

Rancang Bangun Sistem Pengendalian Kualitas Kondisi Ruangan Ideal Berbasis Arduino Uno Dengan Metode *Fuzzy logic*

Suhud Dede Nur Syahuda^{1*}, Balok Hariadi¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118
E-mail: dede.syahuda15@gmail.com

Naskah Masuk: 14 Juli 2023; Diterima: 28 Agustus 2023; Terbit: 31 Maret 2024

ABSTRAK

Abstrak - Pencemaran udara dalam ruangan menjadi penyebab dari berbagai penyakit. Aspek terbanyak pemicu buruknya mutu hawa dalam ruang merupakan ketidak lancaran perputaran hawa serta terdapatnya zat polutan. Polutan sendiri dipecah jadi 3 tipe ialah polutan kimia, polutan raga, polutan biologis. Dari tiga jenis polutan tersebut polutan fisik yang menjadi masalah di lingkungan kerja proyek. Salah satu contohnya adalah asap rokok, dikarenakan banyak pekerja yang masih banyak merokok didalam ruangan tertutup. Di Indonesia perokok aktif nyaris menggapai 61,4 juta jiwa, perihal ini berbanding lurus dengan perokok pasif ataupun orang lain yang terpapar asap dari perokok aktif. Telah semestinya perihal ini mengkhawatirkan untuk kesehatan sebab rokok memiliki bermacam berbagai zat yang mengganggu kesehatan. Terlebih orang yang tidak merokok terserang akibat dari menghisap asap rokok. Begitu juga dengan temperatur udara didalam ruangan dalam menjaga kenyamanan saat bekerja maupun beristirahat. Berdasarkan masalah tersebut, maka di buat rancangan sistem pengendalian kualitas kondisi ruangan yang menggunakan metode *fuzzy logic* berbasis arduino. Hal ini dilakukan dengan mengatur kecepatan kipas yang di jalankan dengan AC *dimmer module* sesuai kadar udara yang terdeteksi pada sensor MQ-7 dan sensor suhu LM35. Hal ini diharapkan dapat menjaga kualitas udara yang ada didalam ruangan.

Kata kunci: Sensor MQ-7, Sensor LM35, Arduino UNO, AC Dimmer Module, Fuzzy logic

ABSTRACT

Abstract - Indoor air pollution is the cause of various diseases. The most common cause of poor indoor air quality is poor air circulation and the presence of pollutants. Pollutants themselves are broken down into 3 types, namely chemical pollutants, physical pollutants, and biological pollutants. Of the three types of pollutants, physical pollutants are a problem in the project work environment. One example is cigarette smoke, because many workers still smoke a lot indoors. In Indonesia, there are almost 61.4 million active smokers, this is directly proportional to passive smokers or other people who are exposed to smoke from active smokers. This should be a concern for health because cigarettes contain various substances that can interfere with health. Moreover, people who do not smoke are affected by the consequences of inhaling cigarette smoke. Likewise with the air temperature in the room in maintaining comfort while working or resting. Given these problems, a room condition quality control system was designed using Arduino-based fuzzy logic methods. This is done by adjusting the fan speed which is run by the AC dimmer module according to the air content detected on the MQ-7 sensor and LM35 temperature sensor. This is expected to maintain the air quality in the room.

Keywords: Sensor MQ-7, Sensor LM35, Arduino UNO, AC Dimmer Module, Fuzzy logic

Copyright © 2024 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Pencemaran udara dalam ruangan menjadi penyebab dari berbagai penyakit. Faktor terbesar kualitas udara dalam ruangan yang buruk adalah sirkulasi udara yang buruk dan adanya pencemaran. Pencemaran itu sendiri terbagi menjadi tiga jenis yaitu pencemaran kimia, pencemaran fisik dan pencemaran biologi [1]. Dari tiga jenis polutan tersebut polutan fisik yang menjadi masalah di lingkungan kerja proyek. Salah satu contohnya adalah asap rokok, dikarenakan banyak pekerja yang masih banyak merokok didalam ruangan tertutup. Efek bahaya rokok memang kuno dan klasik, asap rokok menjadi penyebab banyak

penyakit. Efek paling serius adalah terjadi keracunan secara langsung terhadap sel-sel tersebut, juga menyebabkan gangguan pada sistem saraf yang dapat menyebabkan kematian [2].

Salah satunya adalah alat kontrol kualitas ruangan ideal yang diolah oleh Arduino dan dilengkapi dengan metode *fuzzy logic* agar alat tersebut bekerja secara otomatis. Sistem ini dirancang untuk menghisap asap yang ada didalam ruangan. Sistem ini bekerja dengan mengatur kecepatan kipas sesuai jumlah asap yang di akibatkan oleh rokok sampai sensor tidak mendeteksi asap rokok di dalam ruangan [3].

Pengendalian kualitas bukan hanya digunakan untuk mendeteksi kondisi udara di dalam ruangan, tetapi juga dapat menekan seminimal mungkin pencemaran udara dalam ruangan. Dengan melakukan pengendalian kondisi ruangan, diharapkan dapat terkendali sehingga manusia yang di dalamnya dapat beraktivitas dan beristirahat dengan nyaman [4].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Bahaya Gas Karbon Monoksida

Gas CO dianggap sebagai polutan yang sangat berbahaya bagi manusia, sehingga konsentrasinya di udara harus dikurangi. Gas CO sangat berbahaya karena dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada konsentrasi yang relatif rendah yaitu <100 ppm [5].

2.2. Suhu Ideal Dalam Ruangan

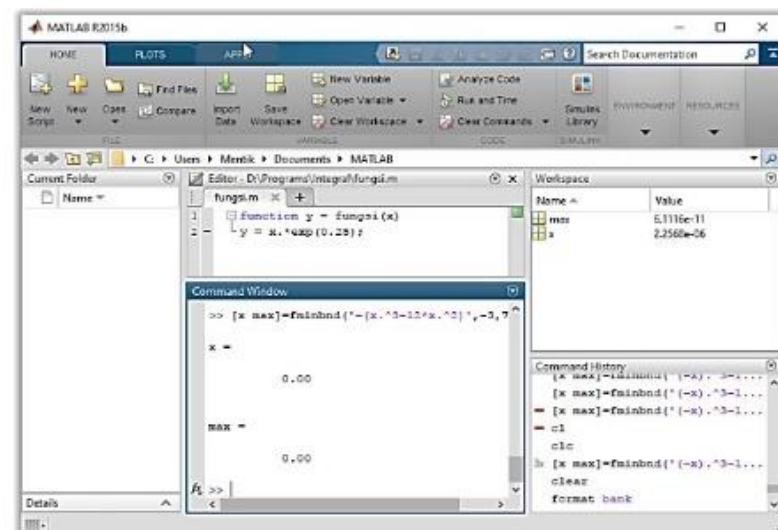
Indonesia memiliki iklim tropis sehingga perlu di desainkan sebuah ruang atau bangunan yang dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi manusia atau makhluk lainnya [6]. Suhu ternyaman bagi manusia yang berada di daerah iklim tersebut bekisar 24 °C hingga 30 °C.

2.3. Fuzzy logic

Fuzzy logic merupakan sebuah logika yang mengandung unsur ketidaktepatan. Logika *fuzzy* biasanya digunakan sebagai kontrol atau bahasa pada suatu mesin [7]. Metode *fuzzy* yang sering digunakan pada mesin atau sistem elektronika adalah metode *fuzzy mamdani* yang dimana metode ini merapkan sistem inferensi yang disebut *Rule-Base System* untuk mengolah data yang masuk dan mengeluarkan suatu keputusan [8].

2.4. MATLAB

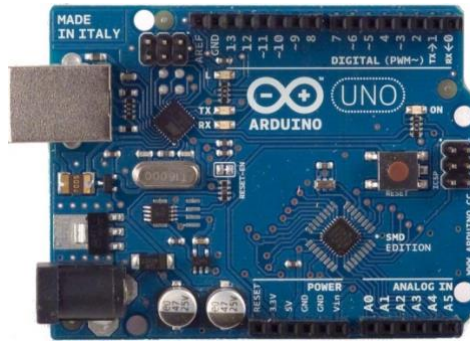
Matlab merupakan aplikasi perangkat lunak yang sangat berguna bagi para mahasiswa, peneliti, dan profesional di berbagai bidang. Dengan fitur-fitur yang lengkap dan mudah digunakan, Matlab dapat mempermudah pengolahan dan visualisasi data dalam bentuk matriks [9].



Gambar 1. MATLAB

2.5. Arduino UNO

Arduino adalah sebuah *prototyping* yang bersifat *open source* dan sering digunakan untuk merancang suatu peralatan elektronik. Selain itu, Arduinodioperasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman C/C++.



Gambar 2. Arduino UNO

2.6. Sensor MQ-7

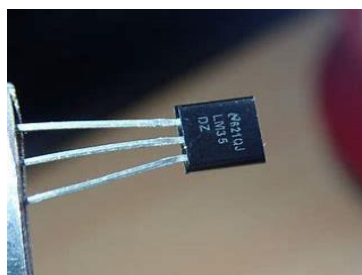
Sensor MQ7 adalah sensor karbon dioksida yang mendeteksi konsentrasi karbon dioksida (CO). Sensor ini mampu menentukan kadar karbondioksida (CO) dari 20-2000 ppm dan memiliki akurasi nilai yang relatif tinggi. Ini memungkinkan alarm dipicu jika sejumlah besar karbon monoksida terdeteksi [11].



Gambar 3. Modul sensor MQ-7

2.7. Sensor LM35

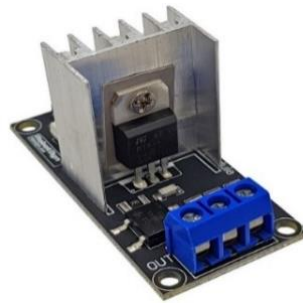
Sensor LM35 merupakan salah satu sensor suhu paling populer sekaligus paling sering digunakan pada saat project tugas akhir mahasiswa teknik elektro. Sensor ini memiliki keakuratan tinggi dalam mengukur suhu dalam derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$) [12]. Sensor ini mempunyai pemanasan diri (*self heating*) kurang dari $0,1^{\circ}\text{C}$, dan dapat dioperasikan dengan menggunakan power supply tunggal dan dapat dihubungkan antar muka (*interface*) rangkaian kontrol yang sangat mudah [13].



Gambar 4. Sensor LM35

2.8. AC Dimmer Module

Modul ini umumnya terdiri dari sirkuit board dengan saklar TRIAC dan mikrokontroler, serta komponen lain seperti resistor, kapasitor, dan optocoupler. Modul AC dimmer dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk pencahayaan rumah, pencahayaan panggung, dan pengaturan kecepatan motor. Modul ini sering digunakan dalam proyek DIY dan sistem otomasi rumah, serta dalam produk komersial [14].



Gambar 5. AC dimmer module

2.9. Exhaust Fan

Exhaust fan adalah jenis kipas yang dirancang untuk mengeluarkan udara dari sebuah ruangan atau area tertentu ke luar. Biasanya, *exhaust fan* digunakan untuk membuang udara panas, asap, dan bau yang dihasilkan oleh kegiatan dalam ruangan seperti memasak, merokok, atau bekerja dengan bahan kimia. *Exhaust fan* juga dapat digunakan untuk membantu mempertahankan sirkulasi udara dalam sebuah ruangan, yang dapat membantu menjaga kualitas udara dan mengurangi kelembapan.

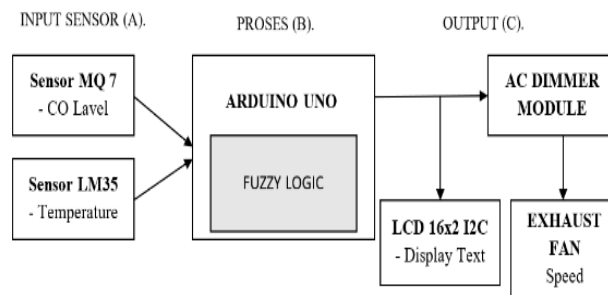


Gambar 6. Exhaust fan

3. METODE PENELITIAN

3.1. Model Sistem Penelitian

Model sistem penelitian ini berupa perancangan Sistem Pengendalian Kualitas Kondisi ruangan Ideal Berbasis Arduino UNO dengan metode *Fuzzy logic* seperti ditunjukkan pada blok diagram berikut.



Gambar 7. Blok diagram sistem pengendalian kualitas kondisi ruangan ideal berbasis arduino UNO dengan metode *fuzzy logic*

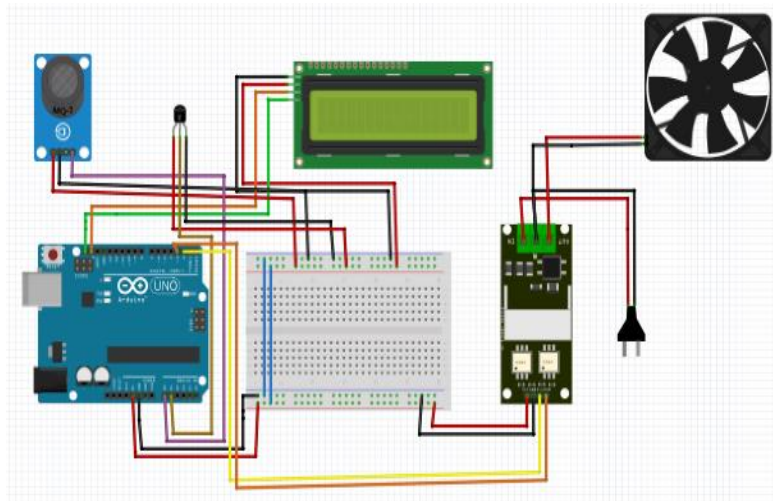
Kadar CO dan temperature sebagai parameter input untuk diolah dalam *board microcontroller* Arduino UNO menggunakan logika *Fuzzy*, operasi *fuzzy* ini menghasilkan nilai *output* berupa nilai PWM yang akan digunakan oleh modul *AC dimmer* untuk mengatur atau mengontrol kecepatan *exhaust fan*.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Komponen yang digunakan untuk perancangan *smart smooking room* berbasis logika *fuzzy* antara lain yaitu:

1. Arduino UNO sebagai pengontrol / pengendali *actuator input* nominal yang akan dilakukan suatu transaksi.
2. Sensor MQ-7 sebagai pembaca nilai kadar CO (satuan ppm).
3. Sensor LM35 sebagai pembaca nilai temperatur (satuan °C).
4. LCD I2C 16x2 sebagai *display text* untuk menampilkan data input dan output.
5. AC *dimmer module* untuk mengontrol kecepatan kipas.
6. *Exhaust fan* sebagai pengatur sirkulasi udara dari dalam ke keluar.
7. Rokok atau obat nyamuk bakar sebagai media asap untuk pengujian alat.
8. Alat langsung diaplikasikan pada sebuah ruangan.
9. Laptop sebagai alat mengetik pembuatan koding program.

3.3. Desain Hardware



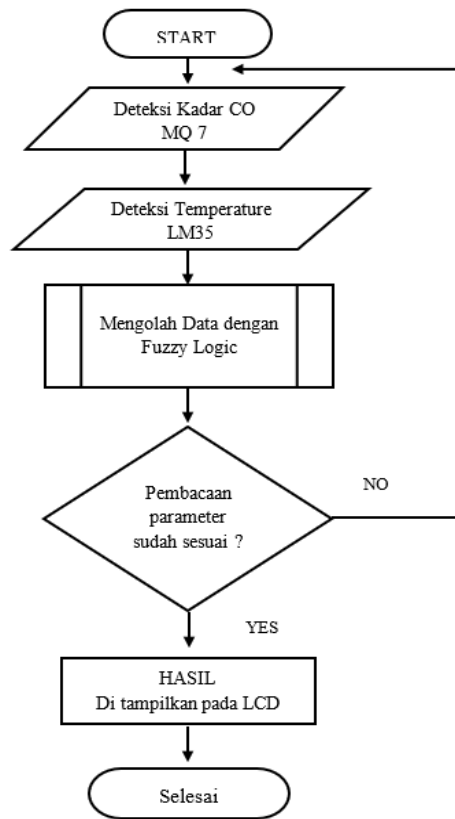
Gambar 8. Desain hardware

Nama komponen sesuai gambar 8 adalah sebagai berikut:

1. Arduino board (e.g. Arduino Uno)
2. MQ-7 sensor module
3. LM35 temperature sensor module
4. AC dimmer module
5. Exhaust fan
6. 16x2 LCD with I2C interface
7. Breadboard
8. Jumper wires

3.4. Desain Software

Desain *software* digunakan untuk menjelaskan alur dari program Arduino IDE. Program dimulai dengan *inialisasi library* dan pin yang digunakan untuk menghubungkan Arduino UNO dengan MQ7, LM35, LCD I2C 16x2 dan AC *dimmer module*. Setelah inialisasi, *board* membaca kadar CO dan suhu. Nilai *input* yang terbaca dikonversi dengan melakukan proses fuzzifikasi. Rules *fuzzy* digunakan untuk mendapatkan nilai *alfa predicate*, nilai minimal dan maksimal dalam *fuzzy*. Setelah itu diperoleh nilai *output* dengan melakukan proses defuzzifikasi. Nilai *output* AC *dimmer* bekerja dan akan ditampilkan pada LCD. *Exhaust fan* bisa bergerak sesuai dengan nilai hasil defuzzifikasi.



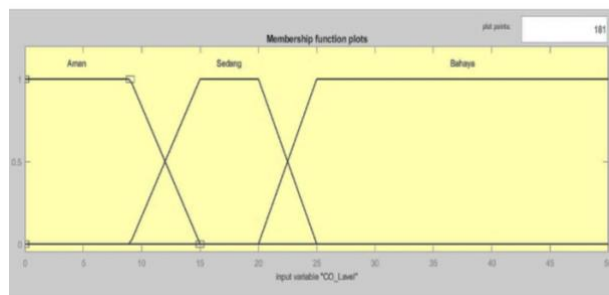
Gambar 9. Diagram alir perancangan *software*

3.5. Fuzzy Logic

Sub-system fuzzifikasi memproses data *input* yang didapat ketika melakukan sensing, guna menentukan berapa kecepatan *exhaust fan* aktif sesuai *rule base fuzzy*. Maka proses yang dilakukan adalah:

1. Fuzzifikasi, yaitu mengubah nilai *input* dan *output* yang jelas menjadi nilai *input* dan *output fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan. Set *input* dan *output* yang tidak ditentukan adalah sebagai berikut:
 - a) Gas MQ-7

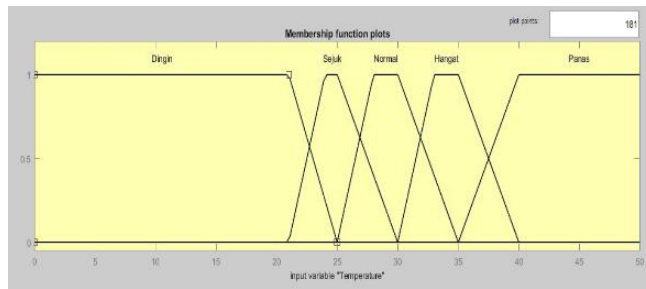
Pada variabel gas MQ-7 menggunakan fungsi keanggotaan bahu dengan himpunan aman, sedang, bahaya seperti gambar 10 berikut ini:



Gambar 10. Fungsi keanggotaan CO level

- b) LM35

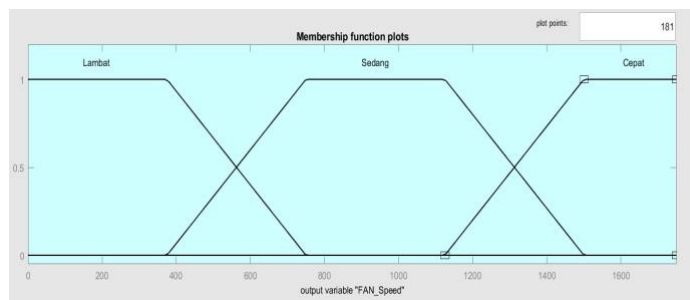
Pada variabel suhu menggunakan fungsi keanggotaan bahu dengan himpunan dingin, sejuk, normal, hangat, panas seperti gambar 11 berikut ini:



Gambar 11. Fungsi keanggotaan temperatur

c) *Exhaust Fan*

Pada variabel *exhaust fan* menggunakan fungsi keanggotaan bahu dengan himpunan lambat, sedang, cepat seperti gambar 12 berikut ini:



Gambar 12. *Output* keanggotaan *exhaust fan*

2. Pembentukan *Rules Fuzzy*

Tabel 1. *Rules fuzzy*

If	Co Level	&	Temperature	Exhaust FAN
If	Aman	&	Sejuk	Lambat
If	Aman	&	Dingin	Lambat
If	Aman	&	Normal	Lambat
If	Aman	&	Hangat	Sedang
If	Aman	&	Panas	Sedang
If	Sedang	&	Sejuk	Lambat
If	Sedang	&	Dingin	Lambat
If	Sedang	&	Normal	Sedang
If	Sedang	&	Hangat	Cepat
If	Sedang	&	Panas	Cepat
If	Bahaya	&	Sejuk	Sedang
If	Bahaya	&	Dingin	Sedang
If	Bahaya	&	Normal	Sedang
If	Bahaya	&	Hangat	Cepat
If	Bahaya	&	Panas	Cepat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengetesan sensor MQ-7

Pengetesan ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor mQ-7 dapat bekerja dengan normal.

Tabel 2. Hasil pengetesan sensor MQ-7

No.	Kondisi	Nilai pembacaan ADC	Nilai pembacaan Sensor MQ-7
1.	Tidak ada asap	208	13.40 PPM
		219	14.57 PPM
2.	Ada Asap	393	33.06 PPM
		394	33.17 PPM
		391	32.85 PPM
3.	Asap Terurai	338	27.22 PPM
		341	27.54 PPM
		311	24.35 PPM

Tabel 2 menunjukkan bahwa pengujian sensor MQ-7 telah berhasil diselesaikan. Pembacaan sensor saat istirahat atau tidak merokok adalah 13,40 ppm, yang menandakan bahwa udara di dalam ruangan dan sekitar sensor adalah 13,40 ppm saat itu. Setelah pengasapan, pembacaan sensor ppm menunjukkan peningkatan, begitu pula dengan pembacaan ADC. Dari sini dapat disimpulkan bahwa sensor dapat dengan tepat menentukan kandungan CO dalam asap.

4.2. Pengetesan sensor LM35

Pengetesan ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor LM35 dapat bekerja dengan normal.

Tabel 3. Hasil pengetesan sensor LM35

No	Kondisi	Nilai pembacaan ADC	Nilai pembacaan Sensor LM35
1	Jauh dari Api	130	34.54 °C
		131	35,03 °C
2	Dekat Api	139	38.94 °C
		144	41.87 °C
		158	48.22 °C
3	Menjauh dari Api	143	35.52 °C
		132	35.52 °C
		131	35.03 °C

Tabel 3 menunjukkan bahwa pengujian sensor LM35 berhasil. Sensor menunjukkan suhu 34,54°C pada kondisi jauh dari api, yaitu 34,54°C pada suhu ruangan. Saat nyala dinaikkan ke suhu, pembacaan sensor akan menunjukkan peningkatan, begitu pula pembacaan ADC. Dari sini dapat disimpulkan bahwa sensor dapat membaca temperatur/temperatur dengan benar.

4.3. Pengetesan LCD

Pengetesan ini dilakukan untuk mengetahui apakah LCD dapat menampilkan input/output dengan normal.


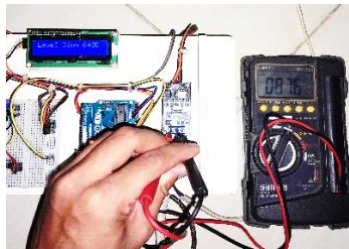





Gambar 13. Implementasi LCD

4.4. Pengetesan AC Dimmer Module

Pengetesan ini dilakukan untuk mengetahui apakah kecepatan *exhaust fan* dapat bekerja dengan normal.

Tabel 4. Pengetesan AC dimmer module

No.	Kecepatan	Lvl. Dimming	Ouput Drive (V)	Dokumentasi
1.	0 RPM	8000	28,3 volt	
2.	375 RPM	6400	87,6 volt	
3.	750 RPM	3500	191,1 volt	
4.	1125 RPM	1600	228,6 volt	

5.	1500 RPM	0	234,5 volt	
----	----------	---	---------------	---

Dari tabel 4 menunjukkan bahwa telah dilakukan pengujian terhadap *AC dimmer module*. Dan di dapatkan hasil pembacaan pengujian *AC dimmer module* sebagai berikut :

1. Jika *level dimming* dimasukkan nilai 8000 pada program arduino maka kecepatan *output drive* berada pada 0 RPM, dan tegangan *output AC dimmer* adalah 28,3V.
2. Jika *level dimming* dimasukkan nilai 6400 pada program arduino maka kecepatan *output drive* berada pada 375 RPM, dan tegangan *output AC dimmer* adalah 87,6V
3. Jika *level dimming* dimasukkan nilai 3500 pada program arduino maka kecepatan *output drive* berada pada 750 RPM, dan tegangan *output AC dimmer* adalah 191,1V.
4. Jika *level dimming* dimasukkan nilai 1600 pada program arduino maka kecepatan *output drive* berada pada 1125 RPM, dan tegangan *output AC dimmer* adalah 228,6V.
5. Jika *level dimming* dimasukkan nilai 0 pada program arduino maka kecepatan *output drive* berada pada 1500 RPM, dan tegangan *output AC dimmer* adalah 234,5V.

4.5. Pengujian Fungsi sistem

Pengetesan dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan metode yang diberikan oleh aturan.



Gambar 14. Implementasi alat pada ruangan

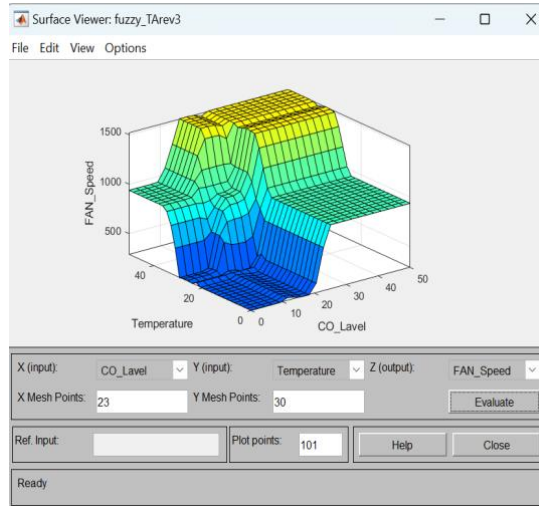
Alat sistem pengendali kondisi kualitas ruangan ideal telah terinstal pada bedeng atau *basecamp* karyawan, dengan terinstalnya alat ini diharapkan mampu mengurangi konsentrasi asap yang disebabkan oleh asap karbon monoksida. Hasil pengujian alat dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Hasil pengujian sistem

NO.	Kondisi			Keterangan
	Sensor MQ-7	Sensor LM35	Kecepatan	
1.	1.90 ppm	26.52 Celsius	375 RPM	Sesuai
2.	2.24 ppm	33.00 Celsius	750 RPM	Sesuai
3.	2.65 ppm	31.00 Celsius	750 RPM	Sesuai
4.	13.07 ppm	20.00 Celsius	375 RPM	Sesuai
5.	12.44 ppm	33.03 Celsius	1500 RPM	Sesuai
6.	22.54 ppm	19.52 Celsius	750 RPM	Sesuai
7.	22.65 ppm	29.52 Celsius	1500 RPM	Sesuai

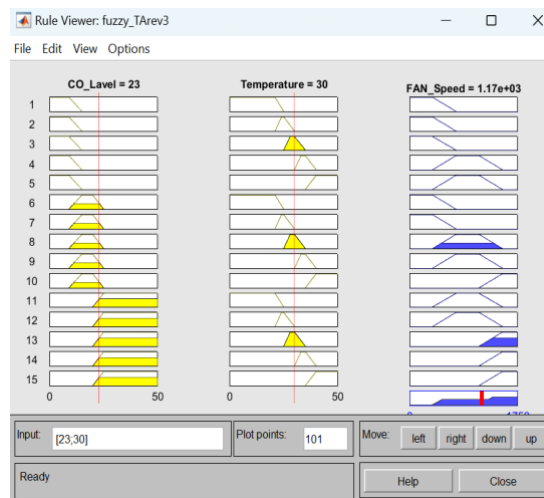
4.6. Pengujian Sistem Fuzzy logic

Logika *fuzzy* digunakan untuk memeriksa bagaimana sistem dapat bekerja dengan normal. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil logika *fuzzy* pada sistem sekuensial menggunakan software MATLAB. Berikut adalah hasil pengujian logika *fuzzy*.



Gambar 15. *Surface viewer*

Pada gambar 15 menunjukkan *surface viewer* yang digunakan untuk melihat gambar pemetaan antara variabel-variabel *input* dan *output*.



Gambar 16. *Rule viewer mamdani*

Pada gambar 16 menunjukkan *rule viewer* yang mensimulasikan nilai masukan dan keluaran. Dari gambar tersebut di simulasikan hasil *defuzzyfikasi* mamdani proses dari matlab, jika nilai masukan dari *CO level* 23 ppm dan *Temperature* 30 °C, maka hasil keluaran dari *fan speed* yaitu 1170 rpm.

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengamatan dari beberapa hasil pengujian, maka dapat dipetik kesimpulan dari penelitian yang dikerjakan dan berikut kesimpulannya:

- a. Rancangan dan desain sistem pengendalian kualitas kondisi ruangan ideal menggunakan Sensor asap MQ-7 dan Sensor Suhu LM35 bertujuan untuk menciptakan lingkungan ruangan yang memiliki kualitas udara yang baik dan suhu yang nyaman. Sensor asap MQ -7 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti karbon monoksida, sedangkan Sensor Suhu LM35 digunakan untuk mengukur suhu ruangan. Dengan menggabungkan kedua sensor ini, sistem pengendalian dapat memantau dan

mengontrol tingkat asap dan suhu ruangan agar tetap dalam kisaran yang diinginkan untuk mencapai kondisi ruangan yang ideal.

- b. Metode *fuzzy logic* digunakan sebagai pendekatan untuk mengontrol sistem pengendalian kualitas kondisi ruangan ideal berbasis Arduino UNO. *Fuzzy logic* memungkinkan sistem untuk mengambil keputusan berdasarkan logika yang tidak tegas dan mempertimbangkan tingkat ketidakpastian. Dalam hal ini, metode *fuzzy logic* digunakan untuk mengubah data masukan dari sensor asap MQ-7 dan sensor suhu LM35 menjadi data keluaran yang digunakan untuk mengendalikan sistem pengendalian kondisi ruangan. Dengan memanfaatkan konsep *fuzzy logic*, sistem pengendalian dapat menyesuaikan operasinya secara adaptif dan mengambil tindakan yang sesuai berdasarkan kondisi ruangan yang terdeteksi.

REFERENSI

- [1] G. C. Ulaan, V. C. Poekoel, dan A. H. J. Ontowirjo, "Pembuatan Aplikasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan," *J. Tek. Inform.*, vol. 17, no. 1, pp. 93-104, 2022.
- [2] Supriyanto dan R. Sirait, "Perancangan Sistem Pengaturan Sirkulasi Udara Pada Area Workshop Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Maestro*, vol. 2, no. 1, pp. 246-255, 2019.
- [3] D. W. Nurjanah, H. H. Handayani, dan A. R. Juwita, "Rancang Bangun Pendeteksi dan Penetralisir Asap Rokok Dalam Ruangan Menggunakan Sensor Mq-2 dan Metode *Fuzzy logic*," *Scientific Student Journal for Information, Technology and Science*, vol. IV, no. 1, pp. 7-14, 2023.
- [4] R. A. Gustavia and E. Nurraharjo, "Rancang Bangun Sistem Multiple Warning Deteksi Asap Rokok," *Pros. SINTAK 2018*, pp. 278-282, 2018.
- [5] Wirto, E. Fatkhiyah dan R. Y. Rachmawati, "Sistem Informasi Untuk Mendeteksi Dan Monitoring Kawasan Bebas Rokok Menggunakan Sensor Mq7 Dan Arduino Berbasis Mobile," *Jurnal SCRIP*, vol. 9, no. 2, pp. 110-120, 2021.
- [6] R. Irine V.R, A. A. A, and A. K. Dewi, "Prototipe Pengendalian Temperature Ruangan Dengan Metode Logika *Fuzzy*," *Sntem*, pp. 1158-1166, 2021.
- [7] A. Setiawan, B. Yanto, and K. Yasdomi, *Logika Fuzzy Dengan Matlab*. Denpasar: Jayapangus Press. 2018.
- [8] Azizah dan Fauziah, "Implementasi Logika *Fuzzy* dalam Mengoptimalkan Persediaan Barang dengan Metode Mamdani," *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, vol. 5, no. 1, pp. 20-27, 2020.
- [9] C. Moler and J. Little, "A history of MATLAB," *Proc. ACM Program. Lang.*, 2020.
- [10] A. A. Marzuki, "Rancang Bangun Sistem Smart Home Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Elektro*, p. 75, 2017.
- [11] S. Hadi, R. P. M. D. Labib, dan P. D. Widayaka, "Perbandingan Akurasi Pengukuran Sensor LM35 dan Sensor DHT11 untuk Monitoring Suhu Berbasis Internet of Things," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 6, no. 3, pp. 269-278, 2022.
- [12] D. Latupeirissa, V. A. Suoth, dan H. S. Kolibu, "Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Dan Kadar Alkohol Menggunakan Sensor Lm35 Dan Sensor MQ-3," *Jurnal Ilmiah Sains*, vol. 15, no. 2, pp. 81-87, 2015.
- [13] R. Ramdani, Marisa, and C. Carudin, "Implementasi Kendali Intensitas Cahaya Lampu dengan Internet of Things Berbasis Arduino Uno menggunakan Metode *Fuzzy logic*," *J. Teknologi. Terpadu*, vol. 7, no. 1, pp. 51-58, 2021.