

PROTOTYPE SISTEM KENDALI KADAR KEPEKATAN ASAP PADA SMOKING ROOM DENGAN METODE FUZZY LOGIC BERBASIS ARDUINO

¹M. Sunan Ishfahani, ²Nur Hanifah Yuninda, ³Purwanto Gendroyono

^{1,2,3} Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

Email : sunanishfahani146@gmail.com

Abstract

The purpose of this research is to make prototype of smoke concentration levels control system in smoking room by fuzzy logic method based on arduino. The prototype is able to detect and control the smoke to stay constantly in allowed threshold to the smoking room and provide periodic information about the concentration level in that smoking room automatically. This research uses Research and Development Method, which includes requirements analysis, design, basic implementation into prototype form. Requirements analysis is based on the lack of smoke detection and control systems in smoking rooms. The design of the control system in this study is applied to fuzzy logic controller. This research emphasizes more on the basic implementation of the desired prototype by standards testing such as output voltage testing and fuzzyfication testing that have not arrived at the stage of efficiency testing. The results show that the system will be put into danger condition if the concentration of smoke reaches 80 PPM. At that level, the voltage measured by the sensor is in the range of 3.19 to 3.41 VDC with an average voltage increase of 0.035 to 0.04 VDC per PPM. Error in fuzzyfication testing is 0.04% and 0.08% based on calculation.

Keywords: Control System, Smoke, DC Fan, Smoking Room, Fuzzy Logic

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah membuat prototype sistem kendali kadar kepekatan asap pada smoking room dengan metode fuzzy logic berbasis arduino. Alat ini dapat mendeteksi dan mengendalikan asap agar tetap pada ambang batas yang diperbolehkan pada smoking room serta memberikan informasi secara periodik tentang kadar kepekatan asap yang terdapat pada smoking room secara otomatis. Penelitian ini menggunakan Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development) yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi dasar dalam bentuk prototype dan pengujian. Analisis kebutuhan didasari karena jarang terdapatnya sistem deteksi dan kendali asap pada smoking room. Perancangan sistem kendali pada penelitian ini diterapkan fuzzy logic controller. Penelitian ini lebih menekankan pada implementasi dasar dari prototype yang diinginkan dengan pengujian standar seperti pengujian tegangan keluaran dan pengujian fuzzyfikasi yang belum sampai pada tahap pengujian efisiensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem akan mengindikasikan sebuah bahaya jika kadar kepekatan asap mencapai 80 PPM. Pada kadar tersebut, tegangan yang terukur oleh sensor berada pada kisaran 3,19 sampai 3,41 VDC dengan rata-rata kenaikan tegangan sebesar 0,035 sampai 0,04 VDC per PPM. Error pada pengujian fuzzyfikasi adalah sebesar 0,04 % dan 0,08 % yang didasarkan pada perhitungan.

Kata kunci: Sistem Kendali, Asap, Kipas DC, Ruang Merokok, Logika Fuzzy

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sistem kendali semakin berperan penting dalam kehidupan sehari-hari. Sistem kendali berperan dalam berbagai sektor seperti industri, perkantoran, rumah tangga dan lain-lain. Salah satunya dalam hal sistem kendali kadar kepekatan asap rokok. Ketika seseorang merokok, asapnya akan mencemari lingkungan sekitar, udara dalam ruangan dan memberikan dampak buruk bagi kesehatan. Perokok mengetahui dengan baik dampak yang akan terjadi akibat merokok, tetapi hal tersebut tidak memberikan mereka kesadaran untuk berhenti merokok. Padahal, meskipun seseorang tidak secara langsung

merokok, hanya menghirup asap rokok orang lain saja secara signifikan juga dapat meningkatkan resiko kesehatan seperti halnya gangguan pernafasan, asma, kanker paru-paru, tumor dan sebagainya. Hal ini membuktikan betapa bahayanya asap rokok yang kita hirup dimanapun kita berada. Oleh karena itu diperlukan sebuah tempat khusus untuk mengurangi pencemaran asap rokok yaitu *smoking room*.

Smoking room ditujukan untuk mengurangi pencemaran udara di lingkungan sekitar dan mencegah efek bahaya asap rokok pada perokok khususnya perokok pasif. *Smoking room* selalu dicemari asap rokok yang pekat. Mengingat campuran kandungan asap rokok yang terdiri

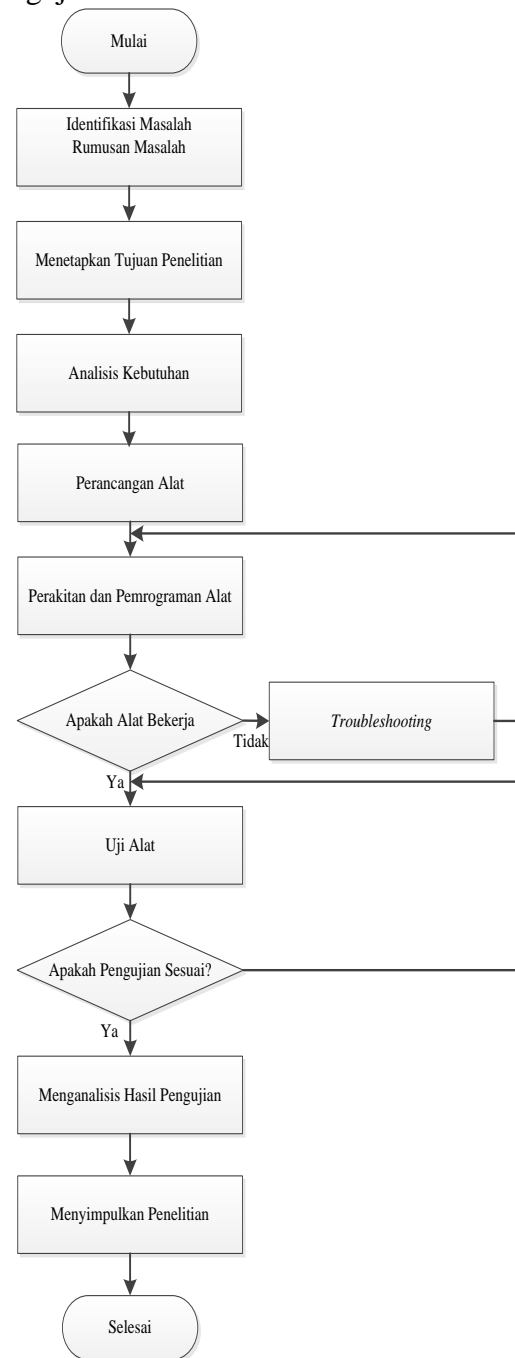
dari zat-zat berbahaya seperti Nikotin, Karbon Monoksida, Timah Hitam, Amoniak, Hidrogen Sianida dan Tar. *Smoking room* harus memiliki standar ukuran yang sesuai dengan sirkulasi udara yang baik. Standar ukuran minimum *smoking room* menurut PT. Djarum adalah 1 meter/orang. Sirkulasi udara yang berkaitan dengan ambang batas kadar asap rokok di dalam *smoking room* menurut WHO (*World Health Organization*) adalah sebesar 0,025 PPM/m³. Menurut penelitian Talumewo, et al. (2016) menyatakan bahwa pada saat kadar CO kurang dari 80 *Part Per Million (PPM)*, maka kipas DC (*Direct Current*) belum bekerja, setelah kadar CO lebih dari 80 PPM maka kipas DC akan berputar untuk menyedot asap rokok. Hal ini membuktikan bahwa kadar CO 80 PPM sangat membahayakan bagi kesehatan.

Penelitian tersebut belum menerapkan metode *fuzzy logic* sehingga timbulnya asap langsung dideteksi sebagai tingkat bahaya yang seragam. Kenyataannya, jumlah asap yang dihasilkan harus dikombinasikan dengan konsep kecerdasan buatan agar tingkat bahaya dapat diatur sehingga menghasilkan keputusan yang akurat untuk tindakan selanjutnya. Perokok yang berada di dalam *smoking room* biasanya menyalakan kipas (*exhaust fan*) secara manual untuk mengurangi kadar kepekatan asapnya. Tentu saja cara ini dianggap kurang praktis. Maka dari itu, peneliti membuat *prototype* sistem kendali kadar kepekatan asap pada *smoking room* dengan metode *fuzzy logic* berbasis arduino. Sistem kendali akan mendeteksi kadar kepekatan asap melalui sensor MQ2 disertai dengan perubahan PPM-nya (ΔPPM) seiring waktu. *Output* sistem kendali ini berupa kipas DC yang akan menyala otomatis dengan kecepatan putar kipas yang beragam berdasarkan kadar kepekatan asap yang dideteksi untuk mengurangi kepekatan asap pada *smoking room* secara terus-menerus. Apabila kadar kepekatan asap melebihi 80 PPM, maka LCD akan memberikan peringatan untuk segera keluar dari ruangan serta *buzzer* menyala.

METODE

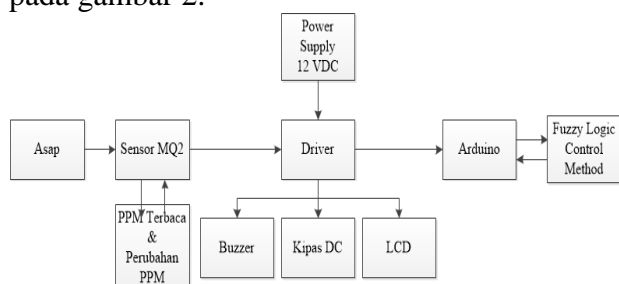
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*)

yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi dasar dalam bentuk *prototype* dan pengujian. Analisis kebutuhan didasari karena jarang terdapatnya sistem deteksi dan kendali asap pada *smoking room*. Perancangan sistem kendali pada penelitian ini diterapkan *fuzzy logic controller*. Penelitian ini lebih menekankan pada implementasi dasar dari *prototype* yang diinginkan dengan pengujian standar seperti pengujian tegangan keluaran dan pengujian *fuzzyfikasi* yang belum sampai pada tahap pengujian efisiensi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini bertujuan membuat *prototype* sistem kendali kadar kepekatan asap pada *smoking room* dengan menggunakan metode *fuzzy logic* berbasis arduino. Sistem kendali ini terdiri dari beberapa komponen elektronika antara lain adalah *power supply* 12 VDC, arduino UNO R3, sensor MQ2, kipas DC, LCD 20x4, *buzzer* dan komponen pelengkap lainnya. Diagram blok kerangka berpikir ditunjukkan pada gambar 2.



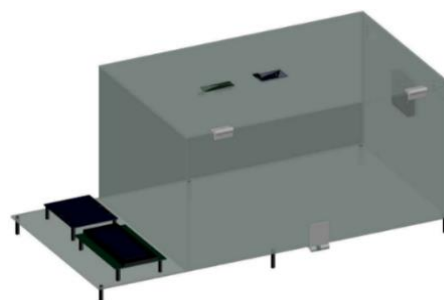
Gambar 2. Diagram Blok Kerangka Berpikir

Sistem akan mengendalikan kadar kepekatan asap pada *smoking room* dengan mengaktifkan kipas DC secara otomatis yang akan mengendalikan (menyedot asap) sehingga akan mengurangi kadar kepekatan asap pada *smoking room*. Inti *processing* dari sistem kendali ini adalah arduino yang diprogram dengan bahasa C sebagai *processing* dari *fuzzy logic* agar dapat mengendalikan perangkat yang terhubung. Sistem akan aktif ketika diberikan *power supply* 5 VDC pada arduino dan 12 VDC pada kipas DC. Sensor MQ2 membaca kadar kepekatan asap yang terdapat pada *smoking room*. LCD 20x4 akan menampilkan kadar kepekatan asap dan *warning system* setelah diproses Arduino. *Buzzer* aktif sebagai alarm ketika kadar kepekatan asap ditingkat yang berbahaya. Input system diproses menggunakan metode *fuzzy logic* pada arduino.

Ketika sensor MQ2 mendeteksi asap dalam jumlah tertentu (PPM), maka arduino memproses berdasarkan metode *fuzzy logic* dengan beberapa tahap. Dimulai dari mem-fuzzifikasi nilai *input*-an dari nilai *crisp*-nya menjadi variabel *fuzzy* sehingga didapatkan derajat keanggotaannya. Kemudian menentukan aturan *fuzzy*-nya untuk mendefuzzifikasi-kannya dengan cara mengagregasi nilai *fuzzy* sehingga didapatkan nilai *output*-nya yaitu kipas DC yang dapat mengatur kecepatannya. Pada kadar kepekatan tertentu, kipas DC tersebut akan berputar dengan tingkat tertentu. Selama pembacaan kadar kepekatan asap oleh sensor, LCD 20x4 menampilkan perubahan kadar kepekatan asap (dalam PPM) serta kecepatan kipasnya (dalam %). Kipas DC dapat mengatur kecepatannya secara otomatis menjadi 3 *speed* yaitu *speed low*, *speed medium*, *speed high*. Pada kadar kepekatan asap yang

melebihi ambang batas, sistem akan memberikan peringatan berupa *buzzer* aktif dan LCD 20x4 menampilkan tulisan “KELUAR DARI RUANGAN!”

Alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain: Arduino UNO R3, sensor MQ2, LCD 20X4, kipas DC, driver control, bor listrik, obeng, tang, transistor TIP41C, dioda IN4004, kapasitor 2A4J10, kabel jumper dan akrilik. Mekanik alat didesain seperti bentuk kultur *smoking room* berbentuk ruangan persegi panjang berdimensi balok menggunakan akrilik. Mekanik alat disesuaikan dengan penggunaan komponen elektronika seperti sensor dan lainnya. Mekanik alat dirancang menggunakan skala 1:20 berdasarkan ukuran *smoking room* asli dengan ukuran panjang 6 meter, lebar 4 meter, tinggi 3 meter sehingga dibuat menjadi panjang 30 cm x 20 cm, tinggi 15 cm seperti terdapat pada gambar 3.

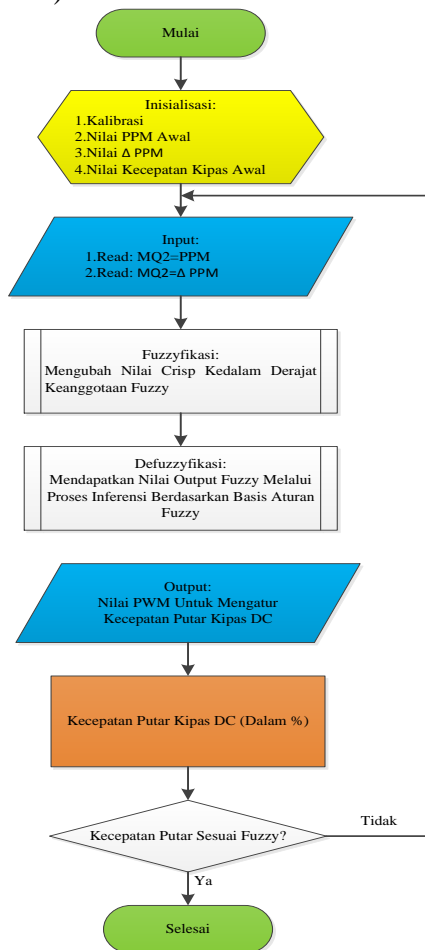


Gambar 3. Desain Alat Tampak Samping

Input system terdiri dari sebuah sensor yaitu sensor MQ2 yang berfungsi untuk mendeteksi asap. Setelah didapatkan nilai parameter *input*, dilakukan proses kendali oleh Arduino. Di dalamnya terdapat proses kendali metode *fuzzy logic* dengan teknik agregasi yang sudah ditentukan program Arduino dan dilengkapi dengan *driver control*-nya. Setelah melalui proses kendali, maka dihasilkan *output system* berupa kecepatan kipas DC, LCD dan *buzzer*.

Sistem pengendalian pada alat ini bekerja berdasarkan metode *fuzzy logic*. Pada pengendalian putaran kipas, terdapat *input* untuk mengetahui kadar kepekatan asap dan ΔPPM . *Input*-an dilanjutkan ke dalam proses *fuzzy*. *Input*-an inilah yang akan di-fuzzifikasi-kan ke himpunan *fuzzy* dan menjadi fungsi keanggotaan *fuzzy*. Sensor MQ2 yang mendeteksi kadar kepekatan asap di-fuzzifikasi-kan berdasarkan himpunan keanggotaannya mengikuti perubahan PPM-nya. Kemudian dilakukan proses penalaran berdasarkan *rule base system* menggunakan operator MAX-MIN sesuai metode FIS MAMDANI. Selanjutnya mendefuzzifikasi-kan dengan metode *center of sum*

untuk mendapatkan hasil kecepatan kipas putar (dalam %)



Gambar 4. Flowchart Utama Alat

Teknik dan prosedur pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Analisis kebutuhan yang dibutuhkan pada pembuatan *prototype* ini.
2. Merancang alat, membuat mekanik alat dan memprogram *prototype* sistem kendali kadar kepekatan asap dengan metode *fuzzy logic* berbasis arduino berbahasa C.
3. Mensimulasikan sistem kendali dengan *hardware* serta melakukan instalasi *software*.
4. Melakukan eksperimen pengujian *hardware* dan *software* terhadap sistem kendali.
5. Mengambil data hasil pengujian *hardware* dan *software* dan menganalisisnya.
6. Mengambil kesimpulan hasil penelitian dari analisis data yang diperoleh dari pengujian sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian alat ini terdiri dari 2 yaitu pengujian tegangan dan pengujian *fuzzyfikasi*. Pengujian tegangan *output* sensor MQ2 ini berguna untuk mengetahui perubahan tegangan *output* sensor terhadap perubahan nilai

PPM yang dibaca oleh sensor MQ2. Pengujian percobaan pertama dan kedua terdapat pada tabel 1 dan 2. Pengujian percobaan pertama dilakukan ketika sistem benar-benar baru diaktifkan, sementara pengujian percobaan kedua dilakukan ketika sistem sudah diaktifkan dan digunakan secara berkala. Pengujian ini dilakukan di ruangan ber-AC dengan pengaturan suhu 16 °C. Ukuran ruangan sebesar 3 meter x 2,5 meter. Demi memacu kenaikan *PPM*, digunakan rokok yang ditambahkan seiring waktu dari 1 batang rokok sampai dengan 3 batang rokok yang dibakar dan diletakkan di dalam miniatur *smoking room*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan *Output* Sensor MQ2 (Percobaan 1)

No	(PPM)	Teg. Terukur (VDC)
1	0	2,31
2	5	2,55
3	8	2,65
4	10	2,68
5	15	2,77
6	19	2,86
7	22	2,91
8	27	2,92
9	35	2,99
10	40	3,01
11	44	3,04
12	53	3,1
13	56	3,11
14	61	3,12
15	68	3,14
16	71	3,15
17	79	3,16
18	82	3,19
19	90	3,2
20	93	3,22

Tabel 2. Hasil Pengujian Tegangan *Output* Sensor MQ2 (Percobaan 2)

No	(PPM)	Teg. Terukur (VDC)
1	0	2,66
2	5	2,84
3	8	2,90
4	10	3,07
5	15	3,09
6	19	3,12
7	22	3,15
8	27	3,20
9	35	3,21
10	40	3,23
11	44	3,24
12	53	3,25
13	56	3,28
14	61	3,29
15	68	3,31
16	71	3,34
17	79	3,35

18	82	3,36
19	90	3,41
20	93	3,44

Pada pengujian *software* ini, dibandingkan antara hasil *defuzzyfikasi* sistem yang ditampilkan pada *LCD* dengan *defuzzyfikasi* menggunakan perhitungan manual. Pembuktian perhitungan dan analisisnya terdapat setelah tabel 4.

Pada pengujian *software* ini, dilakukan pengujian *fuzzyfikasi* pada saat *PPM* naik dan turun. Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada tabel 3, 4 dan gambar 8, 9, dapat disimpulkan bahwa pada saat *PPM*-nya naik, maka kecepatan putar kipas akan naik, sedangkan pada saat *PPM*-nya turun, maka kecepatan putar kipas akan turun. Kipas terus bekerja berdasarkan *fuzzy logic control method* untuk mengendalikan *PPM* supaya tetap pada ambang batas yang diperbolehkan sistem yaitu 80 *PPM*. Berdasarkan hasil pembacaan pada *LCD*, nilai *fuzzy* dari kecepatan putar kipas ditampilkan dalam bilangan desimal dengan pembulatan 5 ke bawah dan 5 ke atas. Apabila dibandingkan dengan perhitungan manual, maka akan terdapat nilai *error*-nya. Hal ini disebabkan karena pada perhitungan manual, nilainya *riil* dan bulat dengan beberapa angka di belakang koma. Rata-rata *error* hasil pengujian *software* ini adalah 0,04 % pada pengujian *fuzzy* naik dan 0,08 % pada pengujian *fuzzy* turun.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Fuzzy* Naik

No.	Jumlah Rokok (Batang)	Waktu Menit Ke-	PPM		Kecepatan Kipas		
			LCD (PPM)	ΔPPM (PPM)	LCD (%)	Hitung (%)	Error (%)
1	1	0-2		3	10	10	0
2	1	2-4	10	5	10	10	0
3	1	4-6		7	29,95	30	0,17
4	1	6-8		3	34,65	34,69	0,12
5	1	8-10	25	5	30	30	0
6	1-2	10-12		7	34,70	34,69	0,03
7	1-2	12-14		3	34,75	34,69	0,17
8	1-2	14-16	45	5	50	50	0
9	1-2	16-18		7	65,30	65,31	0,02
10	1-2	18-20	65	3	65,30	65,31	0,02
11	2-3	20-22		5	70	70	0
12	2-3	22-24		7	65,35	65,31	0,06
13	2-3	24-26		3	65,30	65,31	0,05
14	2-3	26-28	85	5	90	90	0
15	3	28-30		7	85	85	0
16	3	30 +		3	90	90	0
17	3	30 +	100	5	90	90	0
18	3	30 +		7	90	90	0

Tabel 4. Hasil Pengujian *Fuzzy* Turun

No.	Jumlah Rokok (Batang)	Waktu Menit Ke-	PPM		Kecepatan Kipas		
			LCD (PPM)	ΔPPM (PPM)	LCD (%)	Hitung (%)	Error (%)
1	3	0-2		7	90	90	0
2	3	2-4	100	5	90	90	0
3	3	4-6		3	89,95	90	0,06
4	3	6-8		7	85	85	0
5	2-3	8-10	85	5	89,95	90	0,11

6	2-3	10-12		3	65	65,31	0,47
7	2-3	12-14		7	65	65,31	0,47
8	2-3	14-16	65	5	70	70	0
9	1-2	16-18		3	65,30	65,31	0,02
10	1-2	18-20	45	7	65,25	65,31	0,09
11	1-2	20-22		5	50	50	0
12	1-2	22-24		3	34,70	34,69	0,03
13	1-2	24-26		7	34,65	34,69	0,12
14	1	26-28	25	5	30	30	0
15	1	28-30		3	34,65	34,69	0,12
16	1	30 +		7	30	30	0
17	1	30 +	10	5	10	10	0
18	1	30 +		3	10	10	0



Gambar 5. Pengujian *Software*

Contoh pembuktian perhitungan manual untuk nomor 9 pada tabel 3 dengan terdapat *error* sebesar 0,02 %.

PPM : 45 *PPM*

Δ*PPM* : 7 *PPM*

Kecepatan Putar Kipas : 65,3125 %

Derajat keanggotaan *PPM* pada saat nilainya 45 *PPM* adalah *Low* (Representasi Linear Naik) dan *Medium* (Representasi Linear Turun).

$$Low = \left(\frac{b - x}{b - a}\right) = \left(\frac{50 - 45}{50 - 40}\right) = 0,5$$

$$Medium = \left(\frac{x - a}{b - a}\right) = \left(\frac{45 - 40}{50 - 40}\right) = 0,5$$

Derajat keanggotaan Δ*PPM* pada saat nilainya 7 *PPM* adalah *Medium* (Representasi Linear Turun) dan *High* (Representasi Linear Naik).

$$Medium = \left(\frac{b - x}{b - a}\right) = \left(\frac{8 - 7}{8 - 6}\right) = 0,5$$

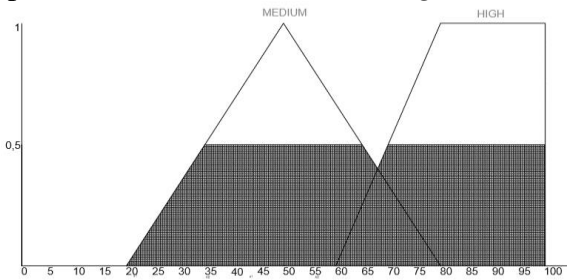
$$High = \left(\frac{x - a}{b - a}\right) = \left(\frac{7 - 6}{8 - 6}\right) = 0,5$$

Dengan merujuk pada tabel sebelumnya dan menggunakan operator *MAX* yakni dengan mengambil nilai yang maksimum atau lebih besar, maka didapatkan aturan sebagai berikut:

1. Jika *PPM Low* (0,5), dan Δ*PPM Medium* (0,5), maka kecepatan putar kipas *Medium* (0,5).
2. Jika *PPM Low* (0,5), dan Δ*PPM High* (0,5), maka kecepatan putar kipas *Medium* (0,5).
3. Jika *PPM Medium* (0,5), dan Δ*PPM Medium* (0,5), maka kecepatan putar kipas *Medium* (0,5).
4. Jika *PPM Medium* (0,5), dan Δ*PPM High* (0,5), maka kecepatan putar kipas *High* (0,5).

Berdasarkan 4 aturan diatas, diambil kesimpulan aturan menggunakan operator *MIN* atau mengambil nilai minimum sehingga didapatkan kesimpulan aturan kecepatan putar

kipas sebagai berikut: “Maka kecepatan putar kipas adalah *Medium* (0,5) dan *High* (0,5)”



Gambar 5. Mem. *Medium* (0,5) & *High* (0,5)

Berdasarkan hasil perhitungan manual dari kecepatan putar kipas pada saat *PPM*-nya 45 *PPM* dan Δ *PPM*-nya 7 *PPM* yang terdapat pada tabel 5 adalah sebesar 65,31 %. Artinya terdapat *error* sebesar 0,02 % pada proses *fuzzyfikasi* di program arduino.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. *Hardware* alat dibuat sesuai dengan rancangan desain mekanik alat. *Software* diprogram dengan program utama dan program komputasi untuk *fuzzy logic* yang di-*interface*-kan ke program utamanya.
2. Pada pengujian tegangan pada setiap *PPM*, kenaikan tegangan *output* sensor MQ2 linear tetapi tidak konstan. Rata-rata kenaikan tegangan *output*-nya mencapai 0,04 *VDC* jika sistem baru benar-benar diaktifkan. Rata-rata kenaikan tegangan *output*-nya mencapai 0,035 *VDC* jika sistem benar-benar dalam keadaan *steady state*.
3. Pada pengujian *fuzzyfikasi*, didapatkan ketika kadar *PPM* naik, maka kecepatan putar kipas akan naik, ketika kadar *PPM* turun, maka kecepatan putar kipas akan turun.
4. Sistem akan memberikan sinyal bahaya berupa aktifnya *buzzer* jika dan hanya jika kadar kepekatan asap mencapai 80 *PPM*.
5. Kecepatan putar kipas yang ditampilkan sistem oleh *LCD* menunjukkan nilai desimal yang bulat, sehingga terdapat perbedaan apabila dibandingkan dengan perhitungan manual. Pada sistem oleh *LCD* terbaca 34,65 sedangkan pada perhitungan terbaca 34,6875. Artinya terdapat *error* sebesar 0,12 %.
6. Rata-rata *error* pada pengujian *fuzzyfikasi* naik dan turun masing-masing terdapat pada angka 0,04 % dan 0,08 %.

Saran

1. Peneliti menyarankan untuk melakukan pengujian efisiensi alat pada penelitian ini.
2. Peneliti menyarankan untuk memperhatikan kondisi lingkungan sekitar terhadap sensor.
3. Peneliti menghimbau kepada seluruh masyarakat umum untuk mengenali lebih baik lagi bahaya dari rokok.
4. Peneliti menghimbau kepada seluruh masyarakat umum yang menjadi perokok aktif untuk segera sadar dan berhenti merokok.
5. Peneliti mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca agar memotivasi peneliti untuk terus giat melakukan penelitian yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindya, C., Festiawan, F.B., Fuada, S., & Shofiyulloh, D. (2013). Implementasi *Microcontroller* Sebagai Detektor Asap Rokok Sederhana. Seminar Nasional Teknologi Informasi 2013, 1:1-7.
- Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. (2007). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Cetakan ke-4*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kuswadi, Son. (2007). *Kendali Cerdas, Teori dan Aplikasi Praktisnya*. Yogyakarta: C. V. Andi Offset.
- Pandjaitan, Lanny. W. (2007). *Dasar-dasar Komputasi Cerdas*. Yogyakarta: C. V. Andi Offset.
- Sitepoe, Mangku. (2000). *Kekhususan Rokok Indonesia*. Jakarta: Grasindo.
- Talumewo, R.F., Sompie, S.R.U.A., Mamahit, D.J., & Narasiang, B.S. (2012). Rancang Bangun Alat Pengkondisi Udara Pada Ruangan Menggunakan Sensor CO dan Temperatur. *Jurnal Teknik Elektro, FT-UNSRAT*, 1:1-6.
- Utomo, B.T.W., Saputro, D.S. (2016). Simulasi Sistem Pendeteksi Polusi Ruangan Menggunakan Sensor Asap dengan Pemberitahuan Melalui SMS (Short Message Service) dan Alarm Berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasia ASIA (JITIKA)*, 10:56-6