

PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM PENGENDALI KADAR GAS KARBON MONOKSIDA (CO) PADA AREA BENGKEL MOBIL

Umar Nurwanto¹, Indra Riyanto²

1. Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
umar_nurwan93@yahoo.co.id
2. Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
indra.riyanto@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Pada jurnal ini dirancang suatu sistem pengendali kadar gas monoksida (CO) pada area bengkel mobil. Sistem ini terdiri dari Arduino Mega2550, 4 sensor gas CO MQ7, 4 exhale, LCD, 3 lampu LED, dan Buzzer. Metode yang digunakan untuk pengendali system adalah kendali PID. Sistem mendapat inputan dari sensor gas CO MQ7. Dimana sensor tersebut membaca gas CO pada area bengkel mobil. Output yang dihasilkan oleh sistem kendali PID adalah berupa sinyal Pulse Width Modulation (PWM) yang digunakan oleh driver motor untuk mengatur kecepatan putaran dari motor kipas. Putaran dari motor kipas tersebut akan mengatur kadar gas CO yang ada pada area. Pengendali PID menggunakan struktur paralel dengan parameter Kp, ki dan kd yang diperoleh dengan metode trial and error. Pada pengujian keseluruhan dengan menggunakan parameter PID pada nilai Kp = 3,5, Ki = 0,025, dan Kd = 0,5 menunjukkan bahwa dapat lebih menghemat penggunaan energi listrik sebesar 65,16 % dibandingkan dengan pengujian kipas kecepatan penuh.

Kata kunci— Parameter, PWM, Gas CO, Kendali PID, Trial and error.

ABSTRACT

In this journal, a system for controlling air circulation in the car workshop area with a control PID be designed. This system consists of Arduino Mega2550, 4 CO MQ7 gas sensors, motor drivers, 2 fan motors, LCD, 2 LED lights, and Buzzer. The method used for system controllers is the PID control. The system gets input from the CO MQ7 gas sensor. Where the sensor reads the presence of smoke and CO gas in the car workshop area. The output produced by the PID control system is a Pulse Width Modulation (PWM) signal which is then used by the motor driver to adjust the rotation speed of the fan motor. The rotation of the fan motor will regulate air circulation in the controlled system area. PID controllers use parallel structures with parameters Kp, ki and kd obtained by trial and error method. In the overall test using PID parameters at the values of Kp = 3.5, Ki = 0.025, and Kd = 0.5 shows that it can save electricity energy more by 65.16 % compared to full speed fan testing.

Keywords— Parameter, PWM, Gas CO, control PID, Trial and error.

I. PENDAHULUAN

Bengkel mobil adalah tempat usaha yang digunakan untuk perawatan dan perbaikan mobil. Pada umumnya area bengkel saat proses digunakan untuk bekerja banyak polusi udara yang berasal dari asap knalpot, semprotan pembersih debu dan asap rokok pekerja. Polusi udara tersebut mengandung zat gas karbon monoksida (CO) yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Bentuk bangunan pada area bengkel yang tertutup yang hanya dilengkapi dengan sekedar memasang daun jendela pada dinding bengkel. Sifat gas CO yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa menyebabkan sulit untuk mendeteksi adanya gas tersebut. Sehingga memiliki resiko besar terjadi penumpukan gas CO dalam

jumlah yang besar disertai para pekerja beresiko besar terpapar gas CO yang berbahaya bagi keselamatan dan kesehatannya. Berdasarkan peraturan menteri tenaga kerja dan transmigrasi tentang nilai ambang batas faktor fisika dan faktor kimia di tempat kerja (PER.13/MEN/X/2011) adalah 25 ppm.

Berdasarkan permasalahan pada proses pengendalian sirkulasi udara seperti yang diuraikan diatas, perlu dirancang suatu sistem untuk menetralkan kandungan gas CO sampai kondisi gas CO menjadi netral dan mendeteksi gas CO secara otomatis. Ada beberapa sistem pengendalian udara yang sudah dirancang, diantara seperti yang dibuat oleh (Kaputama 2017) dengan judul Implementasi

Metode Fuzzy Sugeno pada Pengendalian Exhaust Fan Sebagai Pembersih dan Pengatur Udara. Hasil pengujian dengan menggunakan metode fuzzy sugeno dapat mengatur kecepatan putaran kipas berdasarkan banyaknya karbon monoksida yang terbaca oleh sensor MQ-3.

Pada jurnal yang dibuat (Suryaningsih, Mindara, and Hidayat 2017) yang berjudul Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Gas CO Berbasis Nirkabel RF Untuk Pemantauan Kondisi Pencemaran Udara. Pengujian awal dilakukan dengan membandingkan besaran nilai yang dihasilkan alat ini dengan gas CO berkonsentrasi 0 – 1000 ppm. Dari hasil pengujian tersebut didapat tingkat kesalahan kalibrasi sebesar 22,83%.

Pada jurnal yang dibuat oleh (Naga 2017) yang berjudul Perancangan Simulasi Otomatisasi Perubahan Kecepatan Kipas yang Dipengaruhi Gas CO dan Suhu Area Parkir Basment, gas yang dideteksi dibagi menjadi 3 kelas, aman yaitu di bawah 66 ppm (indikator berwarna hijau), waspada 66 ppm-74 ppm (indikator berwarna kuning), dan bahaya di atas 75 ppm (indikator berwarna merah).

Pada jurnal yang dibuat oleh (Rosi et al. 2015) yang berjudul Perancangan dan Implementasi Pengendali Kecepatan Exhaust Fan Berbasis Arduino Dengan Sensor Asap Karbon Monoksida. Hasil pengujian yang diperoleh nilai rata-rata error yang dihasilkan oleh alat pengontrolan kecepatan exhaust fan menggunakan metode fuzzy logic sebesar 1,275 %, dengan tingkat akurasi sebesar 98,725 %. Penghematan konsumsi daya dengan menerapkan perangkat yang telah direalisasikan sebesar 24,43% dibanding penggunaan exhaust fan biasa.

Pada jurnal yang dibuat oleh (Pujosakti and Setiyono 2015) yang berjudul Perancangan PID Berbasis Atmega 8535 Untuk Pengendali Kadar Gas CO Pada Ruang Kontaminasi Asap Rokok. Hasil yang diperoleh pengujian sensor MQ7 sangat baik dalam pengukuran kadar gas CO. Respon pengukuran juga sangat cepat dengan menggunakan kontroller P dan I dengan nilai $K_p=5$ dan $K_i=1$ jika dibandingkan dengan tanpa kontroller. Alat otomatisasi dapat mereduksi gas CO dengan rata-rata hingga 55%.

Dalam jurnal ini dilakukan perancangan prototipe sistem pengendali kadar gas monoksida (CO) pada area bengkel mobil. Perbedaan sistem yang dirancang dalam jurnal ini adalah dalam proses mengendalikan sirkulasi udara dengan mengatur kecepatan motor kipas yang digunakan untuk mengeluarkan udara kotor pada area bengkel dengan menggunakan algoritma PID pada masing-masing kipasnya yang dikontrol oleh mikrokontroller arduino Mega2560. Diharapkan mikrokontroller arduino Mega2560 dapat mengontrol kipas dengan algoritma PID untuk membersihkan kadar gas CO sampai 0 ppm.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Karbon Monoksida

Karbon monoksida adalah zat pencemar dengan rumus CO yang dihasilkan dari proses pembakaran fosil dengan udara yang dikeluarkan berupa gas buang. Gas yang tak berwarna, tak berbau, dan gas berbentuk cair dalam suhu di bawah -192°C (Pohan n.d.). Gas CO terdiri dari satu atom karbon yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksida. Dampak dari CO bervariasi, tergantung status kesehatan orang pada saat menghirup gas CO. Gas CO menghambat kerja molekul sel pigmen yang berfungsi membawa oksigen keseluruh tubuh, dalam jangka panjang dapat menyebabkan sakit jantung atau paru-paru, menyebabkan gangguan janin pada wanita, dan dalam jangka pendek dapat menyebabkan perubahan tekanan darah, meningkatkan denyut jantung, kerusakan pembuluh darah perifer.

B. Sensor MQ7

Sensor MQ7 merupakan sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari. Sensor ini menggunakan catu daya heater 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian 5VDC, jarak pengukuran 20-2000 ppm dalam mengukur gas karbon monoksida. dari tegangan masukan, Sensor disusun oleh tabung keramik mikro AL_2O_3 , lapisan sensitive Tin Dioxide (SnO_2) elektroda pengukur, dan pemanas merubah jadi kerak yang terbuat dari plastic dan stainless steel. Pemanas berfungsi untuk memanaskan sensor agar pada posisi kerja komponen.

C. Driver DC L298N

Maximum L298N adalah driver motor H-Bridge ganda yang memungkinkan mengontrol kecepatan dan arah dua motor DC secara bersamaan. Modul ini dapat menggerakkan motor DC yang memiliki tegangan antara 5 dan 35V, dengan arus puncak hingga 2A. Fungsi utama dari rangkaian H-bridge itu adalah untuk mengubah arah arus listrik di Motor DC. Apakah mengalir dari kiri atau kanan. Perubahan arah arus tersebut digunakan untuk mengubah putaran motor DC, searah jarum jam (*clockwise*) atau berlawanan arah jarum jam (*counterclockwise*).

D. Motor Listrik DC

Motor Listrik DC merupakan motor listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak yang berfungsi untuk mengeluarkan udara yang ada di dalam ruangan. Selain itu juga mengatur volume udara dalam ruangan.

E. Pengendali Jenis PID

Pengendali PID (Proportional, Integral, Diferensial) adalah gabungan dari pengendali Propotional, Integral dan Derivative yang saling menutupi. Dengan menggunakan ketiganya menjadi elemen-elemen pengendali proportional, integral

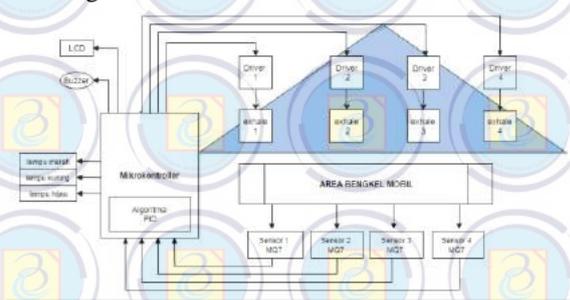
dan diferensial masing- masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sistem, menggunakan offset dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Pengendali PID menghitung nilai error sebagai perbedaan variabel proses yang diukur dan set point yang diinginkan. Pengendali PID mencoba untuk meminimalkan kesalahan dengan menyesuaikan input proses kontrol.

F. Arduino Mega2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset.

III. METODELOGI PENELITIAN

A. Diagram blok sistem



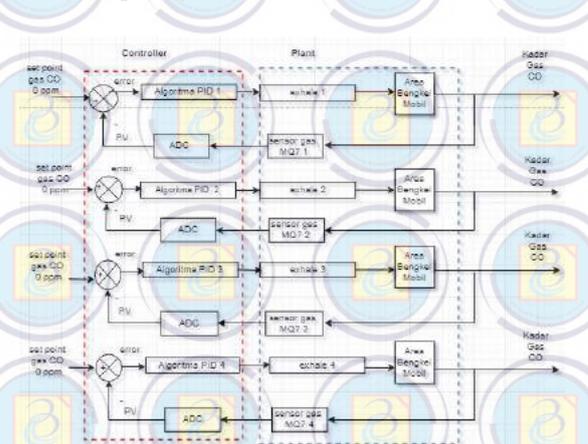
Gambar 1. Diagram Blok Sistem.

Komponen penyusun pada prototype sistem pengendali kadar gas monoksida (CO) pada area bengkel mobil sebagai berikut:

1. **Mikrokontroler:** berfungsi Pusat pengolahan dan kendali dari keseluruhan sistem yang diprogram, untuk membaca dan menerima inputan dari sensor, melakukan perhitungan PID, dan mengeluarkan sinyal perintah untuk menggerakkan motor kipas.
2. **Exhale:** menghisap keluar polusi udara yang mengandung gas (CO) pada kipas 1,2,3,dan 4.
3. **Drivlier:** Berfungsi Mengatur kecepatan putaran exhale.
4. **Lampu indikator Merah:** Berfungsi untuk indikator lampu ketika jumlah kandungan gas CO lebih 60 PPM.
5. **Lampu indikator Kuning:** Berfungsi untuk indikator lampu ketika jumlah kandungan gas CO 26-60 PPM.
6. **Lampu indikator Hijau:** Berfungsi untuk indikator lampu ketika jumlah kandungan gas CO 0-25 PPM.
7. **Buzzer:** Berfungsi untuk indikator berupa suara.
8. **LCD:** Menampilkan jumlah kadar gas CO yang terbaca pada prototipe area bengkel mobil.
9. **Sensor:** Berfungsi untuk mendeteksi kadar gas CO pada prototipe area bengkel mobil.

10. Area Bengkel Mobil: Area berkumpulnya polusi udara yang mengandung kadar gas monoksida (CO).

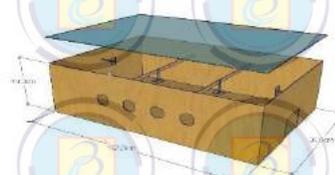
B. Prinsip Kerja Sistem



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Kontrol Pengendali Gas Karbon Monoksida (CO).

Prinsip kerja dari perancangan dan implementasi pada prototype sistem pengendali gas karbon monoksida (CO) pada area bengkel adalah pada saat kondisi ruangan terdapat gas karbon monoksida (CO). LCD akan menampilkan jumlah kadar gas CO pada layarnya. Mikrokontroler mendeteksi adanya sinyal pada sensor MQ7 kemudian mengolah dan mengendalikan keseluruhan sistem sesuai dengan algoritma PID (Proportional Integral Derivative controller) yang dibuat, keluaran dari sistem berupa sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang akan mengaktifkan motor kipas melalui driver L298N. Sinyal PWM tersebut menjadi acuan untuk motor driver dalam mengatur kecepatan motor kipas buang (exhale). Motor kipas akan bekerja untuk menetralsir kandungan gas CO sampai kondisi gas CO menjadi netral.

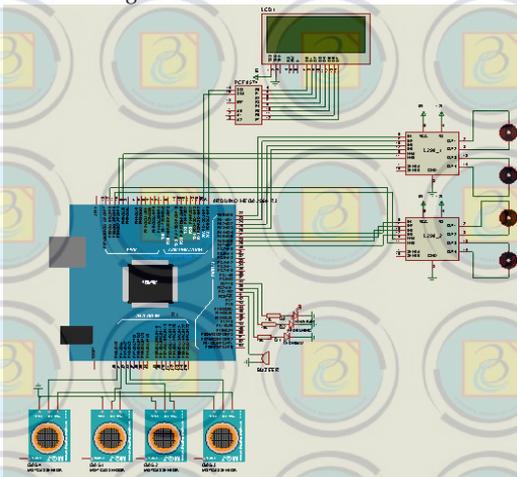
C. Perancangan Mekanik



Gambar 3. Desain Prototipe Area Bengkel Mobil.

Perancangan mekanik dari kerangka prototipe bangunan area bengkel mobil dengan menggunakan bahan utama berupa kayu triplek dengan ketebalan 1 cm dan menggunakan bahan tambahan untuk penutup bagian atas berupa acrylic dengan ketebalan 2 mm. Prototipe ini memiliki ukuran panjang 132 cm, lebar 90 cm, dan tinggi 40 cm.

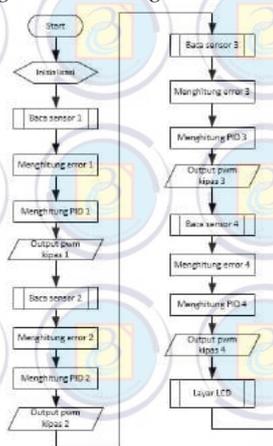
D. Perancangan Sistem Elektronik



Gambar 4. Rangkaian Sistem Mikrokontroler

Perancangan rangkaian elektronik pada sistem pengendali gas karbon monoksida (CO) terdiri dari rangkaian mikrokontroler Arduino Mega 2560, rangkaian sensor MQ7, rangkaian LCD, rangkaian driver motor L298N, rangkaian buzzer, dan lampu LED. Pada sistem ini menggunakan Arduino Mega2560 sebagai pengontrol utama dari sistem pengendali gas monoksida (CO).

E. Diagram Alir Program



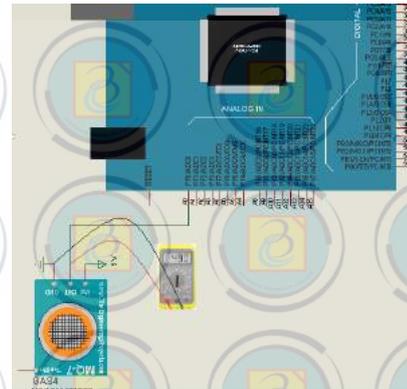
Gambar 5. Diagram Alir Program.

Perancangan perangkat lunak merupakan perancangan algoritma kontrol yang diprogram pada mikrokontroler. Perancangan ini meliputi perancangan program utama, sub program sensor, sub program buzzer, sub program LCD dan sub program lampu indikator.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Sensor Gas MQ7 (1)

Pengujian rangkaian sensor gas CO dilakukan untuk mendapatkan nilai pembacaan kadar CO dengan cara memberikan asap kendaraan bermotor pada sensor MQ7 dengan menggunakan arduino mega 2560. Rangkaian pengujian sensor gas CO adalah dengan menghubungkan sensor gas CO ke papan kontroler arduino mega 2560.



Gambar 6. Rangkaian Pengujian Sensor MQ7 (1).

Tabel 1. Hasil Perhitungan Sensor MQ7 (1).

No.	Nilai kadar gas CO yang terbaca alat ukur (PPM)	Nilai ADC sensor yang terbaca mikrokontroler	Perhitungan kadar gas sensor PPM = $1,5345(ADC) - 180,05$	Error (%)
1	5	120	4,09	18,2
2	26	144	40,92	13,66
3	150	210	142,19	5,2
4	183	243	192,83	5,37
5	299	305	287,97	3,69
6	370	364	378,51	2,3
7	472	420	464,44	1,6
8	550	475	548,83	0,21
9	590	505	594,87	0,82
10	619	521	619,42	0,06
Rata-rata error				5,11

Dimana :

$$error = \left| \frac{\text{Kadar gas CO terbaca alat ukur} - \text{Kadar gas CO sensor}}{\text{Kadar gas CO terbaca alat ukur}} \cdot 100\% \right|$$

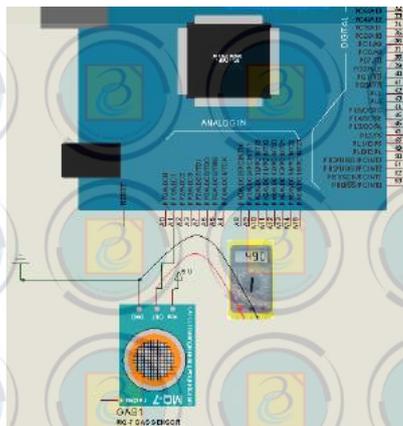
Contoh hasil perhitungan pada data pertama adalah sebagai berikut:

$$error = \left| \frac{5 - 4,09}{5} \cdot 100\% \right| = 18,2\%$$

Melalui pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa persamaan Kadar CO (PPM) = $1,5345(ADC) - 180,05$ dapat digunakan oleh mikrokontroler untuk mengkonversikan nilai ADC menjadi nilai kadar gas CO dengan rata - rata error 5,11 %.

B. Pengujian Sensor Gas MQ7 (2)

Pengujian rangkaian sensor gas CO dilakukan untuk mendapatkan nilai pembacaan kadar CO dengan cara memberikan asap kendaraan bermotor pada sensor MQ7 dengan menggunakan arduino mega 2560. Rangkaian pengujian sensor gas CO adalah dengan menghubungkan sensor gas CO ke papan kontroler arduino mega 2560.



Gambar 7. Rangkaian Pengujian Sensor MQ7 (2).

Tabel 2. Hasil Perhitungan Sensor MQ7 (2).

No.	Nilai kadar gas CO yang terbaca alat ukur (PPM)	Nilai ADC sensor yang terbaca mikrokontroler	Perhitungan kadar gas sensor PPM = $1,5345(ADC) - 180,05$	Error (%)
1	55	215	58,26	5,92
2	131	259	151,73	15,82
3	177	275	185,71	4,92
4	370	355	355,65	3,87
5	457	401	453,36	0,79
6	515	425	504,34	2,06
7	618	470	599,93	2,92
8	651	500	663,66	1,94
9	705	525	716,76	1,66
10	750	548	765,62	2,08
Rata-rata error				4,19

Dimana :

$$error = \left| \frac{\text{Kadar gas CO terbaca alat ukur} - \text{Kadar gas CO sensor}}{\text{Kadar gas CO terbaca alat ukur}} \cdot 100 \% \right|$$

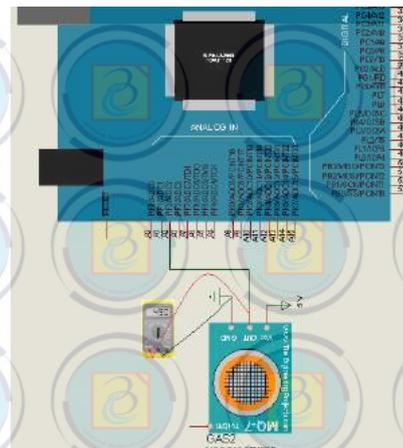
Contoh hasil perhitungan pada data pertama adalah sebagai berikut:

$$error = \left| \frac{55 - 58,26}{55} \cdot 100 \% \right| = 5,92 \%.$$

Melalui pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa persamaan kadar CO (PPM) = $2,1242(ADC) - 389,33$ dapat digunakan oleh mikrokontroler untuk mengkonversikan nilai ADC menjadi nilai kadar gas CO dengan rata - rata error 4,19 %.

C. Pengujian Sensor Gas MQ7 (3)

Pengujian rangkaian sensor gas CO dilakukan untuk mendapatkan nilai pembacaan kadar CO dengan cara memberikan asap kendaraan bermotor pada sensor MQ7 dengan menggunakan arduino mega 2560. Rangkaian pengujian sensor gas CO adalah dengan menghubungkan sensor gas CO ke papan kontroler arduino mega 2560.



Gambar 8. Rangkaian Pengujian Sensor MQ7 (3).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Sensor MQ7 (3).

No.	Nilai kadar gas CO yang terbaca alat ukur (PPM)	Nilai ADC sensor yang terbaca mikrokontroler	Perhitungan kadar gas sensor PPM = $1,5345(ADC) - 180,05$	Error (%)
1	36	162	41,43	14,83
2	65	180	70,72	13,66
3	115	200	103,36	10,12
4	175	245	176,8	1,02
5	309	322	302,47	2,11
6	345	350	348,17	0,91
7	426	400	429,78	0,89
8	493	434	485,27	1,57
9	530	565	535,86	1,11
10	552	575	552,18	0,03
Rata-rata error				4,14

Dimana :

$$error = \left| \frac{\text{Kadar gas CO terbaca alat ukur} - \text{Kadar gas CO sensor}}{\text{Kadar gas CO terbaca alat ukur}} \cdot 100 \% \right|$$

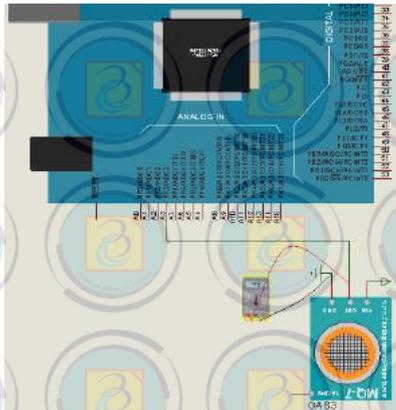
Contoh hasil perhitungan pada data pertama adalah sebagai berikut:

$$error = \left| \frac{36 - 41,34}{36} \cdot 100 \% \right| = 14,83\%.$$

Melalui pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa persamaan kadar CO (PPM) = $1,6321(ADC) - 223,06$ dapat digunakan oleh mikrokontroler untuk mengkonversikan nilai ADC menjadi nilai kadar gas CO dengan rata - rata error 4,14 %.

D. Pengujian Sensor Gas MQ7 (4)

Pengujian rangkaian sensor gas CO dilakukan untuk mendapatkan nilai pembacaan kadar CO dengan cara memberikan asap kendaraan bermotor pada sensor MQ7 dengan menggunakan arduino mega 2560. Rangkaian pengujian sensor gas CO adalah dengan menghubungkan sensor gas CO ke papan kontroler arduino mega 2560.



Gambar 9. Rangkaian Pengujian Sensor MQ7 (4).

Tabel 4. Hasil Perhitungan Sensor MQ7 (4).

No.	Nilai kadar gas CO yang terbaca alat ukur (PPM)	Nilai ADC sensor yang terbaca mikrokontroler	Perhitungan kadar gas sensor PPM = $1,5345(ADC) - 180,05$	Error (%)
1	24	136	23,50	2,08
2	61	160	64,02	16,4
3	92	176	91,18	3,61
4	126	200	131,92	4,7
5	245	257	228,67	7,79
6	320	315	327,12	2,23
7	375	340	369,55	0,42
8	530	435	530,81	0,15
9	580	475	598,70	3,22
10	697	525	683,57	1,93
Rata-rata error				4,17

Dimana :

$$error = \left| \frac{\text{Kadar gas CO terbaca alat ukur} - \text{Kadar gas CO sensor}}{\text{Kadar gas CO terbaca alat ukur}} \cdot 100 \% \right|$$

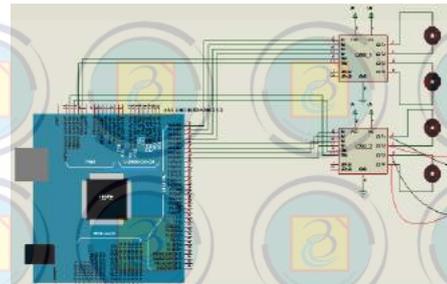
Contoh hasil perhitungan pada data pertama adalah sebagai berikut:

$$error = \left| \frac{24 - 23,29}{24} \cdot 100 \% \right| = 2,08 \%$$

Melalui pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa persamaan kadar CO (PPM) = $1,6974(ADC) - 207,56$ dapat digunakan oleh mikrokontroler untuk mengkonversikan nilai ADC menjadi nilai kadar gas CO dengan rata - rata error 4,17 %.

E. Pengujian Driver Motor

Pengujian yang kedua driver motor dilakukan untuk mengetahui hubungan nilai PWM dan tegangan keluaran driver motor. Pengukuran dilakukan pada output driver motor pada saat kondisi driver sedang bekerja. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran adalah multimeter. Rangkaian pengujian driver motor ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 10. Rangkaian Pengujian Driver Motor (1).

Tabel 5. Hasil Pengujian Driver Motor (1).

No	Nilai PWM	Nilai Duty Cycle (%)	Tegangan keluaran (Volt) (Enable A)	Tegangan keluaran (Volt) (Enable B)
1	0	0	0	0
2	25	9,8	1,73	1,68
3	50	19,61	2,36	2,38
4	75	29,41	2,90	2,82
5	100	39,21	4,69	4,61
6	125	49,02	5,84	5,77
7	150	58,82	7,11	7,10
8	175	68,63	8,16	8,14
9	200	78,43	9,33	9,28
10	225	88,23	10,51	10,48
11	250	98,04	11,66	11,51
12	255	100	11,88	11,87

Tabel 6. Hasil Pengujian Driver Motor (2).

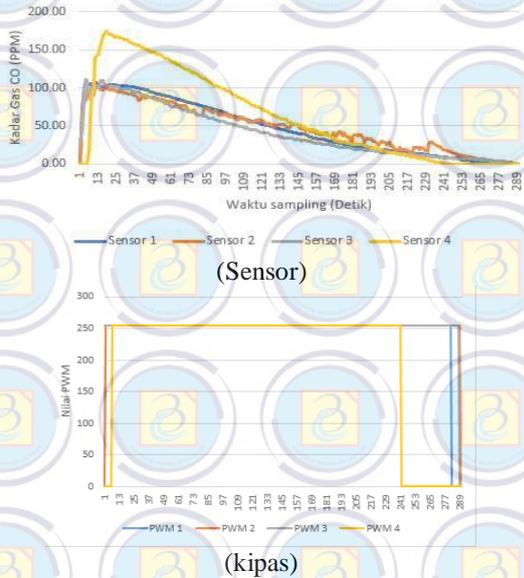
No.	Nilai PWM	Nilai Duty Cycle (%)	Tegangan keluaran (Volt) (Enable A)	Tegangan keluaran (Volt) (Enable B)
1	0	0	0	0
2	25	9,8	1,73	1,68
3	50	19,61	2,36	2,38
4	75	29,41	2,90	2,82
5	100	39,21	4,69	4,61
6	125	49,02	5,84	5,77
7	150	58,82	7,11	7,10
8	175	68,63	8,16	8,14
9	200	78,43	9,33	9,28
10	225	88,23	10,51	10,48
11	250	98,04	11,66	11,51
12	255	100	11,88	11,87

Dari data hasil pengujian bahwa nilai PWM yang diberikan sebanding dengan output dari driver motor. Melalui pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa nilai PWM dari 0 sampai 255 mempengaruhi pada kecepatan dari kipas sehingga semakin tinggi nilai PWM maka nilai tegangan keluaran driver motor semakin tinggi.

F. Pengujian Sistem Dengan Kipas Kecepatan Penuh

Pengujian sistem ini merupakan pengujian sistem dengan memberikan asap knalpot ke dalam ruangan prototype selama 10 detik dan kipas yang ada pada sistem dinyalakan dengan kecepatan

penuh. Kecepatan penuh yang dimaksud adalah kipas berputar dengan diberikan nilai PWM maksimal yaitu 255. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 11.

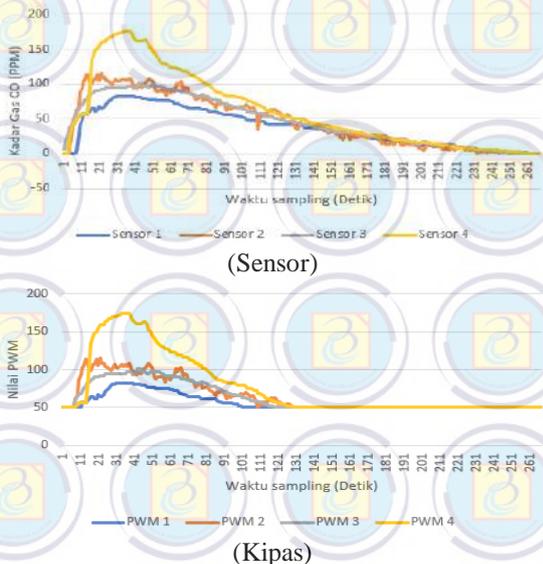


Gambar 11. Hasil Pengujian Kipas Kecepatan Penuh.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat membersihkan gas CO yang ada pada ruangan pada waktu sampling ke 290 atau 2 menit 25 detik dan kadar gas CO tertinggi yang terbaca adalah 175 ppm.

G. Pengujian Sistem Dengan Pengendali P

Pada pengujian ini bertujuan untuk menentukan parameter kp pada sistem, nilai Kp diberikan sebesar 1, sehingga parameter PID adalah dengan $K_p = 1,0$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0$. Pengambilan data menggunakan waktu sampling sebesar 0,5 detik. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pengujian $K_p = 1,0$.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ruangan prototype bersih pada waktu sampling ke 267 atau selama 2 menit 13,5 detik. Kadar gas CO

tertinggi pada ruangan terdeteksi oleh yaitu 176 ppm.

H. Pengujian Sistem Dengan Pengendali PI

Pengujian sistem dengan pengendali PI merupakan pengujian sistem dengan menggunakan parameter K_p dan K_i . Pada pengujian pengendali PI nilai parameter yang diberikan adalah pada sistem adalah $K_p = 4,2$, $K_i = 0,01$, dan $K_d = 0$. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 13.

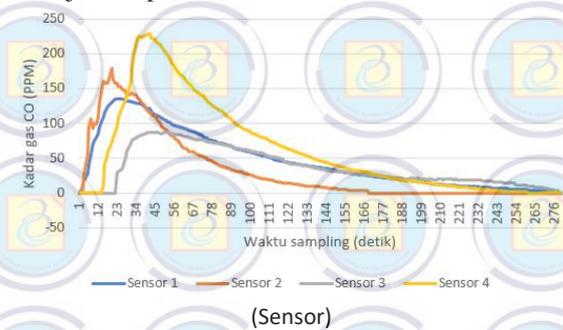


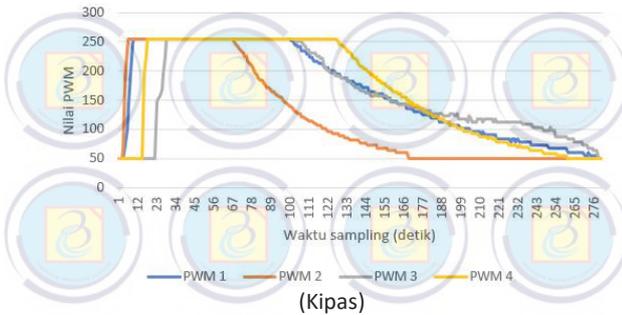
Gambar 13. Hasil Pengujian $K_p = 4,2$ dan $K_i = 0,01$.

Pada hasil pengujian, ruangan prototype bersih pada waktu sampling ke 248 atau selama 2 menit 4 detik. Nilai gas CO tertinggi yang terdeteksi pada pengujian ini adalah sebesar 185 ppm.

I. Pengujian Sistem Dengan Pengendali PID

Pengujian sistem dengan pengendali PID merupakan pengujian dengan menggunakan parameter K_p dan K_i yang sudah didapatkan sebelumnya dan ditambah dengan parameter K_d yang diatur agar sesuai dengan respon yang diinginkan. Parameter PID pada sistem adalah $K_p = 3,5$, $K_i = 0,025$, dan $K_d = 0,5$. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 14.





Gambar 14. Hasil Pengujian $K_p = 3,5$, $K_i = 0,025$, $K_d = 0,5$.

Hasil pengujian ini menunjukkan ruangan bersih pada waktu sampling ke 297 atau selama 2 menit 28,5 detik. Kadar gas CO tertinggi pada pengujian ini sebesar 221 ppm.

Kesimpulan dari pengujian keseluruhan membersihkan ruangan pada prototipe area bengkel mobil dengan menggunakan kipas antara kecepatan penuh dengan metode PID, dapat dilihat perbandingan pada Tabel 4.7.

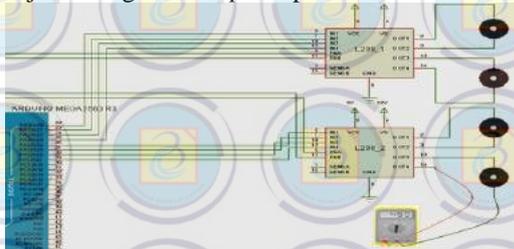
Tabel 7. Perbandingan Durasi Pembersihan Gas CO.

No	Durasi pemberian asap knalpot	Durasi Kipas kecepatan penuh	Durasi Kipas Metode PID	Selisih waktu
1.	10 detik	145 detik	148,5 detik	3,5 detik

Waktu pembersihan gas CO lebih cepat pada saat pengujian menggunakan kecepatan penuh. Hal tersebut disebabkan putaran motor kipas langsung pada kecepatan maksimal. Namun kelebihan dari metode PID adalah kecepatan putar kipas dapat menyesuaikan dengan kadar gas CO yang ada pada ruangan prototipe.

J. Mengukur Arus

Pada pengujian rangkaian ini bertujuan untuk mengetahui arus ampere pada kipas ketika nyala dan digunakan untuk bahan menghitung perbandingan energi kipas kecepatan penuh dengan metode pengendali PID. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan jarum positif multimeter ke *output driver* dan jarum negatif ke *input* kipas.



Gambar 15. Rangkaian Pengukuran Arus Pada Kipas.

Data Hasil pengukuran pada rangkaian rangkain gambar 4.33. Tegangan pada kipas ketika nyala adalah 11,88 Volt dan arus 0,14 Ampere. Sehingga daya pemakaian dari kipas adalah 11,88 Volt X 0,14 Ampere = 1,66 watt. Untuk Tahanan Kipas $R = 11,88 \text{ V}/0,14 \text{ A} = 84,86 \text{ Ohm}$.

K. Pengujian dengan durasi pemberian gas buang durasi selama 10 detik. penggunaan energi pada Kipas Kecepatan Penuh

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian Energi} &= \text{Durasi kerja Kipas (s)} \times \\ &\text{Tegangan (v)} \times \text{Arus kipas (A)} \\ &= 140 \text{ (s)} \times 11,88 \text{ (v)} \times 0,14 \text{ (A)} \\ &= 232,85 \text{ Joule.} \end{aligned}$$

Tabel 8. Penggunaan Energi Kipas Kecepatan Penuh.

	Durasi Kerja Kipas (S)	Nilai PW M	(V)	Arus Kipas (A)	Pemakaian Energi Kipas (Joule)
Kipas 1	140	255	11,88	0.14	232,85
Kipas 2	144	255	11,88	0.14	239,50
Kipas 3	144	255	11,88	0.14	239,50
Kipas 4	117,5	255	11,88	0.14	195,43
Total Pemakaian					907,27

L. Pengujian dengan durasi pemberian gas buang durasi selama 10 detik. penggunaan energi pada Kipas dengan metode PID

Pada pengujian dengan menggunakan metode PID memperoleh jumlah data sampling sebanyak 228 data dengan menggunakan waktu 0,5 detik pada setiap pengambilan datanya. Data hasil pengujian keseluruhan pengukuran energi kipas dengan metode PID ditunjukkan pada Tabel.

Tabel 9. Pemakaian Energi Kipas 1 dan 2.

Range PWM	Durasi Kipas 1 (s)	Durasi Kipas 2 (s)	Rata-Rata PWM	Tegangan (V)	Arus V/R kipas (A)	Pemakaian Energi kipas 1 (J)	Pemakaian Energi kipas 2 (J)
50-60	57	55,5	55	2,56	0,03	4,37	4,25
61-70	7,5	16	65,5	3,05	0,04	0,81	1,74
71-80	6,5	7	75,5	3,52	0,04	0,94	1,01
81-90	6	5	85,5	3,98	0,05	1,11	0,93
91-100	3	6	95,5	4,45	0,05	0,69	1,39
101-110	5	3	105,5	4,92	0,06	1,41	0,85
111-120	5	4	115,5	5,38	0,06	1,69	1,35
121-130	2,5	2,5	125,5	5,85	0,07	1,00	1,00
131-140	3,5	3	135,5	6,31	0,07	1,63	1,40
141-150	3	2,5	145,5	6,8	0,08	1,61	1,34
151-160	3	2	155,5	7,24	0,08	1,84	1,22
161-170	3	3	165,5	7,71	0,09	2,1	2,1
171-180	2,5	1,5	175,5	8,18	0,10	1,95	1,17
181-190	3	2	185,5	8,64	0,10	2,61	1,74
191-200	2,5	2	195,5	9,11	0,11	2,42	1,94
201-210	2	1,5	205,5	9,58	0,11	2,14	1,60
211-220	3,5	2	215,5	10,04	0,12	4,12	2,35
221-230	2,5	1	225,5	10,51	0,12	3,22	1,29
231-240	2	1	235,5	10,97	0,13	2,81	1,41
241-250	1	1	245,5	11,44	0,13	1,53	1,53
251-255	24,5	27	253	11,79	0,14	39,73	43,78
Total Energi						79,71	75,37

Tabel 10. Pemakaian Energi Kipas 3 dan 4.

Range PWM	Durasi Kipas 3 (s)	Durasi Kipas 4 (s)	Rata – Rata PWM	Tegangan (V)	Arus V/R kipas (A)	Pemakaian Daya kipas 3 (J)	Pemakaian Daya kipas 4 (J)
50- 60	18,5	15,5	55	2,56	0,03	1,42	1,19
61-70	12,5	11,5	65,5	3,05	0,04	1,36	1,25
71-80	17	21	75,5	3,52	0,04	2,46	3,03
81-90	14	8,5	85,5	3,98	0,05	2,59	1,57
91-100	9	6,5	95,5	4,45	0,05	2,08	1,50
101-110	8,5	6,5	105,5	4,92	0,06	2,40	1,83
111-120	8	6	115,5	5,38	0,06	2,70	2,03
121-130	7	4,5	125,5	5,85	0,07	2,79	1,80
131-140	5	4	135,5	6,31	0,07	2,33	1,86
141-150	7,5	4,5	145,5	6,78	0,08	4,02	2,41
151-160	7,5	3	155,5	7,25	0,08	4,59	1,84
161-170	5	2,5	165,5	7,71	0,09	3,47	1,73
171-180	6,5	2,5	175,5	8,18	0,10	5,07	1,95
181-190	5	2,5	185,5	8,64	0,10	4,36	2,18
191-200	11,5	2,5	195,5	9,11	0,11	11,14	2,42
201-210	6	2	205,5	9,58	0,11	6,42	2,14
211-220	0	1,5	215,5	10,04	0,12	0,00	1,76
221-230	0	2	225,5	10,51	0,12	0,00	2,58
231-240	0	2	235,5	10,97	0,13	0,00	2,81
241-250	0	2	245,5	11,44	0,13	0,00	3,05
251-255	0	37,5	253	11,79	0,14	0,00	60,81
Total Energi						59,20	101,76

M. perbandingan Pemakaian Energi

Hasil Perbandingan perhitungan pada pengujian dengan Kipas kecepatan penuh dan metode PID dapat ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan Energi.

No	Durasi pemberian asap knalpot	Energi Kecepatan Penuh	Energi dengan PID	Selisih Pemakaian Energi
1.	10 detik	907,27 Joule	316,04 Joule	591,23 Joule

Dari Tabel 11 terlihat bahwa jumlah pemakaian energi kipas lebih sedikit pada saat sistem dikendalikan dengan metode PID. Pada pengujian pemberian asap knalpot 10 detik, penggunaan energi berkurang 600,40 Joule, ketika menggunakan metode PID. Penghematan energi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Selisih pemakaian energi}}{\text{total pemakaian energi kecepatan penuh}} \times 100\% \\
 &= \frac{591,23 \text{ J}}{907,27 \text{ J}} \times 100\% \\
 &= 65,16 \%
 \end{aligned}$$

Sehingga melalui pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sistem yang dilengkapi dengan metode PID dapat lebih menghemat penggunaan energi sebesar 65,16 % dibandingkan dengan pengujian kipas kecepatan penuh.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian jurnal mengenai perancangan prototype sistem kendali kadar gas

karbon monoksida (CO) pada area bengkel mobil dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor MQ7 (1) dapat mendeteksi kadar CO pada ruangan dengan mengkonversi nilai ADC menjadi satuan PPM melalui persamaan $PPM = 1,5345(ADC) - 180,05$ dengan error rata-rata 5,11%.
2. Sensor MQ7 (2) dapat mendeteksi kadar CO pada ruangan dengan mengkonversi nilai ADC menjadi satuan PPM melalui persamaan $PPM = 2,1242(ADC) - 389,33$ dengan error rata-rata 4,19%.
3. Sensor MQ7 (3) dapat mendeteksi kadar CO pada ruangan dengan mengkonversi nilai ADC menjadi satuan PPM melalui persamaan $PPM = 1,6321(ADC) - 223,06$ dengan error rata-rata 4,14%.
4. Sensor MQ7 (4) dapat mendeteksi kadar CO pada ruangan dengan mengkonversi nilai ADC menjadi satuan PPM melalui persamaan $PPM = 1,6974(ADC) - 207,56$ dengan error rata-rata 4,17%.
5. Pada pengujian driver semakin tinggi nilai PWM yang diberikan, maka tegangan keluaran driver motor akan semakin tinggi.
6. Hasil pengujian dengan kipas kecepatan penuh dapat membersihkan ruangan prototipe dengan waktu sampling ke 290 atau 2 menit 25 detik dan kadar gas CO tertinggi yang terbaca adalah 175 ppm.
7. Hasil pengujian dengan parameter P dengan $K_p = 1,0$ dapat membersihkan ruangan pada waktu sampling ke 267 atau setling time 2 menit 13,5 detik. Kadar gas CO tertinggi pada ruangan terdeteksi oleh sensor 4 yaitu 176 ppm.
8. Hasil pengujian dengan parameter PI dengan $K_p = 4,2$, $K_i = 0,01$ dapat membersihkan ruangan pada waktu sampling ke 248 atau setling time 2 menit 4 detik. Nilai gas CO tertinggi yang terdeteksi pada pengujian ini adalah sebesar 185 ppm.
9. Hasil pengujian dengan parameter PID dengan $K_p = 3,5$, $K_i = 0,025$, dan $K_d = 0,5$ dapat membersihkan ruangan pada waktu sampling ke 297 atau setling time 2 menit 28,5 detik. Nilai gas CO tertinggi yang terdeteksi pada pengujian ini adalah sebesar 221 ppm.
10. Hasil pengujian seluruh sistem dengan menggunakan metode PID dengan $K_p = 3,5$, $K_i = 0,025$, dan $K_d = 0,5$ lebih menghemat penggunaan Energi listrik sebesar 65,16 % dibandingkan dengan pengujian kipas kecepatan penuh..

REFERENSI

[1] Kaputama, Stmik, JI Veteran No, and Sumatera Utara. 2017. "Implementasi Motode Fuzzy Sugeno Pada Pengendalian Exhoust Fan Sebagai Pembersih Dan Pengatur Udara." MEANS (Media Informasi

Analisa Dan Sistem 2(2):9–13.

- [2] MUHAIMIN ISKANDAR, MENTERI TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI REPUBLIK INDONESIA. 2011. "PERATURAN NILAI AMBANG BATAS FAKTOR FISIKA DAN FAKTOR KIMIA DI TEMPAT KERJA." P. 54 in. JAKARTA.
- [3] Naga, Budiman Banumaxs. 2017. "Perancangan Simulasi Otomatisasi Perubahan Kecepatan Kipas Yang Dipengaruhi Gas CO Dan Suhu Area Parkir Basement." Tesla 19(1):96–107.
- [4] Pohan, I. R. Nurhasmawaty. n.d. "Digitized by USU Digital Library 1." 1–14.
- [5] Pujosakti, Radhitya and Budi Setiyono. 2015. "PENGENDALIAN KADAR GAS CO

PADA RUANG KONTAMINASI ASAP ROKOK." TRANSIENT 4(NO. 2).

- [6] Rosi, Abdillah Alda, Angga Rusdinar St, D. Ph, Erwin Susantost, and D. Ph. 2015. "Perancangan Dan Implementasi Pengendali Kecepatan Exhaust Fan Berbasis Arduino Dengan Sensor Asap Karbon Monoksida." 2(2):2067–74.
- [7] Suryaningsih, S. R. I., Jajat Yuda Mindara, and Sahrul Hidayat. 2017. "Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Gas Co." Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika 1(1):45–50.