

Rancang Bangun Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Metode *Fuzzy* Pada Industri

1st Sumantri Kurniawan Risandriya, S.T.,M.T.
Politeknik Negeri Batam
Program Study Teknologi Rekayasa Elektronika
Email : sumantri@polibtam.ac.id

2rd Thaibul Insani
Politeknik Negeri Batam
Program Study Teknik Rekayasa Elektronika
Email : iblucker2002@gmail.com

Abstract— Pemananaan kualitas udara pada industri perlu diperhatikan karna dapat berdampak pada kesehatan manusia dalam jangka waktu yang panjang salah satu nya yaitu pada ruangan workshop welder yang mana hasil dari pengelasan rentang terhadap polusi yang menghasilkan debu , asap , dan gas berbahaya seperti CO² yang mana ini bisa meyebabkan infeksi, penyakit paru paru , gangguan pernapasan , bahkan kanker berdasar hal ini perlu sebuah alat pemantauan kualitas udara dengan memanfaatkan exhaust fan yang ada pada industri yang mana kecepatan motor bekerja secara otomatis dengan menggunkan metode fuzzy mamdani dari inputan sensor mq-135 agar dapat mengatur sirkulasi udara yang ada dalam ruangan sehingga udara yang ada dalam ruangan tetap terjaga dengan aman

Kata kunci : Kualitas udara , metode fuzzy mamdani , sensor MQ 135 , *exhaust fan*.

I. PENDAHULUAN

Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) menggambarkan sejauh mana kualitas udara bersih atau tercemar, serta dampaknya terhadap kesehatan manusia setelah terpapar udara tersebut selama beberapa jam atau hari. Penentuan ISPU memperhatikan kualitas udara yang berpotensi memengaruhi kesehatan. ISPU mengukur lima jenis pencemaran utama, yaitu karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), ozon permukaan (O₃), dan partikel debu (PM₁₀). Tingkat pencemaran udara dengan ISPU antara 0-50 dianggap baik dan tidak memberikan dampak negatif pada kesehatan manusia.. Nilai 100-299 termasuk dalam kategori Sangat berbahaya dan dapat membahayakan kesehatan manusia [1]. Jika udara yang dihirup tercemar dengan gas berbahaya seperti CO₂, maka udara tersebut bisa meracuni tubuh kita. Biasanya, polusi udara di kawasan industri berada di bawah tingkat kualitas udara yang sehat, yang dapat menyebabkan masalah kesehatan baik jangka panjang maupun pendek bagi karyawan, serta mengurangi kenyamanan mereka di tempat kerja, yang pada gilirannya dapat menurunkan produktivitas. dan juga penelitian ini menyarankan pembuatan perangkat untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif mengenai kesehatan dan keselamatan kerja di *workshop welding* yang rentan terhadap polusi. Proses pengelasan menghasilkan debu, asap, dan gas polutan seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan amonia (NH₄)

dapat menimbulkan masalah kesehatan, seperti infeksi saluran pernapasan dan penyakit paru-paru., jantung, dan bahkan kanker. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem cerdas untuk mendeteksi polusi udara secara efektif dan Pesatnya perkembangan kegiatan industri Meningkatnya konsumsi energi dapat menyebabkan peningkatan pencemaran udara secara tidak langsung. Polutan udara yang sering dijumpai di kawasan industri antara lain debu, nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), dan hidrokarbon[2]. Untuk menjaga kebersihan udara di dalam ruang kerja, diperlukan alat seperti exhaust fan yang dapat mengatur sirkulasi udara secara otomatis. Pengaturan kecepatan exhaust fan dilakukan dengan menggunakan metode fuzzy, yang mengandalkan sensor MQ-135 untuk memantau parameter karbon dioksida (CO₂). Kecepatan exhaust fan harus disesuaikan dengan konsentrasi gas karbon monoksida atau asap di industri. Salah satu cara untuk mendeteksi gas dalam ruangan adalah dengan menggunakan sensor MQ-135, yang menghasilkan sinyal input analog. Sinyal ini kemudian diterima oleh mikrokontroler, diolah menggunakan metode fuzzy, dan diteruskan ke driver motor untuk mengatur kecepatan exhaust fan. Exhaust fan ini berfungsi untuk menghisap atau mengeluarkan asap dari dalam ruangan..

Maka untuk menyikapi masalah tersebut penulis ingin menganalisa lebih lanjut terkait polusi udara dengan judul penelitian “Rancang Bangun Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Metode Fuzzy Pada Industri”

II. STUDI LITERATUR

A. Teori Logika Fuzzy

Teori logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Tujuan dari teori ini adalah untuk menjelaskan dan menangani masalah yang berkaitan dengan kebenaran atau ketidakpastian yang bersifat ambigu. Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama yaitu Fuzzifikasi, Inferensi, dan Defuzzifikasi [3]

Menurut teori logika fuzzy, suatu nilai dapat benar dan tidak benar pada saat yang bersamaan. Akan tetapi, bobot keanggotaannya menentukan seberapa besar keberadaan dan ketidakakuratannya. Derajat keanggotaan dalam logika fuzzy berkisar antara 0 hingga 1[4]

B. Gambaran Teknologi Yang Digunakan

1) Arduino Uno

Arduino Uno adalah perangkat elektronik open source yang sering digunakan untuk merancang dan mengembangkan perangkat keras dan lunak dengan cara yang sederhana dan mudah digunakan. Arduino dilengkapi dengan perangkat lunak khusus bernama Arduino IDE untuk pemrogramannya. Arduino Uno awalnya dikembangkan oleh perusahaan Smart Projects, dan salah satu pendiri utamanya adalah Massimo Banzi.[5]



Gambar 1 Arduino uno

2) Liquid Crystal Display I2C (LCD)

LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 adalah jenis tampilan berbasis cairan kristal yang bekerja dengan sistem dot matriks. Tampilan ini mampu menampilkan hingga 32 karakter, yang terdiri dari 2 baris dengan masing-masing baris memuat hingga 16 karakter[6]



Gambar 2 LCD 16X2

3) Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan sensor gas yang dirancang untuk mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya dan memantau kualitas udara. Sensor ini dapat mendeteksi gas seperti amonia (NH₃), nitrogen oksida (NO_x), alkohol, benzena, asap, dan karbon dioksida (CO₂). Selama proses pemanasan, kumparan pada sensor memanaskan keramik SnO₂, yang kemudian berubah menjadi semikonduktor dan melepaskan elektron, memungkinkan sensor untuk mendeteksi keberadaan gas[7]



Gambar 3 Sensor MQ-135

4) Driver Motor DC

Driver MOSFET IRF520 merupakan komponen dengan tipe N-Channel yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran motor dan mengontrol tingkat kecerahan LED dalam suatu sistem. Driver ini dirancang dengan ukuran yang kompak, sehingga mudah diintegrasikan ke dalam berbagai aplikasi. Outputnya memiliki saluran dan berada antara 0 dan 24 volt[8]



Gambar 4 Mosfet IRF520

5) Motor DC

Motor DC merupakan salah satu jenis motor listrik yang banyak digunakan di industri untuk mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik guna menggerakkan berbagai peralatan dan sistem.. Kecepatan motor DC perlu diatur agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan kecepatan yang diinginkan untuk mendukung kinerja sistem secara optimal. sejumlah penggunaan. Arus jangkar atau arus medan motor DC dapat diubah untuk mengubah kecepatannya. Konverter daya dapat digunakan untuk mengubah tegangan motor guna mengatur arus ini. Beberapa jenis converter daya yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor DC meliputi penyearah terkendali dan DC *chopper* [9]



Gambar 5 Fan DC 12 Volt

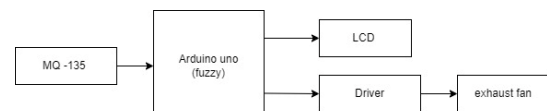
6) Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) adalah teknik yang digunakan untuk mengatur lebar sinyal berbentuk pulsa dalam satu periode guna memperoleh tegangan rata-rata yang bervariasi. PWM memiliki berbagai aplikasi, seperti pemodulasian data dalam telekomunikasi, pengaturan daya atau tegangan yang disuplai ke beban, regulator tegangan, efek audio dan penguatan, serta aplikasi lainnya. Pada mikrokontroler, PWM sering digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC, mengoperasikan motor servo, mengatur tingkat kecerahan LED, dan banyak aplikasi lainnya [10]

III. METODE

1) Perancangan Sistem

Perancangan sistem pengaturan kecepatan exhaustan fan dijelaskan pada diagram blok berikut ini:



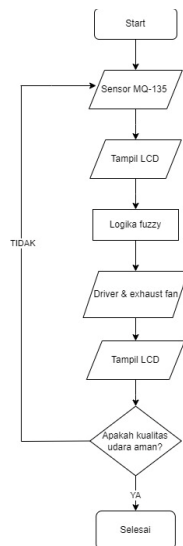
Gambar 6 Diagram Blok

Berikut adalah penjelasan diagram blok dari rancangan alat. Blok input meliputi sensor MQ-135, Arduino uno berfungsi sebagai unit untuk proses fuzzifikasi, dan outputnya terdiri dari LCD dan Exhaust fan. cara kerja setiap blok dalam diagram adalah Sensor MQ-135 digunakan untuk mengukur konsentrasi CO₂ dalam satuan ppm, Arduino Uno Berperan sebagai papan mikrokontroler, lcd Digunakan sebagai display untuk menampilkan level kualitas udara. Driver

modul relay ini digunakan untuk mengaktifkan exhaust fan dengan tegangan 12V dan exhaust fan berfungsi sebagai alat untuk sirkulasi udara dengan tegangan operasional 12V.

2) Desain Sistem Perangkat Lunak

Langkah ini melibatkan pembuatan sistem perangkat lunak yang akan digunakan agar alat yang dikembangkan dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Pada saat awal saat alat dinyalakan dan menerima sumber tegangan, sensor MQ-135 akan mengukur kadar CO₂. Data yang terbaca oleh sensor ini akan diubah oleh Arduino Uno menjadi satuan ppm. Fungsi keanggotaan fuzzy akan digunakan untuk memetakan nilai ppm yang terbaca ke dalam level kualitas udara yang sesuai. Berdasarkan fungsi keanggotaan antara CO₂, akan dibuat aturan-aturan yang menentukan output untuk kualitas udara. Misalnya, jika kondisi udara baik, kipas akan mati, jika kondisi udara sedang maka kipas akan berputar; dan jika kondisi udara buruk, maka kipas akan berputar sesuai dengan tingkat kualitas udara yang terdeteksi dan data akan di tampilkan pada LCD

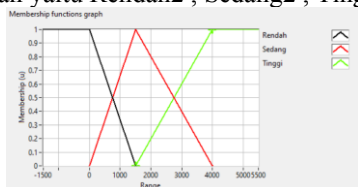


Gambar 7 Flowchart Sistem

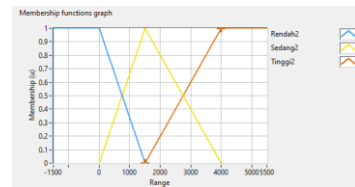
3) Perancangan sistem fuzzy

1. Fuzzifikasi

Dalam sistem kontrol yang dirancang, input fuzzy terdiri dari error dan delta error. Tegangan serta laju perubahan error tegangan (delta error) akan dikonversi menjadi tiga tingkat keanggotaan dalam himpunan fuzzy. Setiap tingkat keanggotaan fuzzy tersebut mewakili derajat keanggotaan error dan delta error. Ada 3 tingkatan yang di pakai untuk error yaitu Rendah, Sedang, Cepat dan untuk delta error juga ada 3 tingkatan yaitu Rendah2, Sedang2, Tinggi2

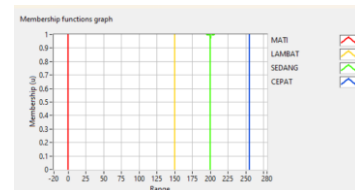


Gambar 8 Membership Function error input



Gambar 9 Membership Function delta error input

Keluaran sistem menggunakan keanggotaan Singletone, yang sederhana dengan memiliki derajat keanggotaan 1 pada nilai crisp tunggal tertentu dan 0 pada nilai crisp lainnya. Output sistem berupa persentase eksitasi yang terdiri dari 4 nilai linguistik.



Gambar 10 Singletone

2. Rule Evaluation

Tampilan table Rule evaluation

Table 1 Rule evaluation

Error / Delta error	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah2	Mati	Lambat	Sedang
Sedang2	Lambat	Sedang	Cepat
Tinggi2	Sedang	Cepat	Cepat

3. Defuzzifikasi

Langkah terakhir dalam sistem fuzzy disebut defuzzifikasi, dan ini memerlukan pengembalian data masukan yang telah diproses dalam himpunan fuzzy ke bentuk konkret aslinya (Crisp). Teknik defuzzifikasi centroid atau pusat area (COA) diterapkan dalam sistem fuzzy ini. Dengan mencari tahu pusat gravitasi kurva pengambilan keputusan, pendekatan COA menghasilkan nilai keluaran konkret. Menemukan nilai terendah fungsi keanggotaan antara kesalahan dan kesalahan delta menghasilkan Min_value.

$$\frac{\sum(Nila_min \times Bobot)}{\sum(Nilai_min)}$$

Untuk menghitung COA, langkah yang dilakukan adalah dengan menjumlahkan hasil bobot keanggotaan dikalikan dengan Min_Value dari output persentase eksitasi, kemudian membaginya dengan jumlah Nilai_Min.dibagi dengan jumlah Nilai_Min.

IV. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Metode Pengujian

Metode pengujian untuk pemantauan kualitas udara pada industri melibatkan pemasangan sensor kualitas udara seperti sensor MQ-135, di dalam ruangan kerja di industri. Sensor-sensor ini akan mengukur konsentrasi gas berbahaya, termasuk CO₂, pada interval waktu tertentu. Data yang

dikumpulkan oleh sensor kemudian dianalisis menggunakan sistem logika fuzzy untuk menentukan kecepatan optimal kipas exhaust guna memastikan sirkulasi udara yang baik. Hasil pengukuran dan analisis ini dibandingkan dengan standar kualitas udara untuk menilai efektivitas sistem pemantauan dan pengendalian kualitas udara di lingkungan industri.

1) *Pengujian sensor*

Pengujian sensor MQ-135 bertujuan untuk memastikan apakah pembacaan sensor berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan menggunakan gas CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran kertas. Hasil pengujian ini akan dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan rumus kalibrasi yang tercantum dalam datasheet sensor MQ-135. Sebelum pengujian, sensor memerlukan pemanasan awal (preheating) selama kurang lebih 24 jam, diikuti dengan proses kalibrasi di udara bersih untuk menentukan resistansi sensor dalam udara bersih (RO) dan resistansi sensor saat mendeteksi gas (RS). Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan:

Table 2 Pengujian sensor

Pengujian	Tegangan Input (Volt DC)	Output Sensor	Konsentrasi Gas CO ₂ (ppm)
1	5 volt	94	110.95
2	5 volt	99	130.65
3	5 volt	110	182.70
4	5 volt	119	235.25
5	5 volt	126	283.20
6	5 volt	128	298.12
7	5 volt	131	321.59
8	5 volt	134	346.39
9	5 volt	135	354.97
10	5 volt	141	409.77
11	5 volt	147	470.66
12	5 volt	154	550.01
13	5 volt	166	709.09
14	5 volt	172	800.69
15	5 volt	176	866.62

Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa output sensor berfungsi sesuai dengan resistansi gas yang terdeteksi. Semakin tinggi konsentrasi gas yang terbaca, semakin tinggi pula output sensor, dan sebaliknya, semakin rendah konsentrasi gas, output sensor akan menurun. Kinerja sensor ini dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan rumus kalibrasi yang tercantum dalam datasheet sensor. Untuk mendeteksi gas CO₂, diperlukan parameter seperti resistansi sensor di udara bersih (RO), resistansi sensor saat mendeteksi gas (RS), serta nilai a dan b yang tercantum dalam datasheet.

Dari pengujian sudah di dapatkan nilai Ro nya 198000 dengan menggunakan Rload 20 kohm dan nilai a datasheet (110.7432567) dan nilai b dari datasheet (-2.856935538) sedangkan rs diperoleh dari output sensor dibagi dengan R_load berikut perhitungan kalibrasi sensor untuk mendeteksi gas co₂:

Perhitungan untuk perbandingan pertama :

$$R_s = 1024 \times \frac{R_{load}}{V_{out}} - R_{load}$$

$$R_s = 1024 \times \frac{20.000 \text{ ohm}}{94} - 20.000 \text{ ohm}$$

$$R_s = 217872.34 - 20.000 \text{ ohm}$$

$$R_s = 197872.34$$

$$Ppm = a \times \left(\frac{R_s}{R_o}\right)^b$$

$$Ppm = 110.7432567 \times \left(\frac{197872.34}{198000}\right)^{-2.856935538}$$

$$Ppm = 110.7432567 \times (0.999355255)^{-2.856935538}$$

$$Ppm = 110.95 \text{ ppm}$$

Berdasarkan data di atas, diperoleh bahwa konsentrasi gas yang terdeteksi oleh sensor, melalui perhitungan perbandingan, menunjukkan hasil yang konsisten. Hal ini menandakan bahwa sensor berfungsi dengan baik.

2) *Pengujian Exhaust fan*

Table 3 Pengujian Exhaust fan

Pengujian	Tanpa Alat Kualitas Udara			Menggunakan Alat Kualitas Udara			
	Tegangan Input (VDC)	Kecepatan Kipas (RPM)	Konsumsi daya (watt)	Tegangan Input (VDC)	PWM	Kecepatan (RPM)	Konsumsi daya (watt)
1	12 volt	7000	12	12 volt	35.24	967.27	1.66
2	12 volt	7000	12	12 volt	21.69	595.41	1.02
3	12 volt	7000	12	12 volt	17.33	475.73	0.82
4	12 volt	7000	12	12 volt	23.86	654.98	1.12
5	12 volt	7000	12	12 volt	47.41	1301.45	2.23
6	12 volt	7000	12	12 volt	53.56	1470.27	2.52
7	12 volt	7000	12	12 volt	33.15	910.00	1.56
8	12 volt	7000	12	12 volt	39.84	1093.65	1.87
9	12 volt	7000	12	12 volt	42.25	1159.80	1.99
10	12 volt	7000	12	12 volt	30.79	845.22	1.45
11	12 volt	7000	12	12 volt	28.47	781.53	1.34
12	12 volt	7000	12	12 volt	47.55	1305.29	2.24
13	12 volt	7000	12	12 volt	42.25	1159.80	1.99
14	12 volt	7000	12	12 volt	33.15	910.00	1.56
15	12 volt	7000	12	12 volt	28.47	781.53	1.34
	Rata-rata	7000	12	Rata-rata	35.00	960.80	1.65
						Rata-rata Perubahan kecepatan kipas (%)	-86%
						Rata-rata Perubahan Kosumsi daya (%)	-86%

Dari table diatas dapat dilihat bahwa perbandingan kecepatan rpm dan konsumsi daya pada saat exhaust aktif secara sistem on / off dan exhaust aktif dengan menggunakan alat dihitung berdasarkan pendekatan teoritis menggunakan rumus. Pada rpm didapatkan dari perhitungan kipas berdasarkan output yang diberikan oleh pwm secara fuzzy logic dengan pembading rpm maksimal adalah 7000 rpm dengan tegangan 12 volt angka ini di dapat dari spek exhaust yang saya pakai. Untuk Menghitung Kcepatan rpm dan kosumsi daya data diatas terlebih dahulu dengan mengetahui persen dari *duty cycle*(%)

$$Duty\ cycle(\%) = \frac{Pwm\ input}{pwm\ maksimal} \times 100$$

Salah satu contoh perhitungan dengan pwm 35.24 yaitu :

$$Duty\ cycle(\%) = \frac{35.24}{255} \times 100$$

$$= 13.82\%$$

Jadi contoh perhitungan dengan duty cycle 13.82 % adalah :

$$RPM = RPM\ MAX \times \frac{Duty\ CYCLE(\%)}{100}$$

$$RPM = 7000 \times \frac{13.82(\%)}{100}$$

$$= 96.37 \text{ rpm}$$

Dan untuk Menghitung kosumsi daya berdasarkan duty cycle% dari output yang diberikan oleh pwn dibandingkan dengan kosumsi daya maksimal nya yaitu 12 watt angka ini sudah ada pada spek kipas yang dipakai dengan persamaan rumus adalah :Konsumsi daya (P) = P MAX x $\frac{Duty\ CYCLE(\%)}{100}$

$$Konsumsi\ daya\ (P) = 12 \times \frac{13.82(\%)}{100}$$

$$= 1.65 \text{ watt}$$

Dari perhitungan data diatas Rata -rata perubahan data kecepatan rpm yang dihitung berdasarkan pembedangan rpm maksimal pada exhaust yaitu 7000 rpm dengan tegangan 12 volt sangat jauh berbeda dengan menggunakan alat rpm lebih rendah karna berputar berdasarkan ouput pwm yang diatur oleh fuzzy logic sehingga kecepatan rpm bervariasi dengan persentase perubahan rpm yaitu 86 % dan konsumsi daya antara menggunakan alat kualitas udara dan tanpa menggunakan alat terlihat jauh berbeda dengan persentase perubahan konsumsi daya adalah 86 %.

Rata – rata Persentase (%) Perubahan RPM =

$$\frac{\text{rpm dengan alat} - \text{rpm tanpa alat}}{\text{rpm tanpa alat}} \%$$

$$= \frac{960.80 - 7000}{7000} \%$$

$$= 86 \%$$

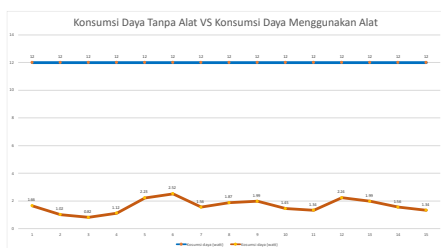
Rata – rata Persentase (%) Perubahan Kosumsi daya =

$$\frac{\text{Kosumsidaya dengan alat} - \text{Kosumsidaya tanpa alat}}{\text{Kosumsidaya tanpa alat}} \%$$

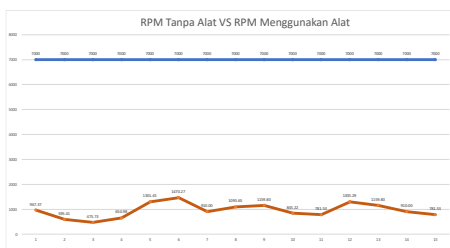
$$= \frac{1.65 - 12}{12} \%$$

$$= 86 \%$$

Dari data diatas Dapat dilihat bahwa alat dapat mengatur sirkulasi udara yang ada dalam ruangan dilihat dari data yang di deteksi oleh sensor dari tinggi menjadi rendah dan tujuan penelitian lain nya juga terjawab dengan perputaran exhaust yang bervariasi sehingga pemakaain konsumsi daya juga berkurang dengan rata rata perubahan 86 %



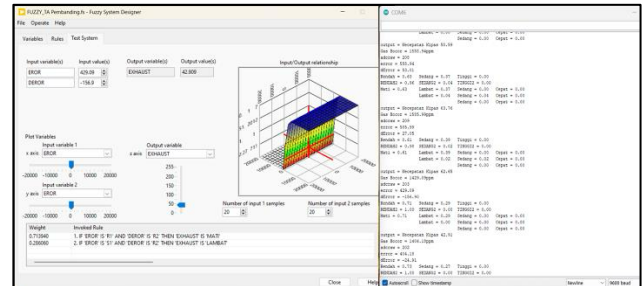
Gambar 11 Grafik Perbandingan Kosumsi daya



Gambar 12 Grafik Perbandingan RPM

3) Pengujian Inputan Fuzzy

Untuk inputan fuzzy digunakan data tegangan keluaran generator, input fuzzy pertama yaitu nilai error dan yang kedua delta error. Nilai error disini merupakan selisih dari nilai tegangan yang terukur dikurangi nilai tegangan yang diinginkan (set point), sedangkan untuk nilai dError merupakan selisih dari error pertama dan error selanjutnya. Berikut hasil data input tegangan fuzzy dari percobaan menggunakan Labview dan Arduino :



Gambar 13 Pegunjian Inputan fuzzy

Berdasarkan gambar di atas hasil imputan Fuzzy Menggunakan fuzzy system designer pada aplikasi Labview dan Arduino memperoleh hasil yang sama ,dan imputan error dan derror juga bisa dibandingkan dengan perhitungan yang sudah ditetapkan, seperti berikut :

$$\text{Nilai error} = \text{tegangan terukur} - \text{tegangan setpoint}$$

$$= 1585.99 - 1000$$

$$= 585.99 \text{ ppm}$$

$$\text{Nilai dError} = \text{error sekarang} - \text{error sebelumnya}$$

$$= 429.09 - 585.99$$

$$= -156.90 \text{ ppm}$$

Berdasarkan hasil pembacaan Arduino dan Labview terdapat imputan fuzzy . Imputan fuzzy pertama (error) terdiri dari Rendah , Sedang, Tinggi dan imputan fuzzy kedua (derror) terdiri Rendah2, Sedang2 , Tinggi2.

Berikut Perhitungan Keanggotaan dari salah satu imputan fuzzy :

$$\text{Tegangan terukur} = 1429.09 \text{ ppm}$$

$$\text{Error} = 429.09$$

$$\text{Derror} = -156.90$$

Berdasarkan table pemetaan Keanggotaan fuzzy nilai anggota error ada diantara Rendah dan Sedang . Untuk nilai keanggotaan dapa dihitung dengan rumus :

$$\text{Grafik_Rendah} = (\text{Nilai max} - \text{input}) / (\text{Nilai max} - \text{min})$$

$$= (429.09 - 0) / (1500 - 0)$$

$$= 429.09 / 1500$$

$$= 0.29$$

$$\text{Grafik_Sedang} = (\text{Nilai max} - \text{input}) / (\text{Nilai max} - \text{min})$$

$$= (1500 - 429.09) / (1500 - 0)$$

$$= 1070.91 / 1500$$

$$= 0.71$$

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa derajat keanggotaan fuzzy sesuai dengan rule fuzzy yang di inginkan Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa derajat keanggotaan fuzzy sesuai dengan rule fuzzy yang di inginkan

4) Pengujian Secara keseluruhan

Pada pengujian system secara keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui dan memastikan semua perangkat yang dirancang berjalan dengan baik dan hasil yang diinginkan juga didapatkan sesuai yang diinginkan.

Table 4 Pengujian Secara Keseluruhan

Pengujian	Inputa sensor	Kosentrasi Gas CO ² (ppm)	Ouput Fuzzy	Kecepatan Exhaust (RPM)
1	187	1069.67	25.38	696.71
2	193	1194.98	41.76	1146.35
3	198	1307.93	49.67	1363.49
4	202	1404.18	40.42	1109.57
5	203	1429.09	42.91	1177.92
6	199	1331.49	33.15	910.00
7	200	1355.38	35.54	975.61
8	205	1479.96	71.69	1967.96
9	208	1558.49	67.24	1845.80
10	219	1887.63	113.78	3123.37
11	218	1846.67	84.67	2324.27
12	209	1585.99	63.76	1750.27
13	194	1216.93	21.69	595.41
14	176	866.62	0	0.00
15	172	800.69	0	0.00

Dapat dilihat pada data di atas bahwa alat kualitas udara berfungsi sesuai dengan kadar gas CO₂ yang terdeteksi. Semakin tinggi kadar gas, maka kecepatan kipas juga semakin tinggi sesuai dengan input dari sistem fuzzy. Selain itu, putaran RPM kipas akan selalu berubah mengikuti input dari sensor jadi dari data diatas dapat disimpulkan bahwa alat dapat mengatur sirkulasi udara yang ada dalam ruangan berdasarkan inputan dari sensor mq 135 dengan kecepatan kipas yang bervariasi

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap perancangan pemantauan kualitas udara dengan penerapan metode logika fuzzy, dapat disimpulkan bahwa alat pemantauan kualitas udara mampu mengatur sirkulasi udara dalam ruangan secara otomatis dengan memanfaatkan exhaust fan dengan metode fuzzy mamdani. Perputaran exhaust fan yang bervariasi membuat konsumsi daya listrik untuk exhaust berkurang sebesar 86% dibandingkan dengan sistem on/off, sementara kualitas udara di dalam ruangan tetap terjaga dengan aman.

B. SARAN

Dalam pelaksanaan dan penyelesaian tugas akhir ini, tentu terdapat beberapa kekurangan dan keterbatasan, baik pada sistem maupun peralatan yang dikembangkan. Untuk memperbaiki hal tersebut, beberapa langkah perbaikan perlu dilakukan sebagai berikut:

1. Melakukan kalibrasi menggunakan alat pemantauan gas CO₂ pada udara untuk meningkatkan akurasi dan kinerja sistem.
2. Meningkatkan jumlah anggota fuzzy untuk memperbaiki pengolahan data agar lebih optimal dan halus.

REFERENCE

- [1] R. J. K. Haryo, A. A. Permana, and Y. Prasetyo, "Pengaturan Kecepatan Exhaust Fan Berdasarkan Tingkat Polusi Asap Menggunakan VSD Berbasis PLC Dan HMI," *J. Electr. Electron. Control Automot. Eng. 15 JEECAE*, vol. 7, no. 1, pp. 15–19, 2022, [Online]. Available: <https://journal.pnm.ac.id/index.php/jeecae/article/view/285>
- [2] M. D. Safira, A. Syafiuddin, A. H. Z. Fasya, and B. Setianto, "Literature Review: Kualitas Udara Di Kawasan Industri Di Berbagai Lokasi Di Indonesia," *J. Public Heal.*, vol. 9, no. 2, pp. 38–47, 2022.
- [3] D. Dewatama, M. Fauziyah, and N. K. Jannah, "Sistem Pengaturan Pencahayaan pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Arduino Uno Dengan Metode Fuzzy Logic," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, p. 99, 2022, doi: 10.33387/protk.v9i2.4319.
- [4] H. Nasution, "Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan," *ELKHA J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 4–8, 2020, [Online]. Available: [https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512%0Ahttp://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan](https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512%0Ahttp://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi%20Logika%20Fuzzy%20pada%20Sistem%20Kecerdasan%20Buatan)
- [5] M. S. Novelan, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi Android," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 4, no. 2, pp. 50–54, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v4i2.2306>
- [6] A. E. Widodo and S. Suleman, "Otomatisasi Pemilahan Sampah Berbasis Arduino Uno," *Indones. J. Softw. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 12–18, 2020, doi: 10.31294/ijse.v6i1.7781.
- [7] R. Fatahillah Murad, G. Almasir, C. Ronald Harahap, T. Komputer, and L. Ratu, "Pendeteksi Gas Amonia Untuk embesaran Anak Ayam Pada Box Kandang Menggunakan MQ-135," *J. Ilm. Mhs. Kendali dan List.*, vol. 3, no. 1, pp. 120–130, 2022.
- [8] D. H. Pradiansyah, W. Kurniawan, and D. Syaury, *Sistem Kontrol Kecepatan Motor Exhaust Fan Pada Cooking Hood Menggunakan Metode Fuzzy*, vol. 3, no. 8. 2019.
- [9] M. I. Esario and M. Yuhendri, "Kendali Kecepatan Motor DC Menggunakan DC Chopper Satu Kuadran Berbasis Kontroller PI," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, p. 296, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.108005.
- [10] F. B. Lubis, A. Yanie, T. Elektro, K. E. Listrik, F. Teknik, and D. Komputer, "Implementasi Pulse Width Modulation (PWM) Pada Penyaluran Limbah Cair Pupuk Kelapa Sawit Berbasis Arduino," *JET (Journal Electr. Technol.)*, vol. 7, no. 2, pp. 39–46, 2022, [Online]. Available: <https://jurnaltest.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/5394>