

Pengaruh Karbon Monoksida Terhadap Lebar Bukaannya Kaca Otomatis Replika Kabin *Power window*

Yuniarto Agus Winoko^{a,1}, Eka Febrianto^{a,2*}

^aPoliteknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No.9 Jatimulyo, Kota Malang, Indonesia, 65141

¹ yuniarto@polinema.ac.id; ² 2241270001@polinema.ac.id*;

* Penulis Koresponden

INFO ARTIKEL

Histori Artikel

Pengajuan 2026-05-10

Diperbaiki 2026-06-09

Diterima 2026-06-16

Kata Kunci

Arduino Nano,
Emisi,
Power window,
Ventilasi,
Trainer.

ABSTRAK

Kasus kematian akibat gas CO dalam mobil seringkali terjadi. Tujuan penelitian ini yaitu meneliti hubungan konsentrasi gas CO dan ventilasi replika kabin untuk memperoleh lebar bukaannya *power window* paling efektif guna meminimalkan risiko keracunan, serta menerapkannya pada *trainer power window*. Metode berupa perancangan *trainer power window* berbasis mikrokontroler Arduino Nano, pengujian dilakukan secara eksperimental dengan menganalisis secara kuantitatif pengaruh variasi kadar gas CO dan jumlah ventilasi dalam diameter 32 mm terhadap lebar bukaannya kaca otomatis, kemudian data dianalisis dengan metode *Taguchi*. Hasil uji menunjukkan, semakin tinggi kadar gas CO, maka bukaannya kaca akan semakin lebar, bukaannya kaca terlebar 5,8 cm pada kadar gas 25 ppm. Jumlah ventilasi juga berpengaruh, penggunaan terbaik yaitu 1 ventilasi saat kadar CO mencapai 25 ppm. Serta waktu menutup tercepat ketika menggunakan 2 ventilasi pada kadar CO 25 ppm.

ABSTRACT

Keyword

Arduino Nano,
Emissions,
Power window,
Ventilation,
Trainer.

Cases of carbon monoxide (CO) poisoning inside vehicles continue to occur and often result in fatalities. This study aimed to investigate the relationship between CO gas concentration and the ventilation conditions of a cabin replica to determine the most effective power window opening width for minimizing the risk of poisoning, as well as to implement the system in a power window trainer. The research method involved designing and developing a power window trainer based on an Arduino Nano microcontroller. Experimental tests were conducted to quantitatively analyze the effects of variations in CO gas concentration and the number of ventilation openings, each with a diameter of 32 mm, on the automatic window opening width. The collected data were then analyzed using the Taguchi method. The results showed that higher CO gas concentrations resulted in wider window openings, with the maximum opening width reaching 5.8 cm at a CO concentration of 25 ppm. The number of ventilation openings also affected system performance, with the best condition achieved using one ventilation opening when the CO concentration reached 25 ppm. In addition, the fastest window-closing response was obtained when two ventilation openings were used at a CO concentration of 25 ppm.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



1. Pendahuluan

Gas buang kendaraan yang masuk ke dalam kabin dapat terhirup oleh penumpang dan berdampak serius pada kesehatan, kematian akibat keracunan gas karbon monoksida pada mobil kerap kali terjadi terlebih dengan kondisi kaca tertutup rapat. Situs resmi Detik Jateng mencatat, pada 17 Februari 2025 ditemukan suami istri tewas di dalam mobil yang terbukti mengandung gas CO hingga 570 ppm di dalam kabin yang berasal dari kebocoran knalpot kendaraan sehingga kadar COHb dalam darah meningkat tinggi [1] [2]. *World Health Organization* (WHO) menyatakan, kasus kematian akibat karbon monoksida bisa mencapai angka 4,2 juta jiwa per tahun [3]. Gas CO berbahaya karena tidak berbau menyengat ataupun berwarna tetapi sangat beracun [4]. *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) menyatakan toleransi gas CO yaitu 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari, 1500 ppm termasuk kategori membahayakan nyawa atau kesehatan, 1000 ppm per sekian menit menyebabkan 50% kejenuhan *karboksihemoglobin* (COHb) dan berakibat fatal [5].

Bodi mobil sebenarnya juga dilengkapi dengan ventilasi tambahan untuk menjaga kualitas dan sirkulasi udara di dalam kabin [6], tetapi ventilasi tersebut tentunya kurang efektif apabila gas berbahaya yang masuk terlalu banyak. *Dealer Technical Support* PT. Toyota Astra Motor menyatakan, tujuan ditamhakkannya ventilasi pada kabin mobil yaitu supaya tekanan udara di dalam kabin tetap seimbang sehingga kenyamanan penumpang juga tetap terjaga. Gas berbahaya harus segera disirkulasi keluar kabin guna menghindari keracunan yang lebih parah ataupun kematian [7], disinilah pentingnya sistem untuk mempercepat keluarnya gas berbahaya yang jarang disadari tersebut.

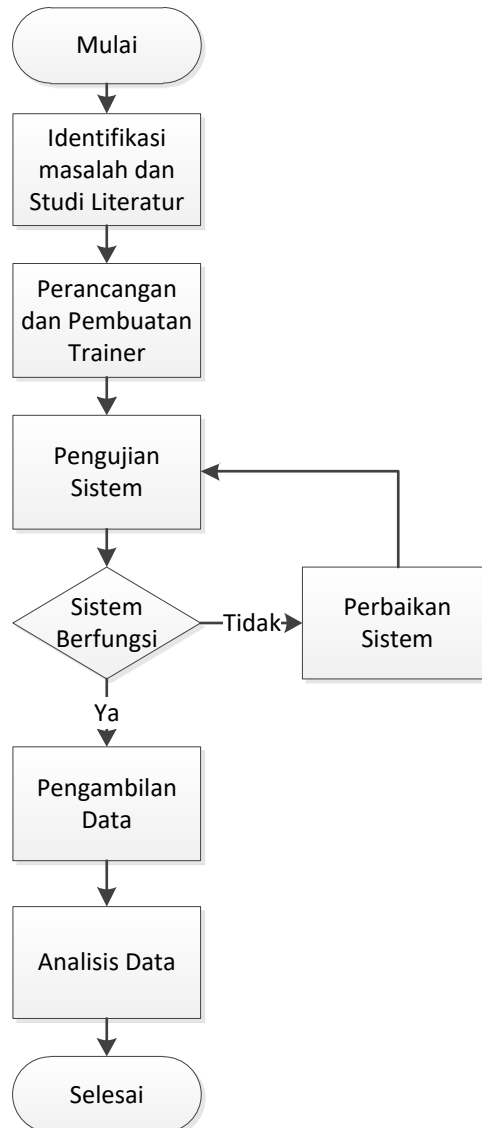
Penelitian ini titik beratnya pada sistem keselamatan tambahan untuk dapat segera mengeluarkan gas berbahaya yang terdapat di dalam kabin mobil [8]. Salah satunya dengan sistem *power window* yang dapat membuka kaca jendela dengan lebar tertentu secara otomatis sesuai konsentrasi emisi gas yang terdeteksi di dalam kabin dan jumlah ventilasi kabin. *Trainer power window* yang dibuat dapat digunakan sebagai media praktikum yang lebih menarik dan aplikatif, karena *trainer* memiliki peran penting sebagai penunjang praktikum dan pemahaman kinerja dari sebuah sistem dengan lebih detail [9].

Penelitian terdahulu terkait pengontrolan *power window* berdasarkan kadar gas terutama CO sudah ada, tetapi masih terdapat beberapa *research gap* yang bisa diteliti lebih lanjut. Penelitian oleh Prasetyawan dan Widianoro (2020) belum menggunakan gas CO yang berasal dari gas buang kendaraan secara langsung, belum mempertimbangkan ventilasi pada kabin. Beberapa penelitian lainnya juga hanya untuk monitoring kadar gas, dan belum didesain menjadi *trainer* sebagai bahan ajar praktikum. Berbeda dari penelitian terdahulu, penelitian ini lebih memperhatikan gas yang berasal dari gas buang kendaraan secara langsung, bukan hanya gas CO yang berasal dari asap rokok maupun gas CO pabrikan, menggunakan variasi jumlah ventilasi untuk mengetahui bagaimana pengaruh adanya ventilasi replika kabin terhadap kinerja *power window* otomatis tersebut, serta sistem diterapkan dalam bentuk *trainer* pembelajaran dengan ukuran besar sehingga dapat digunakan sebagai tambahan media pembelajaran untuk memahami bagaimana interaksi sistem otomasi dengan sistem *power window* mekanis bekerja.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis berupa pengembangan pemahaman mengenai hubungan antara kadar gas CO yang berasal dari gas buang kendaraan dan penggunaan jumlah ventilasi pada replika kabin terhadap kinerja dari sistem *power window* otomatis, serta secara praktis diharapkan bisa menjadi referensi bagi siapapun yang ingin memahami bagaimana cara kerja dari sebuah sistem *power window* dan bagaimana cara mengintegrasikannya dengan sistem mikrokontroler berupa Arduino khususnya bagi para mahasiswa dan pelajar yang ingin mempelajari lebih lanjut tentang sistem mikrokontroler.

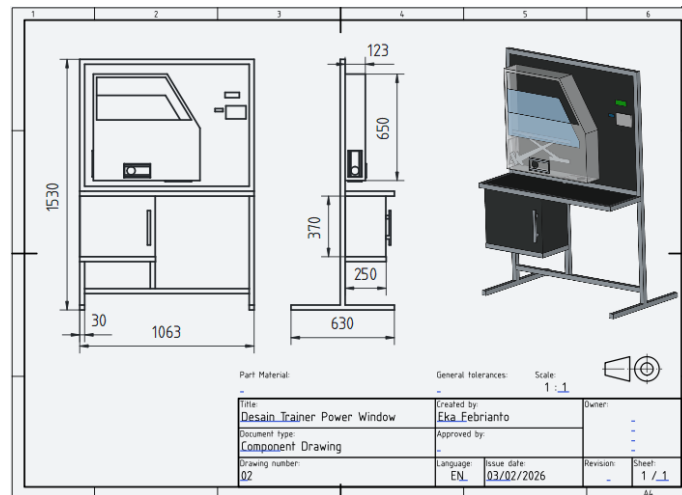
2. Metode

Alur pelaksanaan penelitian ini digambarkan dalam diagram *flowchart* yang memberikan gambaran sistematis mengenai tahapan penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

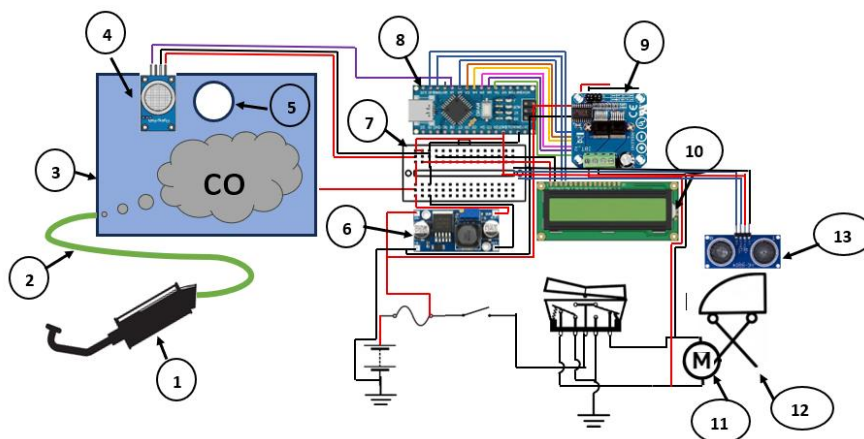
Gambar 1 merupakan diagram alir dari penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif, dengan mengambil data secara pengujian eksperimental, mengukur lebar bukaan kaca yang bekerja secara otomatis pada berbagai konsentrasi gas CO dan jumlah ventilasi. Untuk setiap kondisi variabel bebas dilakukan pengujian sebanyak lima kali untuk memperoleh data lebar bukaan kaca otomatis (cm). Analisis data menggunakan metode *Taguchi* untuk mencari variabel mana yang memberikan pengaruh paling signifikan pengolahan datanya dengan menguji pengaruh konsentrasi gas CO, jumlah penggunaan ventilasi [10], dan pengaruhnya terhadap lebar bukaan kaca. Pengolahan dan visualisasi hasil menggunakan perangkat lunak *Minitab* yang tersaji dalam tabel dan grafik interaksi antar variabel.



Gambar 2. Desain Trainer Power window

Gambar 2 menunjukkan perancangan alat yang bertujuan untuk memudahkan dalam proses pembuatan *trainer power window*, untuk mengetahui ukuran pasti dari *trainer* yang akan dibuat [11]. Desain ini berfokus pada desain mekanis berupa struktur fisik dan susunan komponen *trainer power window*. Perancangan tiga dimensi dilakukan untuk menentukan letak komponen seperti ukuran replika kabin serta posisi penempatannya, posisi ventilasi pada replika kabin, mikrokontroler yaitu Arduino Nano, posisi penempatan LCD I2C Display, *Stepdown* Arduino, Sensor MQ-7, sensor ultrasonik HC-SR04, dan sistem kelistrikan tambahan berupa relay dan rumah sekering. Perancangan dilakukan menggunakan *software* Freecad agar sesuai dengan ukuran alat yang sebenarnya dan dapat diterapkan dengan stabil.

Sistem *power window* otomatis ini memiliki beberapa komponen dalam sistem kontrolnya, yaitu: *Stepdown* untuk Arduino, Arduino Nano sebagai mikrokontroler, beberapa sensor seperti sensor MQ-7, *motor driver* BTS 7960 untuk mengatur kinerja motor [12], serta LCD I2C untuk menampilkan kadar gas dan lebar bukaan kaca yang terdeteksi. Rangkaian elektronik sistem *power window* otomatis ditunjukkan pada gambar 3 dan keterangan gambar sesuai tabel 1.



Gambar 3. Setting Peralatan Penelitian

Tabel 1. Tabel Keterangan Komponen

No	Keterangan	No	Keterangan
1	Knalpot sepeda motor	8	Arduino nano
2	Selang spiral	9	Motor Driver BTS 7960
3	Replika kabin akrilik	10	LCD display
4	Sensor MQ-7	11	Motor <i>power window</i>
5	Ventilasi replika kabin	12	Regulator kaca jendela
6	Stepdown Arduino	13	Sensor jarak HC-SR04
7	Breadboard		

Prinsip kerja sistem yaitu dengan menghubungkan *stepdown* LM2596 ke sumber tegangan berupa aki 12 volt, yang berfungsi sebagai penurun daya dari 12 volt menjadi 5 volt untuk tegangan suplai Arduino Nano [13]. Arduino menjalankan program berupa kode pemrograman yang secara otomatis memproses perintah untuk mengaktifkan sensor MQ-7 dan sensor ultrasonik. Saat konsentrasi gas terdeteksi oleh sensor MQ-7 dan mencapai konsentrasi tertentu, Arduino akan memerintahkan *motor driver* BTS 7960 untuk mengaktifkan motor *power window* yang berfungsi membuka dan menutup kaca jendela.

3. Hasil dan Analisis

Berikut ini merupakan penjelasan dari hasil alat, hasil pengujian, serta analisis data hasil penelitian yang dijelaskan dalam bentuk paragraf, grafik dan gambar agar lebih mudah untuk dipahami.

3.1 Hasil Alat

Konstruksi alat peraga sistem *power window* dirancang dalam bentuk trainer yang bertujuan sebagai alat praktikum *power window* bagi mahasiswa. Trainer ini terbuat dari papan akrilik yang terdiri dari replika kabin yang terbuat dari akrilik transparan, sistem kelistrikan yang terdiri dari relay, sekring, kunci kontak, dan perkabelan seperti pada gambar 4. Selain sebagai komponen tersebut, *trainer* juga dilengkapi dengan sistem mikrokontroler berbasis Arduino Nano yang mencakup sensor MQ7, sensor ultrasonik, *stepdown* Arduino, dan *motor driver*. Trainer ini dilengkapi dengan *jack banana*, buku pedoman penggunaan *trainer*, serta *barcode* yang dapat dipindai untuk mendapatkan materi pembelajaran yang lebih fleksibel dari masing masing gadget mahasiswa. Sistem perkabelan menggunakan *jack banana* yang bertujuan agar *trainer* tersebut bisa dibuat eksperimen ketika melakukan kegiatan pembelajaran sehingga tidak hanya memperhatikan gambar *wiring* [14], tetapi juga dapat melakukan perakitan *wiring diagram power window* secara langsung.



Gambar 4. Hasil Alat Penelitian

3.2 Pengujian Alat

Pengujian sistem ini bertujuan untuk memastikan bahwa keseluruhan sistem baik sistem elektrikal maupun mekanis dapat berfungsi sesuai dengan yang telah direncanakan sebelumnya. Arduino Nano yang digunakan merupakan Arduino yang telah selesai dilakukan pemrograman sesuai dengan alat yang dibuat, gambar 5, merupakan proses pengujian alat yang telah dilakukan.



Gambar 5. Proses Pengujian Alat

Langkah awal sebelum dilakukan pengujian adalah mengkalibrasi terlebih dahulu sensor MQ7 sesuai dengan pedoman *datasheet* yakni mengganti terlebih dahulu RL (*Resistance Load*) bawaan pabrik sebesar 1K Ohm diganti menjadi 10K Ohm sesuai dengan saran di *datasheet* sensor tersebut [15]. Setelah dilakukan penggantian RL menjadi 10K ohm, berikan sensor MQ7 tegangan 5V selama 48 jam sebelum dilakukan proses pengkalibrasian, dengan catatan proses kalibrasi harus dilakukan pada ruangan dengan udara bersih untuk dapat mengetahui nilai RO secara akurat. Setelah selesai dilakukan kalibrasi sensor, maka lakukan pemasangan sensor ke *trainer power window* yang telah dibuat dan hubungkan pin-pinsensor ke pin Arduino sesuai dengan pemrograman. Pengujian dilakukan pada ruangan bebas asap yang dapat berpotensi mengganggu proses pengujian. Pengujian dilakukan dengan cara menyiapkan terlebih dahulu hal yang diperlukan seperti aki, *trainer power window*, dan sepeda motor untuk proses pengujian. Tahap pertama yang dilakukan yaitu menghubungkan Arduino ke *power supply*, dan jangan terlebih dahulu menghubungkan kabel *motor driver* ke aki 12V karena sensor masih belum membaca secara akurat sehingga dapat menyebabkan kinerja motor tidak sesuai. Setelah Arduino dihubungkan ke *power supply*, maka sistem Arduino (rangkaian Arduino) aktif, biarkan terlebih dahulu sistem Arduino tersebut menyala 30 menit hingga 1 jam untuk melakukan *preheating* sensor. Sensor MQ7 perlu dilakukan *preheating* untuk memastikan sudah dapat membaca kadar ppm di udara dengan lebih sensitif dan presisi [16]. Setelah proses *preheating* selama 30 menit – 1 jam selesai dilakukan, maka hubungkan kabel B+ dan B- dari *motor driver* L298N ke kutub negatif dan positif baterai sehingga motor *power window* dapat mulai berkerja. Tahap selanjutnya adalah menyiapkan sepeda motor yang akan digunakan untuk proses pengujian yaitu sepeda motor matic 150 cc injeksi dengan menggunakan putaran mesin *idle*. Setelah *preheating* sensor selesai dan terminal *motor driver* dihubungkan, pasang selang spiral dari replika kabin ke knalpot motor untuk pengujian dan kencangkan klem agar tidak terjadi kebocoran pada sambungan selang di knalpot.

3.3 Hasil Pengujian

Berikut ini merupakan dokumentasi dan penjelasan dari proses pengujian yang telah dilakukan. Pengujian alat digolongkan menjadi 2 jenis yaitu tanpa suplai gas buang kendaraan dan dengan disuplai gas buang dari kendaraan.

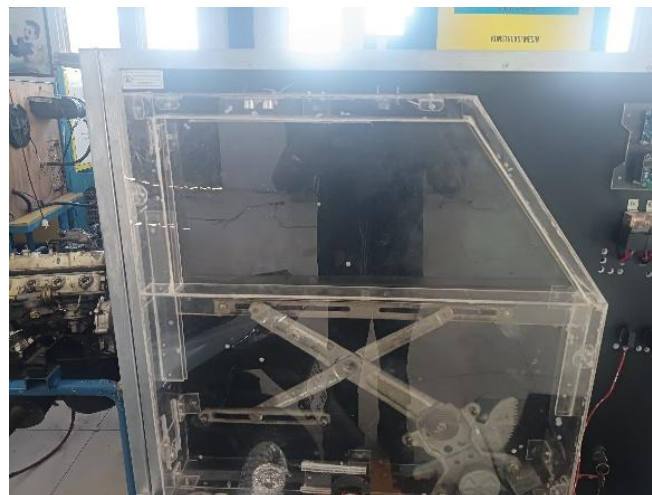
3.3.1 Pengujian Tanpa Suplai Gas Buang

Pengujian tanpa gas buang ini berarti selang dari replika kabin tidak dihubungkan ke knalpot kendaraan dan dengan ruangan terbebas dari asap polutan.



Gambar 6. Kadar Gas Aman

Gambar 6 merupakan hasil deteksi sensor MQ 7 terhadap kadar gas CO dalam satuan ppm dan hasil pembacaan sensor ultrasonik, kondisi ini merupakan konsentrasi kadar gas CO sebelum replika kabin diberikan suplai gas buang dari knalpot kendaraan. LCD Display I2C menunjukkan pembacaan gas CO yaitu 5,63 ppm serta bukaan kaca jendela sebesar 1,7 cm.



Gambar 7. Kondisi Kaca Tertutup

Gambar 7 merupakan posisi kaca jendela sesuai dengan pembacaan konsentrasi CO (gambar 6). Kaca jendela replika kabin dalam kondisi tertutup karena kadar gas CO masih dalam batas aman (dibawah 10 ppm), sehingga sistem kontrol tidak akan menjalankan motor *power window* untuk membuka kaca jendela.

3.3.2 Pengujian Dengan Suplai Gas Buang



Gambar 8. Kadar Gas Diatas Batas Aman

Gambar 8 menunjukkan pembacaan sensor MQ7 yang menunjukkan konsentrasi gas CO mencapai angka 23,41 ppm dan sensor ultrasonik mendeteksi lebar bukaan kaca jendela sebesar 5,8 cm yang ditampilkan oleh LCD I2C Display untuk mempermudah pembacaan data.



Gambar 9. Kondisi Kaca Terbuka

Gambar 9 menunjukkan posisi kaca jendela replika kabin yang terbuka. Kaca jendela terbuka karena sensor MQ 7 mendeteksi adanya kadar CO yang berlebih dalam replika kabin (mencapai 23,41 ppm) yang ditunjukkan oleh gambar 6, sehingga sistem otomatis akan memberikan perintah kerja kepada motor *power window* untuk membuka kaca jendela.

3.4 Data Hasil Pengujian

Berikut ini hasil pengujian yang menunjukkan bagaimana pengaruh kadar gas CO dan penggunaan jumlah ventilasi (0,1, atau 2 ventilasi terbuka, dengan diameter 32 mm) terhadap lebar bukaan kaca pada *trainer power window*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pada Trainer *Power window* Otomatis

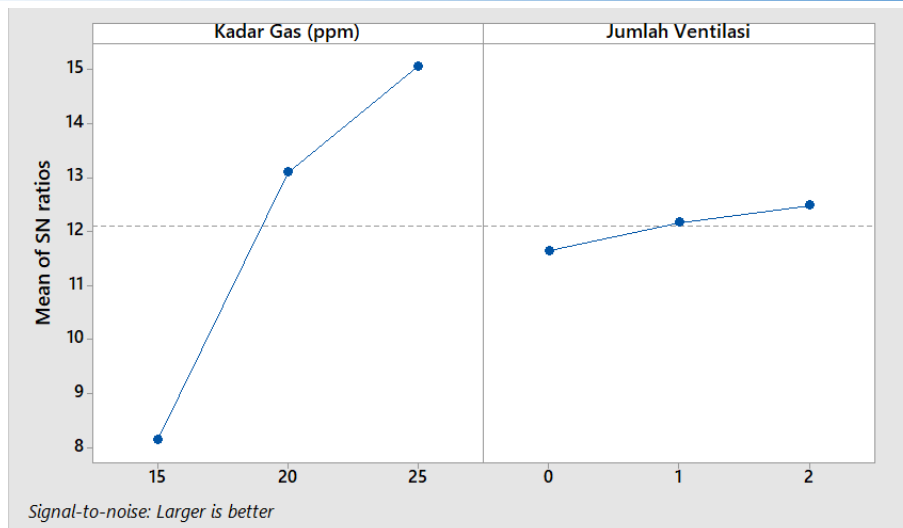
No	Kadar Gas CO (ppm)	Jumlah Ventilasi	Lebar Bukaan Kaca (cm)	Waktu Tercapainya Kadar Gas (s)	
				Untuk Membuka	Untuk Menutup
1	15	0	2,3	5	102
		1	2,6	5	130
		2	2,6	6	159
2	20	0	4,4	25	182
		1	4,4	24	293
		2	4,7	23	294
3	25	0	5,4	70	227
		1	5,7	105	344
		2	5,8	80	343

Hasil pengujian sistem *power window* otomatis berdasarkan tingkat kadar gas CO dalam satuan ppm (*parts per million*) dan jumlah penggunaan ventilasi replika kabin pada *trainer power window* ditunjukkan pada Tabel.1 diatas. Pada kolom nomor 1 menunjukkan pada kadar gas CO 15 ppm dengan berbagai variasi penggunaan jumlah ventilasi menunjukkan bukaan kaca rata rata ada pada 3 cm. Terdapat beberapa anomali data (data yang memiliki penyimpangan nilai cukup jauh dari data lainnya) dikarenakan beberapa hal seperti sirkulasi gas CO yang tergeser oleh aliran udara dari luar replika kabin karena penggunaan ventilasi, adanya sedikit delay sistem pada saat pembacaan sensor terhadap gas CO, serta pendistribusian gas CO yang kurang merata karena gas CO yang digunakan bukan berasal dari tabung gas melainkan dari saluran buang (knalpot) sepeda motor) dimana kadar CO juga dipengaruhi oleh pembakaran mesin sepeda motor itu sendiri. Berikut ini merupakan tabel analisis statistik hasil dari pengujian Taguchi untuk pengaruh kadar gas CO dalam satuan ppm dan penggunaan jumlah ventilasi replika kabin terhadap lebar bukaan kaca *power window*.

Tabel 2. Response Table for Signal to Noise Ratios (*Larger is better*)

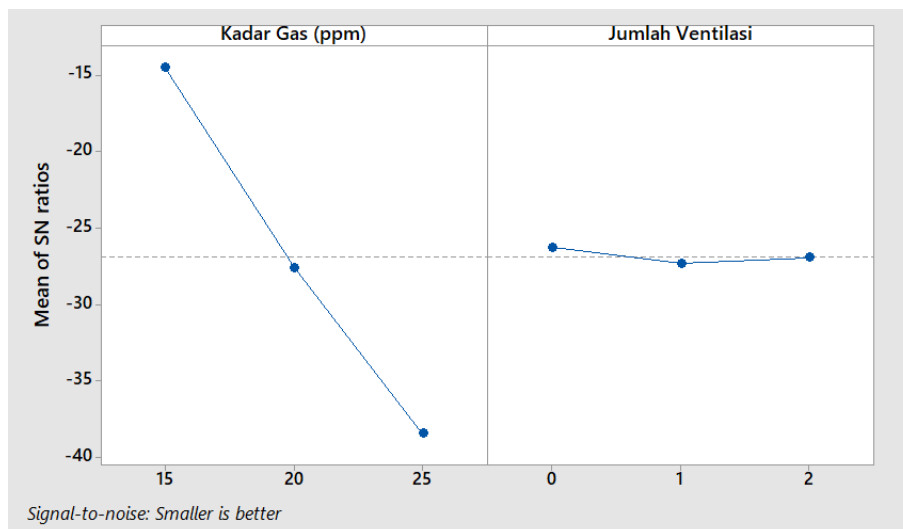
Level	Kadar Gas CO (ppm)	Jumlah Ventilasi
1	8,131	11,641
2	13,097	12,168
3	15,067	12,487
Delta	6,937	0,846
Rank	1	2

Dari tabel 2 didapatkan nilai delta 6,937 untuk kadar gas CO, dan nilai delta 0,846 untuk jumlah ventilasi . Nilai delta terbesar merupakan faktor yang paling dominan dari semua faktor, maka kombinasi optimum yaitu pada kadar gas 25 ppm dengan 2 ventilasi terbuka.



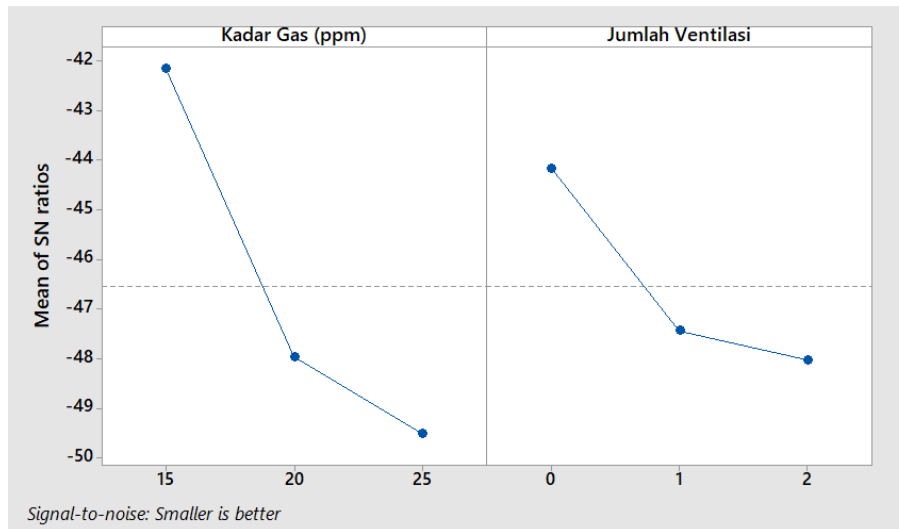
Gambar 10. Grafik Respon Lebar Bukaannya Kaca

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan dan dari tabel 2, dilakukan analisis data menggunakan metode *Taguchi* dan menggunakan *software* Minitab didapatkan grafik seperti gambar 10. Karakteristik data menggunakan tipe *larger is better*, grafik menunjukkan bahwa pada kadar gas CO berpengaruh sangat signifikan terhadap lebar bukaan kaca. Artinya, semakin tinggi kadar gas CO, kaca akan membuka semakin lebar dan itu semakin baik. Grafik pada ventilasi juga menunjukkan bahwa jumlah penggunaan ventilasi berpengaruh terhadap lebar bukaan kaca, akan tetapi tidak begitu signifikan.



Gambar 11. Grafik Waktu Tercapainya Kadar PPM Untuk Membuka Kaca

Grafik pada gambar 11 menunjukkan grafik hasil analisis data dengan metode Taguchi, karakteristik dari grafik tersebut menggunakan tipe karakteristik data *small is better* yang berarti semakin kecil nilai S/N rasio maka semakin baik data tersebut. Grafik diatas menunjukkan bahwa faktor untuk mendapatkan waktu tercepat membuka kaca yaitu saat kadar gas mencapai 25 ppm dengan menggunakan 1 ventilasi terbuka.



Gambar 12. Grafik Waktu Tercapainya Kadar PPM Untuk Menutup Kaca

Grafik pada gambar 12 menunjukkan bagaimana pengaruh kadar gas CO dalam satuan ppm dan penggunaan jumlah ventilasi pada replika kabin terhadap waktu tercapainya kadar gas aman sehingga kaca menutup otomatis. Grafik tersebut menggunakan karakteristik *small is better* maka semakin kecil nilai S/N ratio maka menunjukkan hasil yang semakin baik dari variabel tersebut. Grafik diatas menunjukkan bahwa waktu tercepat kadar gas co untuk menutup kaca kembali didapatkan saat nilai CO mencapai 25 ppm dengan 2 ventilasi yang terbuka.

3.5 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi antara tingkat kadar CO dalam satuan ppm dan penggunaan jumlah ventilasi kabin dengan lubang diameter 32 mm dengan menggunakan bantuan sensor MQ-7 dan sensor ultrasonik HC-SR04 pada sistem berbasis Arduino Nano dapat menjalankan mekanisme otomatisasi *power window* berdasarkan tingkat kadar gas yang terdeteksi. Sistem ini mampu membuka kaca jendela pada replika kabin *trainer power window* sesuai dengan tingkat kadar CO yang terdeteksi dan menutup kembali saat kadar CO telah mencapai batas aman. Dengan adanya sistem *power window* otomatis ini jendela akan langsung membuka jika CO melebihi batas aman.

Dari sisi kinerja sistem, hasil pengujian memperlihatkan bahwa kadar gas CO yang terdeteksi (dalam satuan ppm) memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap lebar bukaan kaca (dalam satuan cm) pada replika kabin *trainer* dengan hasil pengujian rentang bukaan kaca 2,3 hingga 5,8 cm dengan rata rata bukaan 2,5 cm pada kadar CO 15 ppm, 4,5 cm pada kadar CO 20 ppm, dan 5,6 cm pada kadar CO 25 ppm. Sedangkan untuk penggunaan jumlah ventilasi kabin tidak begitu berpengaruh terhadap lebar bukaan kaca *trainer power window*. Selain itu, lama waktu tercapainya kadar gas juga dipengaruhi oleh tingkat kadar CO dan semakin banyak jumlah ventilasi yang dibuka maka akan mempercepat waktu tercapainya gas CO karena posisi *trainer* dalam kondisi diam sehingga ventilasi yang terbuka berpotensi menambah gas CO dari udara luar. Dari hasil penelitian didapatkan hasil lamanya waktu untuk mencapai kadar gas mulai dari lima hingga 105 detik. Untuk waktu menutupnya kaca, didapatkan hasil mulai dari 102 hingga 344 detik. Sistem ini masih perlu dilakukan peningkatan seperti penggunaan sensor gas CO yang lebih akurat, untuk selang dari knalpot menggunakan selang yang polos bukan berbentuk spiral agar gas buang dari kendaraan uji dapat tersalurkan dengan lancar, serta penambahan kipas *exhaust* untuk mempercepat turunnya kadar gas CO pada replika kabin akrilik.

Trainer power window ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Implementasi fitur tambahan seperti penggunaan ventilasi yang lebih baik, penambahan fitur *blower* untuk mempercepat turunnya kadar gas, penggunaan mekanisme *power window* yang lebih sesuai (seperti motor dan regulator *power window*), dan sistem *data logger* yang lebih memudahkan. Penambahan sistem alarm/*buzzer* untuk peringatan dapat meningkatkan aspek keselamatan.

4. Simpulan

Sistem *trainer power window* otomatis berdasarkan kadar gas CO ini menggunakan kombinasi sensor MQ-7 untuk deteksi kadar CO di udara, dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur lebar bukaan kaca pada *trainer power window*. Sensor tersebut terhubung dengan Arduino Nano sebagai kontroler untuk menjalankan sistem otomatisasi dan mengendalikan motor *power window* sebagai penggerak utama kaca jendela. Dengan prinsip kerja membuka kaca jendela pada lebar tertentu sesuai dengan tingkatan kadar CO yang terdeteksi, serta menutup kaca jendela kembali ketika kadar CO telah mencapai batas aman untuk manusia (sekitar 10 ppm). Hasil pengujian mendapatkan hasil berupa rata-rata bukaan kaca 2,5 cm pada kadar CO 15 ppm, 4,5 cm pada kadar CO 20 ppm, dan 5,6 cm pada kadar CO 25 ppm. Penggunaan jumlah ventilasi menunjukkan hasil bahwasannya respon waktu tercepat untuk membuka kaca didapatkan dengan menggunakan 1 ventilasi terbuka, dan waktu tercepat untuk menurunkan gas kembali untuk menutup kaca yaitu dengan menggunakan 2 ventilasi terbuka. Kadar CO dikatakan aman yaitu saat turun dan telah mencapai angka di kisaran 10 ppm sehingga kaca jendela akan menutup kembali secara otomatis. Penelitian ini menunjukkan keberhasilan sistem *power window* otomatis ini bergantung pada keakuratan sensor, penggunaan mekanisme *power window* yang sesuai, serta penempatan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak harus sesuai dengan datasheet (tidak boleh terlalu dekat maupun terlalu jauh dengan media yang diukur jaraknya, dalam hal ini yaitu kaca jendela).

Pengakuan dan Penghargaan

Peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada Politeknik Negeri Malang, khususnya Politeknik Negeri Malang PSDKU Lumajang beserta seluruh akademisi yang telah mendukung segala hal terkait penelitian ini baik secara administrasi maupun hal lain yang berkaitan dengan kebutuhan penelitian ini sehingga dapat terlaksana dan membuahkan hasil seperti yang diharapkan.

Referensi

- [1] E. Susanto, "Polisi Pastikan Pasutri Tewas dalam Mobil di Magelang Keracunan Gas CO," *Detik Jateng*. Accessed: Jan. 10, 2026. [Online]. Available: <https://www.detik.com/jateng/berita/d-7889871/polisi-pastikan-pasutri-tewas-dalam-mobil-di-magelang-keracunan-gas-co>
- [2] N. Elolemy, S. Ahmed, Y. Hafez, and H. Elbana, "Effect of Nursing-directed Protocol on the Occurance of Hypoglycemic Episodes among Patients at Medical Intensive Care Unit," *Tanta Sci. Nurs. J.*, vol. 31, no. 4, pp. 65–86, 2023, doi: 10.21608/tsnj.2023.328655.
- [3] C. Patniawati, Aa. A. F. Rizal, Z. Astuti, and N. W. W. Asthiningsih, "Efektifitas pendidikan kesehatan pertolongan pertama kecelakaan terhadap pengetahuan tentang keracunan makanan dan gas karbon monoksida (co) siswa kelas xi," *J. Pengabd. Masy. Nusant.*, vol. 2, no. 2, pp. 78–83, 2023.
- [4] V. V Raming, J. M. L. Umboh, and F. Warouw, "Literature Review: Gambaran Risiko Kesehatan pada Masyarakat akibat Paparan Gas Karbon Monoksida (CO)," *Kesmas*, vol. 11, no. 4, pp. 95–101, 2022.
- [5] Zaenab and N. Azizah, "Risiko Paparan Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) Terhadap Kesehatan Ibu dan Anak: Literature Review," *Care J.*, vol. 4, no. 2, pp. 6–13, 2025, [Online]. Available:

- <https://jurnalstikestulungagung.ac.id/index.php/care/article/view/200>
- [6] A. Lutfi and B. Harjanto, "Analisis Pengkondisian Udara Ac Terhadap Beban Pendingin Pada Mobil Daihatsu Ferosa," *J. Mek.*, vol. 11, no. 1, pp. 56–73, 2023.
- [7] R. F. Syofian, Suzuki; Setiawan, Aji; Siregar, "Deteksi dan Monitoring Gas Beracun Carbon Monoksida (CO) Pada Kabin Kendaraan Tua (Odometer > 300k km) dan Hubungannya Terhadap Kepadatan Kendaraan Dengan Metode Fuzzy Suzuki Syofian , Aji Setiawan , Rolan Siregar , Fathan Abstrak," *Unsada*, vol. VIII, no. 1, 2021.
- [8] N. Anwar, R. R. Saputra, and A. Ichwani, "Internet Of Things Monitoring Sistem Deteksi Gas Carbon Monoksida (CO) Pada Kabin Mobil," *Format J. Ilm. Tek. Inform.*, vol. 11, no. x, pp. 45–54, 2022.
- [9] R. S. Lestari and W. D. Kurniawan, "Pengaruh Media Pembelajaran Trainer Kelistrikan Body Mobil Terhadap Hasil Belajar Siswa di SMKN 2 Surabaya," *J. Vocat. Tech. Educ.*, vol. 5, pp. 93–101, 2023.
- [10] W. Purwanto, F. Afif, R. Lapisa, D. Yuvenda, M. Y. Setiawan, and H. D. Saputra, "Optimization Of Use Types Of Plug , Oil , And Ethanol Fuel Mixture Of Gasoline To Increase Temperature And Mileage Of 4 Stroke Motorcycle With Taguchi Method Optimasi Penggunaan Jenis Busi , Oli , Dan Campuran Ethanol Bensin Terhadap Peningkatan Suhu Dan," *AEEJ J. Automot. Eng. Vocat. Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 79–92, 2022.
- [11] A. Terminanto, R. Reswati, and V. D. Putra, "Studi Kelayakan dan Implementasi Perangkat Lunak Computer Aided Design Opensource Freecad Sebagai Pengganti Autocad dan Solid Works dalam Kuliah Di Teknik Industri Universitas Pancasila," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, pp. 7989–7999, 2023.
- [12] T. E. S, I. T. N. Malang, and M. Indonesia, "Perancangan Pwm Voltage Controller Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Dc Shunt Mobil Listrik," vol. 08, no. 2, pp. 23–33, 2024.
- [13] A. Pratama, Widho Ralenza; Yulianti, Bekti; Sugiharto, "Prototipe Smart Parking Modular Berbasis Internet Of Things," *J. Teknol. Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 52–60, 2022.
- [14] D. T. Laksono *et al.*, "Implementasi Kendali Berurutan Berbasis Limit Switch Pada Modul Praktikum Plc Omron Cp1e Untuk Pembelajaran Otomasi Industri," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 14, no. 1, pp. 270–277, 2026.
- [15] D. Din, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Thingspeak Dan Website," *Dr. Diss. Univ. Hasanudin*, 2023.
- [16] F. Marwita, "Sistem Monitoring Sirkulasi Udara Pada Ruang Dapur Hotel," *SINUSOIDA*, vol. XXIII, no. 1, pp. 32–39, 2021.



Yuniarto Agus Winoko, S.T., M.T lahir di Kota Surabaya, 1 Juni 1963, Memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 1993 dan melanjutkan studi Magister Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yang diselesaikannya pada tahun 2008 Beliau merupakan akademisi dan peneliti di Politeknik Negeri Malang yang aktif dalam bidang teknik dengan minat penelitian khususnya sistem otomasi, motor bakar, daya, hingga emisi.

Alamat Email: yuniarto@polinema.ac.id



Eka Febrianto lahir di Kabupaten Banyuwangi, 15 Februari 2004, saat ini sedang menempuh pendidikan Diploma IV di Politeknik Negeri Malang PSDKU Lumajang, Jawa Timur, dengan perkiraan masa studi hingga 2026. Eka aktif mengikuti berbagai kegiatan baik akademis maupun non akademis seperti Program Mahasiswa Wirausaha (PMW), Program Kreativitas Mahasiswa (PKM), serta menjadi peserta dalam Lomba Nasional Kontes Mobil Hemat Energi 2024 di Sirkuit Karnaval Ancol, Jakarta. Minat penelitiannya meliputi sistem Mikrokontroler, Desain CAD, dan Teknologi Otomotif.

Alamat Email: 22241270001@polinema.ac.id