

## RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI GAS BUANG KARBON MONOKSIDA (CO) PADA PESAWAT CESSNA 402B

<sup>1</sup>Andre Tampubolon, <sup>2</sup>Erwan Eko Prasetyo, <sup>3</sup>Sabri Alimi

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Dirgantara

Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan  
[170202074@students.sttkd.ac.id](mailto:170202074@students.sttkd.ac.id)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Dirgantara

Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan  
[erwanekoprasetyo@sttkd.ac.id](mailto:erwanekoprasetyo@sttkd.ac.id)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Dirgantara

Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan  
[sabrialimi@sttkd.ac.id](mailto:sabrialimi@sttkd.ac.id)

### Article history:

Received 30th of April 2025

Revised 8th of May 2025

Accepted 26th of May 2025

### Abstract

The Cessna 402B is a small, twin-piston engine aircraft used in general aviation and special missions. Airplane exhaust gases, such as carbon monoxide (CO), are potentially dangerous. This research aims to understand carbon monoxide (CO) concentrations in aircraft to reduce health risks and improve flight safety. This research uses an experimental method with the MQ-9 sensor to detect carbon monoxide (CO). The process includes hardware and software design, sensor calibration, and distance testing. The data was analyzed using statistics to measure the accuracy of the tool in detecting carbon monoxide (CO) on the Cessna 402B aircraft and compare the results with standard tools. The aim of this research is to design a carbon monoxide (CO) detection device for the Cessna 402B aircraft and evaluate its performance in detecting dangerous exhaust gases. The results show that the carbon monoxide (CO) detector based on the MQ-9 sensor achieves an accuracy of 82.24% with an error of 17.76%. Distance confirms optimal detection up to 40 cm. The implementation results on the Cessna 402B aircraft show that the accuracy of carbon monoxide (CO) gas reached 79.31% with an error of 21.69% and a time of 88.96% with an error of 11.04%. This tool is effective for implementation on Cessna 402B aircraft.

**Keywords:** Cessna 402B, Carbon Monoxide (CO), Sensor MQ-9, Distance and Time

## Pendahuluan

Di era penerbangan modern, pesawat tetap menjadi sarana transportasi penting yang menghubungkan berbagai destinasi. Cessna 402B, sebuah pesawat bermesin piston ganda yang diproduksi oleh *Cessna Aircraft Company* dari Amerika Serikat, termasuk dalam kategori pesawat ringan atau kecil. Pesawat ini dirancang untuk berbagai keperluan, termasuk penerbangan umum, niaga, dan misi khusus [1]. Mesin pada pesawat Cessna yang efisien menghasilkan gas buang sebagai produk sampingan dari pembakaran bahan bakar. Salah satu komponen utama dari gas buang ini adalah karbon monoksida (CO), gas beracun yang memiliki dampak serius terhadap kesehatan manusia dan lingkungan [2]. Maka dari itu, pemahaman dan pengelolaan konsentrasi CO pada pesawat Cessna sangat penting untuk memitigasi risiko dan meningkatkan keselamatan operasional.

Paparan karbon monoksida pada pesawat Cessna dapat terjadi pada berbagai tahap, seperti saat mesin dinyalakan, selama penerbangan, atau di lingkungan hanggar yang sering kali memiliki sirkulasi udara yang terbatas [3]. Menurut *United Nations Environment Programme* (UNEP), kualitas udara yang buruk menyebabkan 6,5 juta kematian setiap tahunnya, dengan 70 persen dari kasus ini terjadi di kawasan Asia Pasifik, termasuk Indonesia. Ini sejalan dengan laporan yang menunjukkan bahwa peningkatan emisi gas buang karbon monoksida (CO) berkontribusi pada peningkatan pencemaran udara. Alat pendeteksi gas buang karbon monoksida yang sudah ada sebelumnya sering kali memiliki harga yang tinggi dan mungkin sulit dijangkau oleh masyarakat dengan sumber daya terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan pada pengembangan versi baru dari alat tersebut dengan biaya produksi yang lebih murah, tanpa mengorbankan kualitas dan akurasi deteksi [4][5].

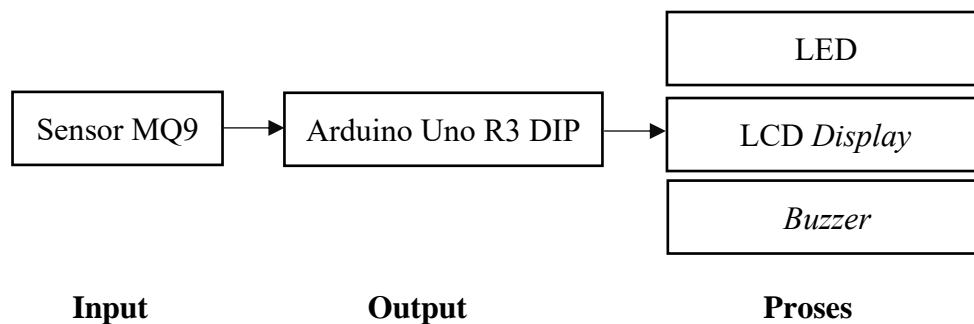
Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pendeteksi karbon monoksida (CO) menggunakan sensor MQ-9 [6], yang hasilnya akan ditampilkan pada layar LCD setelah diproses oleh mikrokontroler dengan IC ATMEGA 328 [7][8]. Sistem ini diharapkan dapat menghasilkan alat pendeteksi karbon monoksida (CO) yang sesuai dengan kebutuhan spesifik pesawat Cessna 402B, memberikan peringatan dini terhadap paparan gas buang berbahaya, dan dengan demikian

mendukung langkah-langkah preventif serta pengelolaan risiko kesehatan di dalam dan sekitar pesawat Cessna 402B.

### Metode Penelitian

Dalam perancangan alat monitoring ini, terdapat beberapa tahap kerja yang melibatkan sistem perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Alat ini menggunakan sensor MQ-9 untuk mendeteksi karbon monoksida (CO) di lokasi atau objek yang telah ditentukan. Sensor tersebut akan mendeteksi kadar CO dan menampilkan data pada layar LCD dengan level tertentu. Jika kadar gas berada di bawah 100 ppm, LED hijau akan menyala, menandakan kualitas udara yang baik. Namun, jika kadar gas melebihi 100 ppm, LED merah akan menyala dan *buzzer* akan berbunyi, menandakan bahwa kualitas udara buruk [9][10].

Perangkat keras (*hardware*) yang diperlukan, bersama dengan blok diagram dalam penelitian ini, dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Keras (*Hardware*)**

Sistem ini mengintegrasikan berbagai komponen hardware untuk menciptakan solusi pemantauan kualitas udara yang efektif. Sensor MQ-9 menyediakan data yang penting mengenai konsentrasi gas, yang kemudian diproses oleh Arduino Uno untuk menentukan respons yang sesuai. LCD Display memberikan umpan balik visual yang jelas, sementara LED dan Buzzer berfungsi sebagai indikator dan alarm untuk peringatan cepat. Integrasi komponen ini memungkinkan sistem untuk secara proaktif memantau kualitas udara dan memberikan peringatan jika terdeteksi adanya 25 gas berbahaya, menawarkan pendekatan komprehensif dalam sistem deteksi dan peringatan gas.

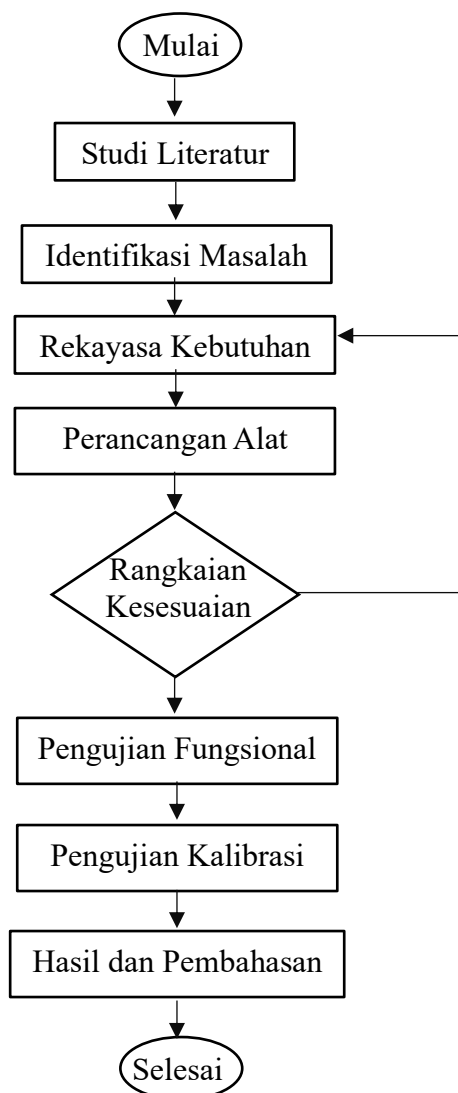
Perangkat lunak (*software*) yang diperlukan, beserta blok diagram dalam penelitian ini, dapat dilihat pada gambar berikut:

Perangkat lunak ini dirancang untuk memantau kualitas udara secara efisien, menggunakan sensor MQ-9 untuk mengukur kadar karbon monoksida dan Arduino Uno untuk memproses data. Sistem memberikan umpan balik melalui LED, buzzer, dan layar LCD. Jika kadar CO berada dalam batas aman, LED hijau menyala dan LCD menampilkan informasi yang relevan. Namun, jika kadar CO mencapai level berbahaya, LED merah akan menyala, buzzer akan berbunyi, dan LCD akan menampilkan kadar CO yang tinggi. Pendekatan ini memastikan bahwa pengguna menerima informasi yang jelas dan respons yang tepat untuk menjaga keamanan dan kualitas udara.

Tahapan penelitian dan blok diagram alir penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode eksperimen atau uji coba. Langkah-langkah penelitian dijelaskan sebagai berikut:

Proses dimulai dengan studi literatur untuk mencari referensi atau materi yang mendukung tugas akhir mengenai “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) pada Pesawat Cessna 402B”. Setelah studi literatur, langkah berikutnya adalah merancang sistem dan mempersiapkan komponen yang diperlukan. Selanjutnya, dilakukan perancangan mekanik,

perangkat lunak, dan perangkat keras dari sistem monitoring konsentrasi gas karbon monoksida (CO) berbasis mikrokontroler. Jika perancangan telah memenuhi harapan, rancang bangun sistem monitoring gas siap untuk diuji.



**Gambar 2. Blok Diagram Alir Penelitian**

Pengujian alat dilakukan dengan memberikan sampel uji gas yang mengandung karbon monoksida (CO) untuk memastikan bahwa sensor MQ-9 berfungsi dengan baik. Jika sistem monitoring gas bekerja sesuai yang diharapkan, data diambil dari rancang bangun monitoring gas dan dianalisis menggunakan hasil uji performa serta kalibrasi alat. Proses terakhir dalam blok diagram alir ini adalah penarikan kesimpulan.

Peubah utama yang diukur dalam penelitian ini adalah konsentrasi karbon monoksida (CO). Pengukuran dilakukan untuk memantau jumlah gas CO yang dihasilkan selama operasi pesawat, baik dalam kondisi normal maupun situasi darurat. Konsentrasi ini diukur dalam satuan standar seperti ppm (bagian per juta), yang merupakan ukuran penting untuk menentukan tingkat bahaya dari gas tersebut dalam lingkungan tertutup seperti kabin pesawat [11].

Proses pengukuran dilakukan dengan menempatkan alat pendeteksi pada saluran buang pesawat Cessna 402B saat operasional. Alat ini diaktifkan pada waktu tertentu selama penerbangan atau pengujian darat, dan pembacaan sensor direkam untuk dianalisis lebih lanjut. Data tersebut dapat ditampilkan secara langsung atau diunduh untuk kebutuhan analisis lanjutan. Sebelum digunakan

secara aktif, alat pendeteksi ini harus dikalibrasi untuk memastikan akurasi pengukurannya, dengan proses verifikasi yang melibatkan perbandingan hasil pengukuran dengan metode pengukuran referensi yang terbukti akurat [12][13].

Data yang diperoleh dari pengukuran sensitivitas, waktu respons, kalibrasi, dan uji performa di lapangan akan dianalisis menggunakan metode statistik dan teknik analisis data lainnya. Hasil dari analisis ini akan memberikan gambaran komprehensif tentang kinerja alat pendeteksi gas buang karbon monoksida pada pesawat Cessna 402B, sehingga dapat digunakan sebagai alat yang efektif dalam mendeteksi dan mengelola risiko paparan CO dalam penerbangan. Untuk menentukan hasil dari selisih pengukuran, nilai sensor, nilai CO Meter, persentase kesalahan, dan akurasi, digunakan rumus-rumus sebagai berikut [14][15]:

$$\text{Selisih Pengukuran} = (\text{Nilai Sensor PPM} - \text{Nilai CO Meter PPM})$$

$$\text{Persentase Error} = \left( \frac{\text{Nilai Sensor PPM} - \text{Nilai CO Meter PPM}}{\text{Nilai CO Meter PPM}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = (100\% - \text{Persentase Error})$$

$$\text{Rata - rata Persentase Error} = \frac{\text{Jumlah Persentase Error}}{\text{Jumlah banyaknya data}}$$

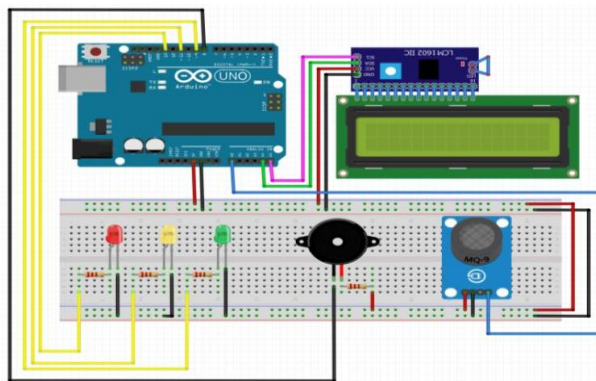
$$\text{Rata - rata Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Akurasi}}{\text{Jumlah banyaknya data}}$$

## Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian fungsional untuk mengevaluasi kemampuan komponen utama dalam sistem deteksi karbon monoksida (CO), seperti Arduino Uno R3, Sensor MQ-9, LCD 16x2, LED, dan Buzzer. Pengujian awal memastikan bahwa komponen-komponen ini berfungsi sesuai harapan, dengan Sensor MQ-9 mendeteksi konsentrasi CO, sementara LCD menampilkan hasilnya, dan LED serta Buzzer memberikan peringatan ketika konsentrasi CO melebihi ambang batas. Sistem ini kemudian dikalibrasi dan diuji dalam simulasi lingkungan pesawat Cessna 402B untuk memverifikasi keakuratan dan respons sistem terhadap berbagai tingkat konsentrasi gas CO. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mendeteksi dan merespons situasi berbahaya, membuktikan keberhasilan alat dalam menjaga keselamatan awak pesawat dari paparan gas CO.

### Rancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

*Prototipe* pada penelitian ini menggunakan komponen Arduino Uno R3 Atmega 328, Arduino IDE, Sensor MQ-9, *Liquid Crystal Display* 16x2, *Light33 Emiting Diode* (LED), dan *Buzzer*. Adapun skema rangkaian yang di tunjukan pada gambar berikut:



**Gambar 3. Desain Rancangan Perangkat Keras (*Hardware*)**

Berdasarkan implementasi *hardware* melalui penyambungan fisik yang benar antara komponen-komponen yang digunakan ini dengan papan Arduino Uno R3 Atmega 328, sistem deteksi gas dapat berfungsi secara optimal untuk mendeteksi konsentrasi gas dan memberikan umpan balik visual serta audio yang sesuai.

### Implementasi Hardware

Adapun hasil implementasi *hardware* berdasarkan desain yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 4. Implementasi Hardware

### Implementasi Software

Adapun hasil implementasi *software* yang digunakan dalam *prototype* pada penelitian ini sebagai berikut:

```

1 #include <Wire.h>
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3
4 const int gasPin = A0; // Pin sensor gas
5 const int greenLedPin = 9; // Pin LED hijau
6 const int yellowLedPin = 11; // Pin LED kuning
7 const int redLedPin = 13; // Pin LED merah
8 const int buzzerPin = 8; // Pin buzzer
9
10
11 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Alamat LCD I2C dan ukuran (16x2)
12 unsigned long previousMillis = 0;
13 const long interval = 500; // Interval waktu dalam milidetik (setiap 0.5 detik)
14 bool ledState = LOW; // Awalnya LED hijau dimatikan
15
16 void showBorderHeaderText() {
17   lcd.clear(); // Bersihkan LCD
18   lcd.setCursor(13, 1); // Posisi tengah - setengah panjang judul
19   lcd.print("GAS DETEKSI");
20   lcd.setCursor(13, 2); // Posisi tengah - setengah panjang judul
21   lcd.print("M1 19202024");
22   delay(2000); // Tunggu tampilan selama 2 detik
23 }
24
25 void setup() {
26   pinMode(greenLedPin, OUTPUT); // Set pin LED hijau sebagai output
27   pinMode(yellowLedPin, OUTPUT); // Set pin LED kuning sebagai output
28   pinMode(redLedPin, OUTPUT); // Set pin LED merah sebagai output
29   pinMode(buzzerPin, OUTPUT); // Set pin buzzer sebagai output
30
31   Wire.begin();
32   Serial.begin(9600);
33   while (!Serial);
34
35   lcd.backlight(); // Nyalakan lampu latar LCD
36 }
37
38 void loop() {
39   // Logika utama program
40 }
41
42 int main() {
43   setup();
44   while (true) {
45     loop();
46   }
47 }
48
49 #endif
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
    
```

Gambar 10. Implementasi Software

Hasil implementasi *sketch* pada rancangan dapat dilihat perintah yang telah disusun sudah diverifikasi oleh *software* Arduino IDE yang menunjukkan bahwa perintah sudah dapat dijalankan berdasarkan desain *software* yang telah dirancang dan telah diimplementasikan dalam penelitian ini.

### Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional adalah proses evaluasi yang bertujuan untuk menilai kemampuan dalam menjalankan fungsi dari setiap komponen yang digunakan. Tabel 1 menunjukkan hasil dari pengujian fungsional yang mencerminkan performa sistem dalam menjalankan fungsi-fungsi yang telah dirancang. Hasil pengujian ini memberikan gambaran tentang bagaimana setiap komponen dalam sistem beroperasi sesuai dengan yang diharapkan dan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan.

Tabel 1. Pengujian Fungsional

No	Komponen	Parameter	Hasil	Keterangan
1.	Sensor MQ-9	mampu mengukur kandungan gas CO	Sensor mampu menunjukkan nilai kandungan CO	Berhasil
2.	LCD 16x2 display	mampu menampilkan hasil pengukuran	LCD 16X2 display menunjukkan hasil pengukuran gas CO	Berhasil
3.	LED hijau	mampu memberikan	LED menyala ketika gas CO yang	Berhasil

No	Komponen	Parameter	Hasil	Keterangan
4.	LED kuning	peringatan cahaya mampu memberikan peringatan cahaya	dideteksi dibawah 50 PPM LED menyala ketika gas CO yang dideteksi antara 50-100 PPM	Berhasil
5.	LED merah	peringatan cahaya mampu memberikan peringatan cahaya	dideteksi diatas 100 PPM LED menyala ketika gas CO yang dideteksi diatas 100 PPM	Berhasil
6.	Buzzer	peringatan suara mampu memberikan peringatan suara	Buzzer menyala ketika gas CO yang dideteksi diatas 100 PPM	Berhasil
7.	Arduino Uno R3	mampu mengelolah perintah dan memberikan tegangan kepada semua komponen	Seluruh komponen mampu menjalankan fungsinya masing-masing sesuai perintah	Berhasil

Pada pengujian fungsional, sebuah rancangan dianggap berhasil jika dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Berdasarkan hasil pengujian, sensor terbukti mampu mengukur kandungan gas karbon monoksida (CO). LCD 16x2 dapat menampilkan data hasil pengukuran CO, LED memberikan peringatan cahaya sesuai dengan level yang terdeteksi, buzzer menghasilkan peringatan suara, dan Arduino Uno R3 Atmega328 berfungsi dengan baik dalam memberikan tegangan dan perintah.

### Pengujian Kalibrasi Sensor-Sensor

Pengujian kalibrasi dilakukan untuk membandingkan nilai hasil pengukuran dengan alat ukur standar. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk menentukan tingkat ketelitian atau akurasi sensor yang digunakan dalam penelitian. Pengujian kalibrasi terdiri dari dua tahap. Tahap pertama melibatkan perbandingan antar sensor yang digunakan. Pada tahap ini, sensor-sensor dalam penelitian dibandingkan satu sama lain untuk memastikan bahwa kualitas dan responsivitasnya seragam. Hal ini penting agar sensor yang digunakan dalam penelitian memiliki kualitas yang konsisten dan memberikan hasil pengukuran yang akurat.

**Tabel 2. Pengujian Kalibrasi Sensor-Sensor**

Pengujian			Total Rata-rata	Akurasi (%)	Error (%)
I	II	III			
110,33	111,00	110,67	110,67	97,59	2,41
117,33	115,67	119,67	117,56	97,83	2,17
132,67	133,33	128,67	131,56	98,06	1,94
145,67	142,00	145,67	144,44	98,31	1,69
157,00	157,33	160,67	158,33	98,53	1,47
<b>Total</b>				98,06	1,94

Pada pengujian antar sensor, dilakukan sebanyak 3 kali untuk menghindari kesalahan akibat fluktuasi hasil pengukuran yang tidak stabil. Pengujian ini membandingkan tiga sensor yang identik untuk memastikan bahwa sensor yang digunakan dalam penelitian konsisten dengan sensor lainnya. Pengujian dilakukan dalam tiga kondisi berbeda untuk mengukur kemampuan sensor dalam berbagai situasi, dengan hasil total akurasi mencapai 98,09% dan total error sebesar 1,94%. Pada tahap kedua, sensor yang digunakan dalam penelitian dibandingkan dengan CO meter. Data hasil pengukuran dari kedua alat ini dibandingkan untuk menilai seberapa baik sensor menghasilkan nilai pengukuran yang sesuai dengan standar referensi. Evaluasi ini memberikan informasi mengenai tingkat ketelitian atau akurasi sensor dalam mengukur kadar gas CO.

### Pengujian Kalibrasi CO Meter-Sensor

Pengujian kalibrasi ini bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran alat dengan standar ukur yang telah ditetapkan, guna menentukan tingkat ketelitian atau akurasi alat tersebut. Tabel 3 menampilkan hasil pengujian kalibrasi yang menunjukkan perbandingan antara nilai-nilai

pengukuran alat dengan standar ukur, yang berguna untuk mengevaluasi sejauh mana alat tersebut memenuhi akurasi yang diharapkan.

**Tabel 3. Pengujian Kalibrasi CO Meter-Sensor**

Waktu (s)	CO Meter (ppm)	Sensor (ppm)	Akurasi (%)	Error (%)
1	128,67	127,33	92,57	7,43
2	166,33	125,67	75,55	24,45
3	150,33	124,33	82,71	17,29
4	186,33	131,67	70,66	29,34
5	172,67	141,33	81,85	18,15
6	185,33	201,33	79,74	20,26
7	173,33	162,33	93,01	6,99
8	181,67	163,00	83,73	16,27
9	230,67	174,33	75,58	24,42
10	219,67	170,33	77,54	22,46
11	227,33	176,00	77,42	22,58
12	230,00	174,67	75,94	24,06
13	222,67	200,33	89,97	10,03
14	227,33	208,00	91,50	8,50
15	238,33	204,67	85,87	14,13
<b>Rata-rata</b>			<b>82,24</b>	<b>17,76</b>

Pengujian kalibrasi dilakukan di ruang tertutup berukuran 1x1 meter untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Sumber gas CO berasal dari korek gas dengan jarak 5 cm untuk memperoleh sensitivitas yang lebih baik. Berdasarkan hasil pengujian, tingkat akurasi sensor mencapai 88,19% dengan error sebesar 11,81%. Perbandingan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kualitas sensor, tahanan beban yang digunakan, proses pembacaan, sumber gas CO, kapasitas gas CO, dan alat pembanding yang digunakan.

### Pengujian Jarak Sensor

Pengujian jarak adalah proses evaluasi untuk menilai kemampuan komponen dalam mencapai jarak maksimal yang dapat ditempuhnya. Pengujian ini khususnya ditujukan untuk sensor MQ-9, yang fungsinya mengukur kadar CO dan kinerjanya dipengaruhi oleh jarak. Hasil dari pengujian jarak ditampilkan dalam tabel yang menyajikan data pengujian, memberikan gambaran tentang kemampuan sensor MQ-9 dalam mendeteksi kadar CO pada berbagai jarak sebagai berikut:

**Tabel 4. Pengujian Jarak Sensor**

Jarak (cm)	CO Meter (ppm)	Waktu (s)	Sensor (ppm)	Waktu (s)	Akurasi Gas		Akurasi Waktu	
					kurasi (%)	Error (%)	Akurasi (%)	Error (%)
5	162,00	3,67	150,67	4,00	93,00	7,00	78,79	21,21
10	83,00	13,00	84,33	11,67	94,38	5,62	89,74	10,26
15	68,67	20,00	74,00	18,00	92,23	7,77	90,00	10,00
20	62,67	24,00	68,33	22,67	90,96	9,04	94,44	5,56
25	50,00	31,00	55,00	27,33	90,00	10,00	88,17	11,83
30	40,67	36,33	46,33	32,33	86,07	13,93	87,77	12,23
35	34,67	44,67	41,00	41,67	81,73	18,27	84,83	15,17
40	29,67	52,33	38,00	50,33	71,91	28,09	92,78	7,22
45	31,67	46,67	38,33	49,00	78,95	21,05	92,62	7,38
50	29,33	50,00	36,67	48,67	75,00	25,00	92,00	8,00
55	29,00	50,33	35,00	48,67	79,31	20,69	93,60	6,40
60	29,00	51,33	35,67	47,67	77,01	22,99	92,86	7,14
65	27,67	50,00	34,33	48,00	75,90	24,10	92,00	8,00

Jarak (cm)	CO Meter (ppm)	Waktu (s)	Sensor (ppm)	Waktu (s)	Akurasi Gas		Akurasi Waktu	
					Akurasi (%)	Error (%)	Akurasi (%)	Error (%)
70	27,00	47,67	34,00	48,00	74,07	25,93	91,38	8,62
75	26,67	47,67	33,67	44,00	73,75	26,25	89,04	10,96
<b>Total</b>					82,29	17,71	90,00	10,00

Pengujian dilakukan di ruang tertutup berukuran 1x1 meter untuk meningkatkan akurasi pengukuran dibandingkan dengan lokasi yang lebih luas dan terbuka. Dalam pengujian ini, digunakan korek gas karena dapat menghasilkan konsentrasi CO yang lebih tinggi, sehingga hasil pengujian lebih optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin dekat jarak sumber gas CO, sensor semakin cepat dalam mendeteksi, dengan akurasi gas sebesar 82,29% dan rata-rata error 17,71%. Rata-rata akurasi waktu adalah 90,00% dengan rata-rata error 10,00%. Sensor mampu mendeteksi gas hingga jarak maksimal 40 cm, sedangkan pada jarak 45 cm sudah tidak terdeteksi. Pengujian dibatasi hingga 60 detik sesuai dengan datasheet sensor dan alat pembanding. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil termasuk waktu dan kapasitas sumber gas CO, lokasi pengujian, kualitas sensor, serta proses pembacaan.

### Pengujian Implementasi Cessna 402B

Hasil pengujian implementasi sensor MQ-9 bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan komponen dalam mengukur emisi gas buang CO pada pesawat Cessna 402B, berdasarkan kadar CO dan jarak. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 5. Pengujian Implementasi Cessna 402B**

Jarak (m)	CO Meter (ppm)	Waktu (s)	Sensor (ppm)	Waktu (s)	Akurasi Gas		Akurasi Waktu	
					Akurasi (%)	Error (%)	Akurasi (%)	Error (%)
5	153,00	43,67	127,00	34,67	83,01	16,99	79,39	20,61
6	148,00	61,00	109,00	54,67	73,65	26,35	89,62	10,38
7	134,67	71,00	101,00	62,33	75,00	25,00	87,79	12,21
8	127,33	78,00	94,00	70,33	73,82	26,18	90,17	9,83
9	111,67	84,00	85,00	77,33	76,12	23,88	92,06	7,94
10	87,33	88,00	82,33	83,33	94,27	5,73	94,70	5,30
<b>Rata-rata</b>					79,31	21,69	88,96	11,04

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin dekat sumber gas CO, semakin tinggi kadar gas CO yang terdeteksi. Dalam implementasi ini, jarak maksimal pengujian yang dicapai adalah 10 meter, dengan rata-rata akurasi gas mencapai 79% dan rata-rata error sebesar 21%. Selain itu, akurasi waktu tercatat sebesar 88,96% dengan rata-rata error 11,04%. Pengujian dibatasi hingga 100 detik sesuai dengan datasheet sensor dan alat pembanding yang digunakan. Faktor-faktor seperti waktu dan kapasitas sumber gas CO, lokasi pengujian di hanggar Cessna 402B, serta proses pembacaan dan kapasitas gas CO juga mempengaruhi hasil pengujian.

### Kesimpulan

Adapun rancangan ini terdiri dari beberapa komponen yaitu sensor MQ-9 berfungsi sebagai pengukur konsentrasi gas CO dalam udara, LED yang digunakan ada 3 LED dengan warna yang berbeda untuk memberikan cahaya ketika kadar gas CO dideteksi sesuai perintah, Buzzer yang digunakan untuk memberikan suara berdasarkan kadar gas CO dideteksi sesuai perintah, modul LCD 12C berfungsi untuk menampilkan visual dan informasi data kadar gas CO dideteksi sesuai perintah, dan Arduino Uno R3 berfungsi sebagai komponen utama untuk merancang dan membuat perangkat serta software yang sudah dirancang dari beberapa komponen.

Dalam pengujian rancangan ini, sensor diuji sebanyak tiga kali dengan hasil total akurasi mencapai

98,09% dan total error sebesar 1,94%. Pengujian antara CO Meter dan sensor menunjukkan akurasi sebesar 82,24% dengan error 17,76%. Untuk pengujian jarak sensor, akurasi gas yang diperoleh adalah 82,29% dengan rata-rata error 17,71%. Sensor mampu mendeteksi hingga jarak maksimal 40 cm, dan tidak dapat mendeteksi pada jarak 45 cm dengan waktu pengujian dibatasi hingga 60 detik. Dalam hal penggunaan daya, hasil rata-rata menunjukkan tegangan 4,98 Volt, arus 0,04 Ampere, dan daya 0,22 Watt. Pada implementasi ini, jarak maksimal pengujian dapat mencapai 10 m dengan hasil rata-rata akurasi gas sebesar 79% dan rata-rata error 21%. Pada hasil implementasi pesawat Cessna 402B mencapai akurasi gas karbon monoksida (CO) rata-rata 79,31% dengan rata-rata error 21,69% dan waktu mencapai rata-rata akurasi 88,96% dengan rata-rata error 11,04%. Pengujian ini dibatasi hingga 100 detik sesuai dengan datasheet sensor dan alat pembanding yang digunakan.

#### Daftar Pustaka

- [1] G. Akbar and B. Mulyati, "Rancang Bangun System Electrical Hoist Pada Crane Hydraulic Sebagai Alat Bantu Handling Equipment Engine Cessna 402B," vol. 3, no. 1, 2024.
- [2] M. Masiol and R. M. Harrison, "Aircraft engine exhaust emissions and other airport-related contributions to ambient air pollution: A review," *Atmos. Environ.*, vol. 95, pp. 409–455, 2014, doi: 10.1016/j.atmosenv.2014.05.070.
- [3] A. Istiawan, Rachmansyah, Tasmi, and H. Sunardi, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gas Hidrogen Di Dalam Kendaraan Roda Empat Berbasis Internet Of Things (IoT)," *J. Intell. Networks IoT Glob.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.36982/jinig.v1i1.3076.
- [4] K. Udoyono and D. N. Daniati, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Dini Pontensi Kebakaran Secara Otomatis pada Ruang Terintegrasi dengan INTERNET of THINGS," *J. Teknol. dan Komun. STMIK Subang*, vol. 16, no. 2, pp. 105–116, 2023, doi: 10.47561/a.v16i2.246.
- [5] V. Valencia, L. Putra Purnama, C. Tjong, and J. Liman, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis Internet of Things Dengan Katup Regulator Otomatis," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 21, no. 2, pp. 225–242, 2022, doi: 10.31358/techne.v21i2.322.
- [6] D. Assharuddin and A. Basry, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Karbon Monoksida (CO) Secara Realtime Menggunakan Protocol MQTT Berbasis Internet.," *J. Esensi Infokom J. Esensi Sist. Inf. dan Sist. Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 11–16, 2023, doi: 10.55886/infokom.v7i1.570.
- [7] M. Rahmansyah H. M. Saleh and I Wayan Sudiarsa, "Rancang Bangun Pendeteksi Monitoring Gas LPG Berbasis Mikrokontroler dan Notifikasi Telegram Messenger," *J. Krisnadana*, vol. 3, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.catuspata.com/index.php/jkdn/index>
- [8] Arba'i Yusuf, E. P. Nasution, Asni Tafrikhatin, and Ajeng Tiara Wulandari, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Dengan Sensor Mq-6 Berbasis Mikrokontroler Melalui Telegram," *JASATEC J. Students Automotive, Electron. Comput.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.37339/jasatec.v2i1.1230.
- [9] I. Agusta, Y. Rama, and Y. Pratama, *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran dan Tingkat Kandungan Gas dalam Ruang Berbasis Mikrokontroler*, vol. 3, no. 5, 2023. doi: 10.58578/yasin.v3i5.1548.
- [10] Nanang Husin, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Dan Api Berbasis Arduino Uno Dengan Mq-2 Sederhana," *J. Esensi Infokom J. Esensi Sist. Inf. Dan Sist. Komput.*, pp. 1–7, 2022.
- [11] A. Silalahi, D. Hartama, I. O. Kirana, I. Gunawan, and S. Sumarno, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Pada Tabung Gas Menggunakan Arduino Berbasis Sms," *J. Krisnadana*, vol. 1, no. 3, pp. 48–58, 2022, doi: 10.58982/krisnadana.v1i3.178.
- [12] A. Mahdali, "Optimalisasi Kalibrasi Sistem Pemantauan Emisi Dengan Menggunakan Sensor Gas," *Snti*, vol. 8, no. 1, pp. 91–96, 2021.
- [13] I. G. A. I. F. Ramadhani, "Karakterisasi Dan Pengujian Sensor Mq-4 Dan Mg-811 Untuk Pengembangan Sistem Monitoring Konsentrasi Gas Metana Dan Karbon Dioksida Di Udara," 2024.
- [14] B. E. Cahyono, "Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Arduino UNO," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 179–186, 2019.
- [15] S. H. Maharani and N. Kholis, "Studi Literatur: Pengaruh Penggunaan Sensor Gas Terhadap Presentase Nilai Error Karbonmonoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) Pada Prototipe Vehicle Gas Detector (VGD)," *J. Tek. Elektro*, vol. 09, no. x, pp. 569–578, 2020.