cepat dan tepat, waktu respons, dan kepekaan. Pada penelitian ini sensor MQ2 digunakan sebagai alat pendeteksi gas Hidrokarbon (HC) yaitu salah satu gas yang dikeluarkan oleh knalpot kendaraan bermotor (Manullang, A. B. P., Saragih, Y., & Hidayat, R., 2021)



Gambar 1. Sensor MQ6

3. Sensor MQ7

Sensor gas MQ-7 digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari. Sensor ini sangat sensitif terhadap CO, stabil, dan bertahan lama. Meskipun sirkuit penggerak sangat sederhana, diperlukan untuk menyalakan koil pemanas dengan 5V. Selain itu, diperlukan untuk menambahkan resistansi beban, dan menghubungkan outputnya ke ADC, atau Konverter Analog ke Digital. SnO_2 , atau stannumoxide adalah bahan sensitif yang digunakan dalam sensor MQ-7 karena memiliki konduktivitas udara bersih yang lebih rendah. Untuk mengidentifikasi karbon monoksida pada udara bersih, metode siklus suhu tinggi dan rendah akan digunakan untuk mengidentifikasi CO pada suhu rendah (G. D. Ramady, 2020)

4. Kalibrasi

Tahap kalibrasi dilakukan untuk memastikan akurasi alat yang dirancang. Proses ini melibatkan penggunaan gas analyzer tipe AGS-688 sebagai alat standar untuk membandingkan hasil pengukuran alat. Sensor gas MQ-6 dan MQ-7 diuji dengan mendeteksi gas buang kendaraan dalam kondisi idle pada suhu mesin yang telah stabil ($\geq 60^\circ\text{C}$). Data dari alat buatan kemudian dibandingkan dengan alat standar menggunakan rumus perhitungan error:

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai Alat Standar} - \text{Nilai Alat Buatan}}{\text{Nilai Alat Standar}} \times 100$$

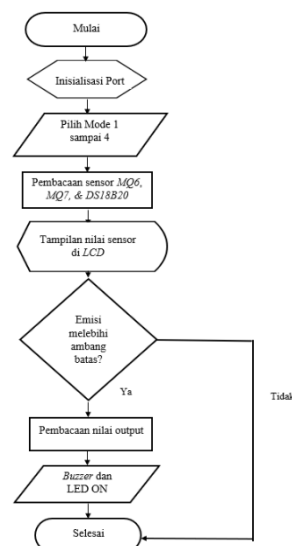
Kalibrasi dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap jenis motor, dan rata-rata error dihitung untuk menilai keakuratan alat.

METODE PENELITIAN

1. Desain dan Perancangan Alat

Pada desain perancangan alat terdapat 2 perangkat besar. Yang pertama adalah box dengan ukuran 100x50x150 milimeter yang berisi controller arduino uno. Yang kedua adalah tabung yang berukuran panjang 200 milimeter dengan diameter 60 milimeter. Tabung ini berisi 2 sensor gas yaitu sensor MQ 6 dan MQ7

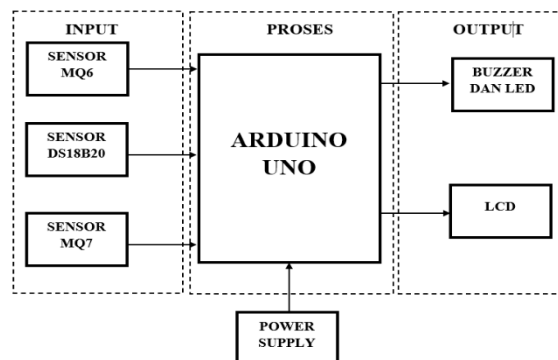
2. Flowchart Sistem Kerja Alat



Gambar 2. Flowchart sistem alat

Pada gambar 2 di atas merupakan flowchart sistem kerja alat. Proses pertama dimulai dari inisialisasi port yang akan digunakan kemudian menghidupkan alat selama 3 detik kemudian akan memilih mode 1 sampai 4 tergantung sepeda motor yang akan diukur sesuai tahun keluaranya. Setelah itu hasil ukur gas akan ditampilkan di layar LCD (Liquid Crystal Display). Apabila nilai hasil pengukuran melebihi ambang batas yang telah ditentukan maka sistem akan mendeteksi dengan mengeluarkan output berupa LED dan Buzzer yang akan berkedip dan bunyi secara bersamaan.

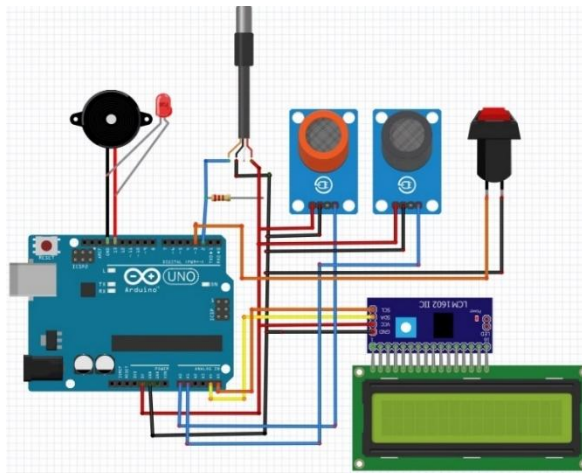
3. Blok Diagram



Gambar 3. Blok diagram

- a. Blok input terdiri dari:
 - 1). Sensor MQ6, yaitu sensor yang akan mendeteksi kadar gas hidrokarbon (HC) yang didapat dari gas buangan kendaraan bermotor.
 - 2). Sensor MQ7, yaitu sensor yang akan mendeteksi kadar gas karbon monoksida (CO) yang didapat dari gas buangan kendaraan bermotor.
 - 3). DS18B20 yaitu sensor yang akan mendeteksi suhu oli/mesin pada sebuah kendaraan
- b. Blok proses Arduino Uno, berfungsi sebagai pengontrol sistem. Arduino akan menerima sinyal input dari 3 sensor untuk kemudian diproses sesuai dengan program yang telah dirancang dan memberikan sinyal output sesuai yang diprogram.
- c. Blok output terdiri dari:
 - 1). Buzzer berfungsi sebagai output berupa suara jika hasil ukur gas buang melewati ambang batas yang telah ditentukan pemerintah
 - 2). LED berfungsi sebagai output berupa cahaya jika hasil ukur gas buang melewati ambang batas yang telah ditentukan pemerintah
 - 3). LCD berfungsi sebagai tampilan hasil pembacaan sensor gas dan sensor suhu
- d. Blok Power Supply, berfungsi sebagai sumber tegangan untuk kontroler arduino uno dan komponen-komponen lainnya.

4. Wiring Komponen Sistem Alat



Gambar 4. *Wiring* antar komponen

Pada gambar di atas adalah wiring atau pengkabelan alat mini gas analyzer secara keseluruhan yang akan digunakan sebagai rancangan pembuatan alat. Arduino sebagai controller yang terhubung oleh beberapa sensor gas serta sensor suhu kemudian ada LED dan buzzer sebagai notifikasi. Switch button sebagai tombol untuk memilih mode dan LCD I2C 16x2 sebagai tampilan hasil pengukuran.

5. Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan nilai pengukuran alat dengan standar yang berlaku. Grafik dan tabel digunakan untuk menunjukkan hubungan antara variasi suhu, RPM, dan kadar gas buang. Analisis ini membantu menentukan efektivitas alat dalam mendeteksi gas buang kendaraan bermotor serta validasi terhadap hasil pengukuran

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pembuatan Alat

Alat yang dirancang merupakan sistem mini gas analyzer yang terdiri dari dua bagian utama: tabung penyimpanan gas dan kotak pengontrol utama. Tabung penyimpanan gas memiliki panjang 200 mm dan diameter 60 mm, yang berfungsi menampung gas buang kendaraan. Di dalam tabung terdapat dua sensor utama, yaitu MQ-6 untuk mendeteksi hidrokarbon (HC) dan MQ-7 untuk karbon monoksida (CO). Desain tabung ini dipilih untuk memastikan akurasi pembacaan sensor, dengan pertimbangan volume gas yang cukup kecil untuk respons cepat namun tidak terlalu kecil sehingga menimbulkan kesalahan pembacaan akibat turbulensi gas buang.

Kotak pengontrol berukuran 150 x 50 x 100 mm menampung komponen elektronik utama, termasuk Arduino Uno, LCD I2C, buzzer, dan LED. Switch button digunakan untuk memilih mode pengujian, sedangkan tombol power berfungsi sebagai saklar utama alat. Sensor suhu DS18B20 yang terhubung melalui kabel sepanjang 90 cm digunakan untuk mengukur suhu mesin kendaraan, memastikan hubungan suhu mesin dengan emisi gas buang. Gambar 1 menunjukkan desain alat mini gas analyzer yang telah dirakit.



Gambar 5. Hasil Pembuatan Alat

2. Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu diuji dengan membandingkan hasil pengukurannya dengan alat pembanding (Brainbee). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai error rata-rata adalah 1.48%, yang dapat diterima untuk aplikasi alat ini. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian kalibrasi sensor suhu DS18B20.

Tabel 1. Pengujian Kalibrasi Sensor Suhu

Percobaan Ke-	Alat Buatan °C	Brainbee °C	Nilai Error (%)
1	62	63	1.59
2	63	64	1.56
3	64	65	1.54
4	65	66	1.52
5	65	66	1.52
6	66	67	1.49
7	67	68	1.47
8	69	70	1.43
9	72	73	1.37
10	73	74	1.35
Rata-rata	67	68	1.48

3. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor MQ6 & MQ 7

Pengujian kalibrasi dilakukan untuk memastikan akurasi pembacaan sensor gas. Hasil pengukuran dibandingkan dengan alat pembanding (AGS-688). Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan hasil kalibrasi sensor gas MQ6 dan MQ7

Tabel 2. Kalibrasi Sensor MQ6 pada Yamaha Jupiter MX

Percobaan Ke-	Alat Buatan (PPM)	Gas Analyzer (PPM)	Nilai Error (%)
1	2235	2211	1.07
2	2198	2178	0.91
3	2176	2145	1.42
4	2172	2132	1.84
5	2156	2123	1.53

Mashuri , Erik Agustian Yulanda
**RANCANG BANGUN ALAT MINI GAS ANALYZER KENDARAAN BERMOTOR
 MENGGUNAKAN SENSOR MQ7, MQ6 DAN MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO.**
 Jurnal Qua Teknika, (2025), 15(1): 55-65

6	2149	2113	1.68
7	2145	2121	1.12
8	2132	2098	1.59
9	2122	2064	2.73
10	2110	2055	2.61

Rata-rata nilai error sensor MQ6 adalah 1.65%.

Tabel 3. Kalibrasi Sensor MQ7 pada Yamaha Jupiter MX

Percobaan Ke-	Alat Buatan (%)	Gas Analyzer (%)	Nilai Error (%)
1	6.81	6.42	0.39
2	6.72	6.34	0.45
3	6.67	6.29	0.38
4	6.51	6.23	0.28
5	6.51	6.21	0.30
6	6.45	6.10	0.35
7	6.43	5.95	0.48
8	6.42	6.03	0.38
9	6.37	5.98	0.39
10	6.34	5.93	0.41

Rata-rata nilai error sensor MQ7 adalah 0.38%.

4. Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian dilakukan pada mode kendaraan berdasarkan tahun keluaran. Mode 2 diuji pada Yamaha Jupiter MX tahun 2009, mode 3 dengan Honda Vario tahun 2012, dan mode 4 dengan Honda Beat tahun 2019. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4, 5, dan 6.

Tabel 4. Hasil Pengujian Mode 2 Motor 4 Langkah <2010

Pengujian Ke-	HC (PPM)	CO (%)	Suhu Mesin (°C)	Buzzer & LED	Keterangan
1	2235	7.05	79	ON	Tidak Lulus
2	2114	6.90	81	ON	Tidak Lulus
3	2111	6.70	85	ON	Tidak Lulus
4	2113	6.68	86	ON	Tidak Lulus
5	2009	6.65	86	ON	Tidak Lulus
6	1998	6.50	87	ON	Tidak Lulus
7	1991	6.45	88	ON	Tidak Lulus
8	1994	6.45	89	ON	Tidak Lulus
9	1991	6.43	91	ON	Tidak Lulus
10	1887	6.40	92	ON	Tidak Lulus

Tabel 4. Hasil Pengujian Mode 3 Motor 4 Langkah 2010-2016

Pengujian Ke-	HC (PPM)	CO (%)	Suhu Mesin (°C)	Buzzer & LED	Keterangan
1	1321	5.63%	67	ON	Tidak Lulus
2	1317	5.60%	67	ON	Tidak Lulus

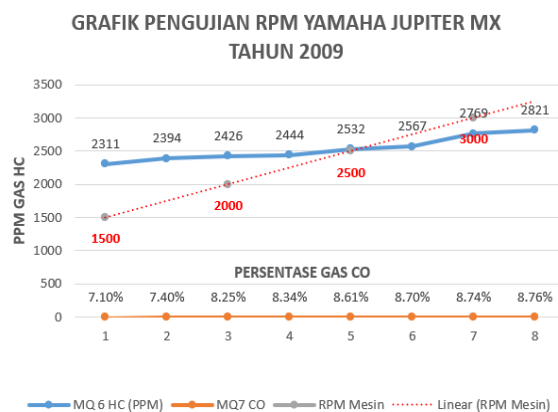
3	1299	5.57%	68	ON	Tidak Lulus
4	1295	5.43%	69	OFF	Lulus
5	1295	5.31%	73	OFF	Lulus
6	1285	5.15%	74	OFF	Lulus
7	1282	5.04%	77	OFF	Lulus
8	1277	4.97%	79	OFF	Lulus
9	1276	4.96%	81	OFF	Lulus
10	1272	4.94%	81	OFF	Lulus

Tabel 5. Hasil Pengujian Mode 3 Motor 4 Langkah >2016

Pengujian Ke-	HC (PPM)	CO (%)	Suhu Mesin (°C)	Buzzer & LED	Keterangan
1	297	2.25%	60	OFF	Lulus
2	298	2.25%	62	OFF	Lulus
3	287	2.21%	63	OFF	Lulus
4	283	2.23%	67	OFF	Lulus
5	276	2.21%	69	OFF	Lulus
6	278	2.20%	69	OFF	Lulus
7	270	2.18%	70	OFF	Lulus
8	265	2.19%	73	OFF	Lulus
9	268	2.15%	74	OFF	Lulus
10	261	2.15%	75	OFF	Lulus

5. Pengujian RPM

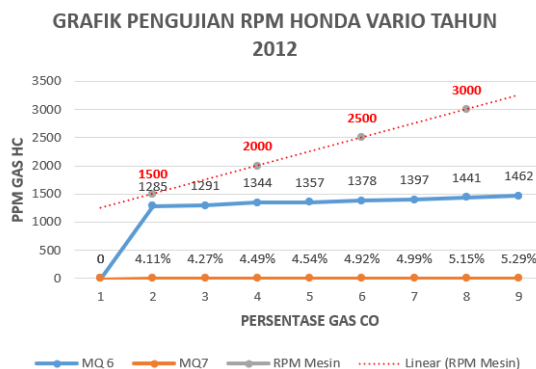
5.1 Pengujian RPM Jupiter MX 2009



Gambar 6. Grafik Pengujian RPM pada motor Yamaha Jupiter MX 2009

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa peningkatan RPM pada Yamaha Jupiter MX tahun keluaran 2009 diikuti oleh kenaikan konsentrasi HC, CO, dan suhu mesin. Kenaikan PPM HC rentang RPM 1500 sampai 3000 RPM sebesar 18% sedangkan untuk CO naik sekitar 1.66%. Grafik pengujian mengambil nilai terkecil dan terbesar pada setiap RPM.

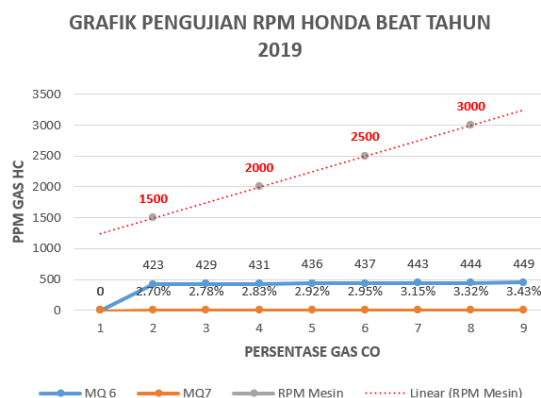
5.2 Pengujian RPM Vario 2012



Gambar 7. Grafik Pengujian RPM pada motor Honda Vario 2012

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa peningkatan RPM pada Honda Vario tahun keluaran 2012 diikuti oleh kenaikan konsentrasi HC, CO, dan suhu mesin. Kenaikan PPM HC rentang RPM 1500 sampai 3000 RPM adalah sebesar 12% sedangkan untuk CO naik sekitar 1.18%. Grafik pengujian mengambil nilai terkecil dan terbesar pada setiap RPM.

5.3 Pengujian RPM Beat 2019



Gambar 8. Grafik Pengujian RPM pada motor Honda Beat 2019

Pada gambar 8 menunjukkan bahwa peningkatan RPM pada Honda Beat tahun keluaran 2019 diikuti oleh kenaikan konsentrasi HC, CO, dan suhu mesin. Kenaikan PPM HC rentang RPM 1500 sampai 3000 RPM sebesar 5.7% sedangkan untuk CO naik sekitar 0.73%. Grafik pengujian mengambil nilai terkecil dan terbesar pada setiap RPM.

5.4 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini bekerja dengan baik untuk mendeteksi gas buang kendaraan bermotor, dengan nilai error yang kecil untuk semua sensor. Namun, konsentrasi HC dan CO pada Yamaha Jupiter MX melebihi ambang batas, menunjukkan bahwa kendaraan tersebut tidak memenuhi standar emisi. Alat ini menunjukkan akurasi tinggi, terutama pada sensor suhu dan sensor gas MQ7, yang masing-masing memiliki rata-rata error 1.48% dan 0.38%.

Peningkatan RPM meningkatkan konsentrasi HC dan CO, sementara peningkatan suhu mesin mengurangi emisi HC, sejalan dengan teori pembakaran. Namun, beberapa keterbatasan, seperti pengaruh turbulensi gas di tabung, perlu diperbaiki untuk pengembangan lebih lanjut.

SIMPULAN

Alat mini gas analyzer berbasis Arduino Uno yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil mengukur kadar karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada gas buang kendaraan bermotor dengan tingkat akurasi yang tinggi. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada berbagai jenis kendaraan dan kondisi mesin yang berbeda, alat ini menunjukkan error rata-rata 1.89% untuk CO dan 0.375% untuk HC, yang berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh regulasi emisi kendaraan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini memiliki potensi besar sebagai alternatif yang terjangkau dan efisien untuk pengujian emisi kendaraan, terutama dalam konteks pemantauan emisi kendaraan pribadi. Alat ini dapat memberikan informasi yang akurat mengenai kualitas gas buang kendaraan, dan memberikan peringatan yang jelas jika emisi gas melebihi ambang batas yang ditetapkan.

Meskipun alat ini sudah terbukti efektif, beberapa faktor eksternal, seperti kondisi mesin kendaraan dan suhu lingkungan, masih dapat mempengaruhi keakuratan pengukuran. Oleh karena itu, diperlukan kalibrasi berkala dan pengujian lebih lanjut dalam kondisi yang lebih bervariasi untuk memastikan keandalan alat dalam berbagai situasi.

Secara keseluruhan, alat ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengurangan polusi udara dan peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengujian emisi kendaraan secara rutin. Dengan biaya yang lebih rendah dan kemudahan penggunaannya, alat ini dapat diterapkan dalam berbagai sektor, baik untuk penggunaan pribadi, instansi pemerintah, maupun program uji emisi massal.

REFERENSI

- [1] Ismiyati, I., Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 1(3), 241-248.
- [2] Sarungallo, S. K., Putu, G., Agung, R., & Jasa, L. (2019). Rancang bangun alat ukur uji emisi gas karbon monoksida (CO) berbasis mikrokontroler. *Teknologi Elektro*, 16(1).
- [3] Kosegeran, V. V., Kendekallo, E., Sompie, S. R., & Bahrin, B. (2013). Perancangan alat ukur kadar karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan hidrokarbon (HC) pada gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 2(3), 50-56.
- [4] Ikhsan, I. (2017). Implementasi Arduino dalam rancang bangun alat uji emisi kendaraan bermotor berbasis Android. *Jurnal Ilmu Komputer*, 6(1), 1-7.
- [5] Setyawan, R., Dewanto, Y., & Zariatini, D. (2018). Prototipe alat deteksi kandungan CO dan HC dalam kabin kendaraan menggunakan mikrokontroler Arduino. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 8(2), 55-60.
- [6] Krismana, C., Auliy, M. A., & Rintyarna, B. S. (2022). Perancangan detektor gas karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) dengan sistem air purifier berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, 4(2), 169-178.
- [7] Aldhareva, P., & Risfendra, R. (2020). Alat uji emisi portabel kendaraan bermotor. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 6(1), 262-270.
- [8] Michelle, E., Jusuf, M., & Julian, J. (2021). Efektivitas pelaksanaan kebijakan berdasarkan Pergub No 66 Tahun 2020 tentang uji emisi kendaraan bermotor di Jakarta. *ADIL: Jurnal Hukum*, 12(1).
- [9] Agung Putu, et al. (2022). Pengaplikasian Internet of Things (IoT) dalam manufaktur industri farmasi di era Industri 4.0. *Farmaka: Jurnal Fakultas Farmasi*, 20(1).
- [10] Triana, N., Mudini, M., & Putra, G. A. (2023). Rancang bangun kendali perangkat elektronik rumah secara wireless berbasis Arduino. *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 6(2), 79-86.
- [11] Manullang, A. B. P., Saragih, Y., & Hidayat, R. (2021). Implementasi Nodemcu Esp8266 dalam rancang bangun sistem keamanan sepeda motor berbasis IoT. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, 4(2), 163-170.
- [12] Ramady, G. D., et al. (2020). Rancang bangun model simulasi sistem pendeteksi dan pembuangan asap rokok otomatis berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 6(2), 212-218.

Mashuri , Erik Agustian Yulanda
RANCANG BANGUN ALAT MINI GAS ANALYZER KENDARAAN BERMOTOR
MENGUNAKAN SENSOR MQ7, MQ6 DAN MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO.
Jurnal Qua Teknik, (2025), 15(1): 55-65

- [13] Lesmana, Y. L. Y., & Purnama, I. (2023). Rancang alat pengukur tinggi badan dengan output suara berbasis Arduino Uno. Bulletin of Information Technology (BIT), 4(2), 245-252.
- [14] Ikhsan, R. N., & Syafitri, N. (2021). Pemanfaatan sensor suhu DS18B20 sebagai penstabil suhu air budidaya ikan hias. In Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO) (pp. 18-26).
- [15] Alfian, A. N., & Ramadhan, V. (2022). Prototype detektor gas dan monitoring suhu berbasis Arduino Uno. PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer, 9(2), 61-69.
- [16] Amalia, D. (2021). Belajar mudah pemrograman Arduino.
- [17] Fathoni, A., Rizal, Y., & Edi, S. (2023). Kajian emisi gas buang kendaraan roda 4 1300 CC di Kabupaten Rokan Hulu. Aptek, 1-7.