

# Sistem Kendali Otomatis Monitoring Dan Controlling Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis NodeMCU

Sigit Dimas Prasetyo<sup>1</sup>, Dedi Setiawan<sup>2</sup>, Rendy Syahputra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma Medan

Email: <sup>1</sup>sigitdms21@gmail.com, <sup>2</sup>setiawandedi07@gmail.com, <sup>3</sup>rendy25051992@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: sigitdms21@gmail.com

## Abstrak

Udara merupakan suatu gas yang terdapat pada permukaan bumi. Udara adalah sumber daya alam yang sangat dibutuhkan bagi makhluk hidup. Akan tetapi ada banyak faktor yang menyebabkan terkontaminasinya udara bersih, salah satunya dikarenakan adanya area pertambangan batu bara yang menyebabkan udara menjadi tidak sehat bagi makhluk hidup. Oleh karena itu melihat dari permasalahan tersebut maka diperlukan sistem yang akan bekerja untuk filterisasi udara serta penurunan kelembaban guna menghasilkan udara yang bersih dan sehat bagi makhluk hidup terutama pada manusia. Dengan mengkombinasikan internet of things kedalam sistem, maka sistem dapat dimonitoring kapan saja dan dimana saja serta penambahan teknik fuzzy kedalam sistem tentunya akan membuat sistem terkontrol dengan baik sesuai dengan aturan yang sudah ditetapkan. Dengan demikian, hasil yang diperoleh adalah terciptanya sebuah sistem untuk mendeteksi tingkat kualitas udara dan kelembaban udara serta penyaring udara dan penurunan kelembaban secara otomatis. Pengaplikasian pada ruangan rumah, sistem ini cukup efektif digunakan terutama untuk menghindari penyakit ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut).

**Kata Kunci:** Air Filter, Fuzzy, IoT, Kualitas Udara, Tambang Batu Bara

## 1. PENDAHULUAN

Rumah merupakan suatu bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal ataupun tempat bernaung dari segala kondisi alam sekitar, seperti panas matahari, hujan dan lain-lain [1]. Bukan hanya sebagai tempat tinggal saja, rumah juga dapat menjadi faktor kesehatan. Lingkungan rumah yang sehat sangat berpengaruh terhadap kesehatan fisik makhluk hidup. Faktor penting sebagai penunjang lingkungan yang sehat adalah kualitas udara yang memenuhi standart kesehatan [2].

Penyebab polusi udara disebabkan karna faktor alam maupun faktor manusia. Penyebab pencemaran udara dari faktor alam adalah seperti meletusnya gunung berapi, kebakaran hutan ataupun kegiatan mikroorganisme sedangkan penyebab pencemaran udara dari faktor manusia adalah seperti pembakaran sampah, asap kendaraan, pembuangan limbah, proses pembangunan jalan atau gedung, pertambangan dan lain-lain [3]. Kawasan industri termasuk penyumbang polusi yang cukup besar sehingga daerah-daerah industri juga merupakan daerah yang udaranya kurang sehat [4]. Dalam hal ini daerah-daerah pedesaan juga terdapat industri contohnya seperti industri pertambangan batu bara. Penambang batu bara sudah pasti akan memberikan sumbangan polusi udara.

Pada perancangan sistem pendeteksi kualitas udara sebelumnya peneliti membuat studi kasusnya di lingkungan perumahan. NodeMCU sebagai pengendali utamanya serta komponen input pendukungnya adalah MQ-2 Sensor dan DHT-11 [5].

Adapun kekurangan dari penelitian sebelumnya ialah sistem hanya memonitoring saja, dengan *output* penampil datanya secara virtual di website serta *output* fisiknya melalui led. Pada kasus ini tidak ada action untuk mengurangi efek dari zat yang dideteksi untuk di netralkan atau di bersihkan.

*Internet Of Things* adalah suatu konsep dimana objek tertentu punya kemampuan untuk mentransfer data lewat jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer [6]. Penerapan *Internet Of Things* dalam rancang bangun alat ini menggunakan platform telegram messenger. Telegram messenger merupakan platform untuk aplikasi OS Mobile (iOS dan Android) yang bertujuan untuk kendali modul Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, WEMOS D1, dan modul sejenisnya melalui internet [7].

Media yang akan digunakan sebagai notifikasi serta informasi menggunakan model *Internet Of Things* smartphone dengan bantuan aplikasi blynk.

Lingkungan rumah yang sehat adalah faktor penentu udara yang kita hirup setiap harinya bagus sesuai standart kesehatan [8].

Untuk itu cara mengetahui tingkat kualitas udara dan suhu serta kelembaban yang baik diperlukan suatu alat yang dapat memantau langsung. Sensor yang digunakan ialah DHT-11 yang berfungsi sebagai pengukur tingkat suhu dan kelembaban udara serta sensor MQ-7 yang berfungsi sebagai pendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri ataupun kendaraan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian berupa kerangka kerja sistem adalah sebagai berikut :



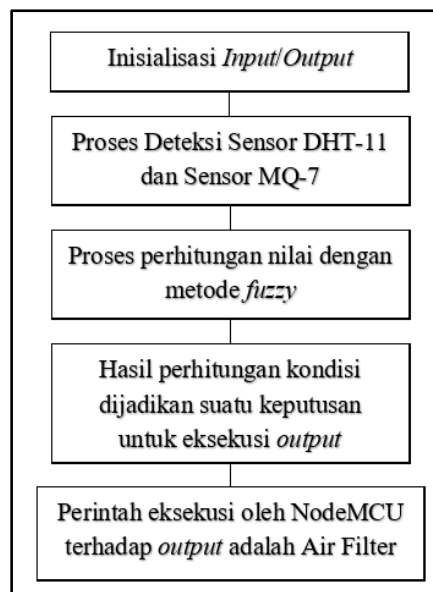
Gambar 1. Tahapan Penelitian Kerangka Kerja Sistem

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diuraikan langkah-langkah yang dilakukan pada tahapan penelitian yaitu:

- a. Mengidentifikasi Masalah  
Memahami permasalahan yang akan terjadi pada kualitas udara di area pertambangan agar mendapatkan standarisasi kualitas udara yang baik serta pembuatan sistem kendali yang layak untuk diuji.
- b. Menganalisa Masalah  
Analisa dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan permasalahan terhadap buruknya udara pada area pertambangan kemudian mengambil kesimpulan sehingga masalah yang terjadi dapat diatasi.
- c. Menentukan Tujuan  
Menetapkan tujuan yang hendak akan dicapai dimaksudkan agar hasil yang diharapkan tidak berbeda dengan tujuan yang diharapkan sebelumnya. Target yang akan dituju dalam penelitian ini adalah perancangan sistem kendali yang dapat mengurangi dampak terkena penyakit, terutama penyakit ISPA.
- d. Mempelajari Literatur  
Memahami sumber-sumber ilmiah dari berbagai jurnal penelitian dan buku-buku yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan sehingga dapat membantu dalam penyelesaian masalah yang terjadi
- e. Mengumpulkan Data  
Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Pengumpulan data pada penelitian ini mencakup kondisi penempatan sistem yang akan dirancang agar sistem yang dibangun dapat berfungsi dan bekerja sebagai mana mestinya, dan sistem dapat melakukan fungsinya dengan baik.
- f. Mendesain Sistem  
Pada tahap ini desain sistem yang dimaksud adalah berupa perencanaan serta perancangan sistem kendali otomatis monitoring dan controlling kualitas udara, menentukan komponen-komponen apa saja yang dibutuhkan dan menentukan tampilan pada sistem sehingga rancangan dapat berfungsi sesuai dengan tujuan
- g. Mengimplementasikan teknik fuzzy  
Metode yang digunakan adalah teknik fuzzy, dalam hal ini proses yang dilakukan adalah menerapkan teknik fuzzy sebagai penghubung antara sistem kendali dan sistem monitoring

- h. Pengujian Sistem  
Setelah perancangan sistem maka masalah ditahap pengujian. Langkah uji coba yang dilakukan dengan melakukan tes setiap komponen yang digunakan pada sistem. Hasil uji coba yang didapatkan akan menjadi acuan keberhasilan sistem yang akan dibangun
- i. Analisa Hasil  
Dari data yang diperoleh dari hasil pengujian sistem maka dilakukan analisa kembali untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat
- j. Pengambilan Keputusan  
Menentukan hasil dari sistem yang dibangun apakah sistem layak digunakan atau harus dilakukan perbaikan.

## 2.2 Algoritma Sistem



Gambar 2. Algoritma Sistem

Adapun penjelasan dari algoritma sistem diatas sebagai berikut :

- a. Proses input kelembaban serta karbon monoksida (CO) dari sensor DHT-11 dan MQ-7.
- b. Proses pendeteksian nilai akan diolah melalui perhitungan fuzzy.
- c. Proses perhitungan nilai dari data yang diperoleh terhadap sensor DHT-11 dan MQ-7 dengan metode fuzzy.
- d. Hasil dari perhitungan nilai akan dikirimkan untuk diproses oleh NodeMCU untuk dapat menjalankan output sesuai perintah yang dikirimkan oleh input.
- e. Proses eksekusi menyesuaikan dengan kondisi yang telah ditetapkan untuk dijalkannya output pada sistem.

## 2.3 Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah pengembangan dari logika boolean oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1965. Dengan menghadirkan gagasan berupa tingkatan derajat dalam memverifikasi suatu kondisi sehingga memungkinkan suatu kondisi berada dalam keadaan selain benar atau salah seperti lambat, agak cepat, cepat dan sangat cepat.

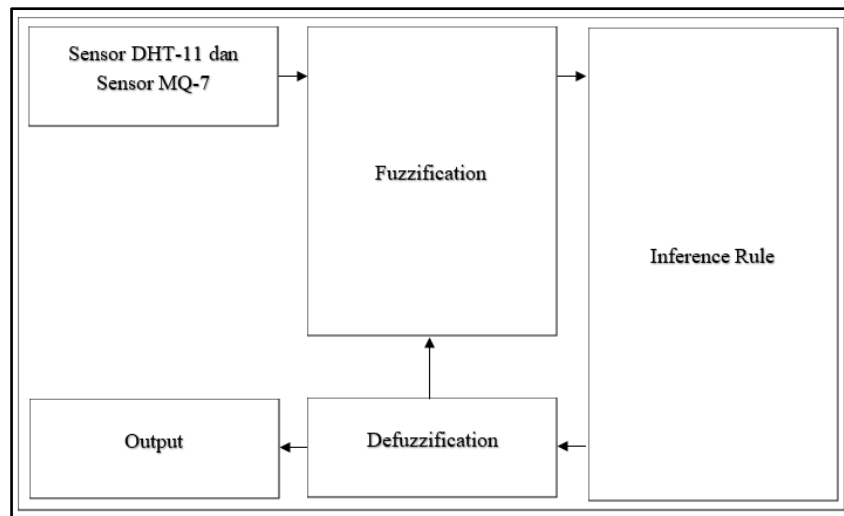
Logika fuzzy memiliki kemampuan seperti penalaran pada otak manusia dimana suatu himpunan dapat mewakili dua variabel linguistik sekaligus berdasarkan nilai derajat keanggotaan dengan fungsi keanggotaan tertentu [9].

## 2.4 Tahapan Logika Fuzzy

Penerapan fuzzy dapat direalisasikan berupa algoritma sistem, dimana satu-satunya cara untuk membuat karegori setiap angka atau data yang terukur menjadi golongan atau kategori sesuai prinsip logika fuzzy [10].

Tahapan-tahapan dalam logika fuzzy pada sistem ini adalah sebagai berikut :

- a. Fuzzification adalah proses untuk mendapatkan derajat keanggotaan dari sebuah nilai numerik masukan (crisp).
- b. Inference Rule adalah proses pembentukan aturan-aturan yang akan digunakan kedalam suatu sistem.
- c. Defuzzification adalah proses untuk mengubah hasil penalaran yang berupa derajat keanggotaan keluaran menjadi variable numerik kembali.



Gambar 3. Tahapan Logika Fuzzy

Tabel 1. Nilai Keanggotaan *fuzzy* DHT-11 Dan MQ-7

Nama Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Domain
DHT-11	Rendah	0% - 40%
	Normal	25% - 75%
	Tinggi	60% - 100%
MQ-7	Aman	0 - 150 ppm
	Tidak Sehat	100 - 500 ppm
	Berbahaya	400 - 2000+ ppm

## 2.5 Implementasi Metode Fuzzy Pada Sistem

### 2.5.1 Fuzzification

Untuk pemisalan bagaimana bila *input* kelembaban 62% RH dan *input* karbon monoksida 750 PPM. Berdasarkan kurva fuzzyfikasi dengan nilai *input* 62 maka nilai sensor tersebut terletak pada variabel linguistik “NORMAL” dan “TINGGI”, sedangkan *input* 750 maka nilai sensor tersebut terletak pada variabel linguistik “TIDAK SEHAT” dan “BERBAHAYA”.

Pada proses fuzzyfikasi untuk mencari nilai keanggotaan maka diketahui :

Jika pada titik derajat keanggotaan terdapat (  $a < x \leq b$  ), maka rumus yang digunakan adalah :  $((x-a))/((b-a))$

Jika pada titik derajat keanggotaan terdapat (  $b < x \leq c$  ), maka rumus yang digunakan adalah :  $((c-x))/((c-b))$

Ket : a = nilai terendah derajat keanggotaan

b = nilai tengah derajat keanggotaan

c = nilai tertinggi derajat keanggotaan

x = nilai input yang akan di ubah kedalam bilangan fuzzy

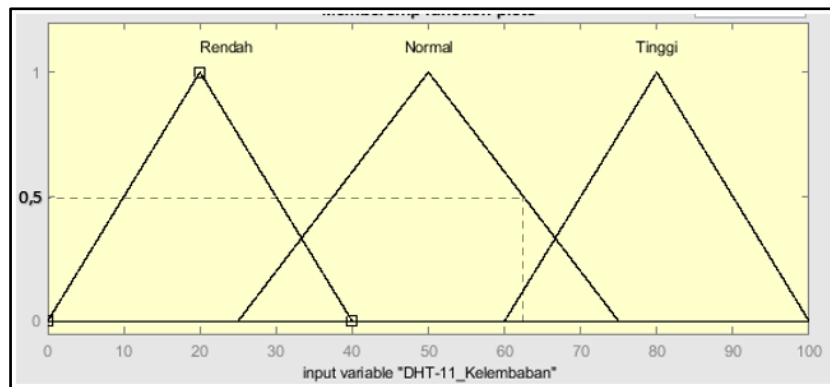
1. Variabel Kelembaban NORMAL, diketahui :

a = 25      b = 50      c = 75      x = 62, dikarenakan :  $b < x \leq c$

Maka :

$$\begin{aligned} \mu_{Normal} [62] &= \frac{(c-x)}{(c-b)} \\ &= \frac{(75-62)}{(75-50)} \\ &= \frac{13}{25} \\ &= 0,52 \sim 0,5 \end{aligned}$$

Maka grafik yang terbektuk adalah :



Gambar 4. Derajat Keanggotaan Kelembaban Normal

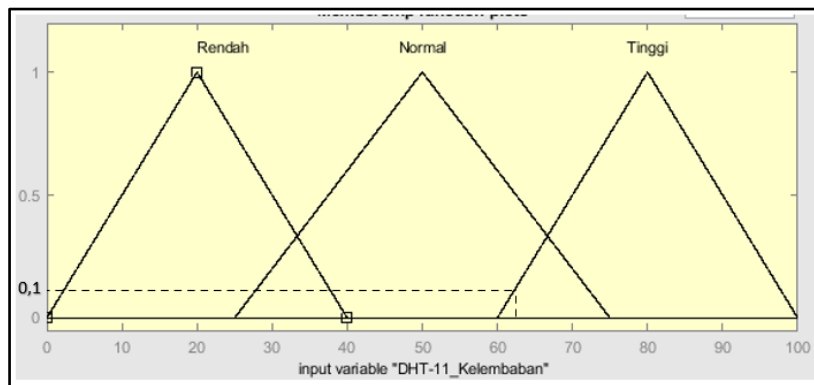
2. Variabel Kelembaban TINGGI, diketahui :

$$a = 60 \quad b = 80 \quad c = 100 \quad x = 62, \text{dikarenakan : } a < x \leq b$$

Maka :

$$\begin{aligned} \mu_{Tinggi} [62] &= \frac{(x-a)}{(b-a)} \\ &= \frac{(62-60)}{(80-60)} \\ &= \frac{2}{20} \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

Maka grafik yang terbektuk adalah :



Gambar 5. Derajat Keanggotaan Kelembaban Tinggi

3. Variabel Karbon Monoksida TIDAK SEHAT, diketahui :

$$a = 200 \quad b = 600 \quad c = 1000 \quad x = 750, \text{dikarenakan : } b < x \leq c$$

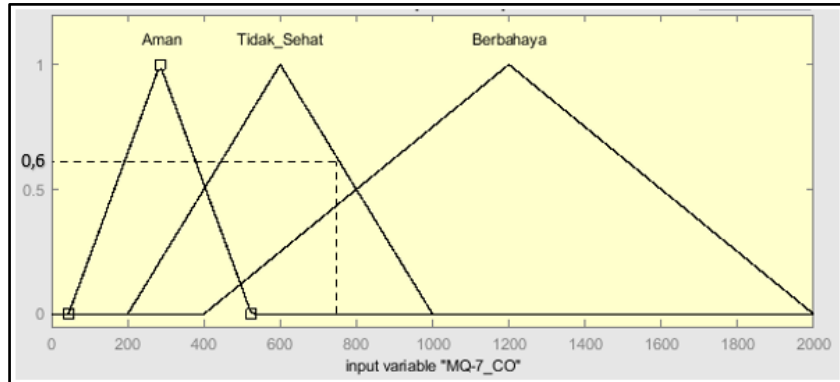
Maka :

$$\begin{aligned} \mu_{Tidak\ Sehat} [750] &= \frac{(c-x)}{(c-b)} \\ &= \frac{(1000-750)}{(1000-600)} \end{aligned}$$

$$= \frac{250}{400}$$

$$= 0,625 \sim 0,6$$

Maka grafik yang terbebtuk adalah :



Gambar 6. Derajat Keanggotaan Karbon Monoksida Tidak Sehat

4. Variabel Karbon Monoksida BERBAHAYA, diketahui :

a = 400      b = 1200      c = 2000      x = 750, dikarenakan :  $a < x \leq b$

Maka :

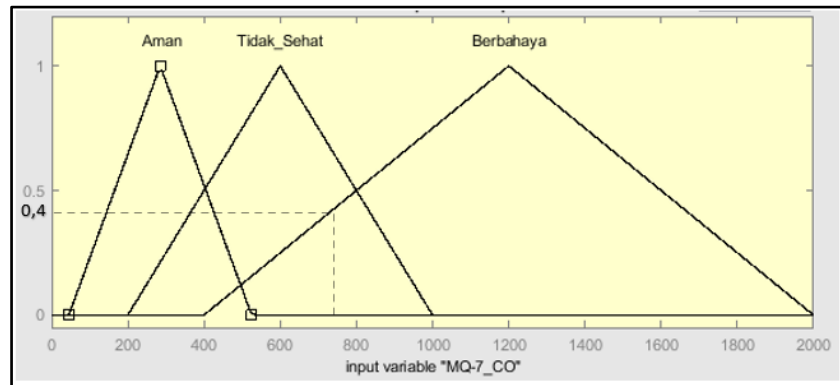
$$\mu_{Berbahaya} [750] = \frac{(x-a)}{(b-a)}$$

$$= \frac{(750-400)}{(1200-400)}$$

$$= \frac{350}{800}$$

$$= 0,43 \sim 0,4$$

Maka grafik yang terbebtuk adalah :



Gambar 7. Derajat Keanggotaan Karbon Monoksida Berbahaya

**2.5.2 Inference Rule**

Tabel 2. Aturan Fuzzy Untuk Sistem Kontrol

Karbon Monoksida		Kelembaban		
		Rendah	Normal	Tinggi
Karbon Monoksida	Aman	Air Filter (OFF)	Air Filter (OFF)	Air Filter (ON)
	Tidak Sehat	Air Filter (ON)	Air Filter (ON)	Air Filter (ON)

	Berbahaya	Air Filter (ON)	Air Filter (ON)	Air Filter (ON)
--	-----------	-----------------	-----------------	-----------------

- [R1] If (Karbon Monoksida is Aman) And (Kelembaban is Rendah) Then (Air Filter is OFF)
- [R2] If (Karbon Monoksida is Aman) And (Kelembaban is Normal) Then (Air Filter is OFF)
- [R3] If (Karbon Monoksida is Aman) And (Kelembaban is Tinggi) Then (Air Filter is ON)
- [R4] If (Karbon Monoksida is Tidak Sehat) And (Kelembaban is Rendah) Then (Air Filter is ON)
- [R5] If (Karbon Monoksida is Tidak Sehat) And (Kelembaban is Normal) Then (Air Filter is ON)
- [R6] If (Karbon Monoksida is Tidak Sehat) And (Kelembaban is Tinggi) Then (Air Filter is ON)
- [R7] If (Karbon Monoksida is Berbahaya) And (Kelembaban is Rendah) Then (Air Filter is ON)
- [R8] If (Karbon Monoksida is Berbahaya) And (Kelembaban is Normal) Then (Air Filter is ON)
- [R9] If (Karbon Monoksida is Berbahaya) And (Kelembaban is Tinggi) Then (Air Filter is ON)

Dari Rule diatas maka terbentuklah nilai keanggotaan tabel kombinasi, seperti tabel dibawah ini:

Tabel 3. Kombinasi Rule Fuzzy

Karbon Monoksida		Kelembaban		
		Rendah	0,5	0,1
	Aman	Air Filter (OFF)	Air Filter (OFF)	Air Filter (ON)
	0,6	Air Filter (ON)	Air Filter (ON)	Air Filter (ON)
	0,2	Air Filter (ON)	Air Filter (ON)	Air Filter (ON)

Selanjutnya berdasarkan tabel inferensi keseluruhan hanya rule 5 dan 9 yang digunakan. Proses inferensi dilakukan dengan proses conjunction dan disjunction yaitu memilih derajat keanggotaan minimum atau maksimum. Pembahasan pada kasus menggunakan fungsi AND maka yang dicari adalah derajat keanggotaan minimum.

$$\text{Karbon Monoksida} = \{0.6, 0.4\}$$

$$\text{Kelembaban} = \{0.5, 0.1\}$$

$$\text{Karbon Monoksida} \cap \text{Kelembaban} = \{\text{MIN}(0.6, 0.5), \text{MIN}(0.6, 0.1), \text{MIN}(0.4, 0.5), \text{MIN}(0.4, 0.1)\} \\ = \{0.5, 0.1, 0.4, 0.1\}$$

Selanjutnya masukkan nilai yang telah diterapkan operator AND ke tabel, seperti tabel dibawah ini :

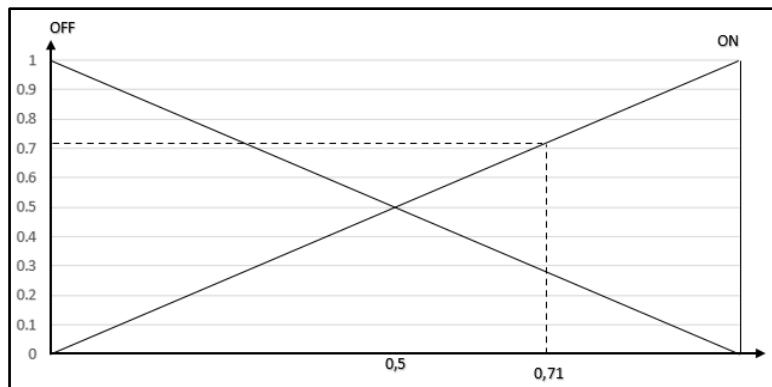
Tabel 4. Penerapan Operator AND

Karbon Monoksida		Kelembaban		
		Rendah	0,5	0,1
	Aman	Air Filter (OFF)	Air Filter (OFF)	Air Filter (ON)
	0,6	Air Filter (ON)	0,5	0,1
	0,2	Air Filter (ON)	0,4	0,1

**2.5.3 Defuzzification**

Dari hasil inferensi maka ditentukanlah derajat keanggotaan Air Filter

$$Y_{COA} = \frac{(0,5 \times 1) + (0,1 \times 0,5) + (0,4 \times 1) + (0,1 \times 0,5)}{0,5 + 0,1 + 0,6 + 0,2} \\ = \frac{1}{1,4} \\ = 0,71 \text{ (71\% Air Filter ON)}$$



Gambar 8. Derajat Keanggotaan Air Filter

Setelah mendapatkan nilai dari penerapan operator AND yaitu diperoleh dengan nilai “0.71” atau “Air Filter ON”. Penentuan hasil akhir pada fuzzy mamdani yaitu dengan nilai “0.71” pada Air Filter ON (Menyala). Jadi, apabila input kelembaban 62% RH dan input karbon monoksida 750 ppm Maka output Air Filter ON (Menyala).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

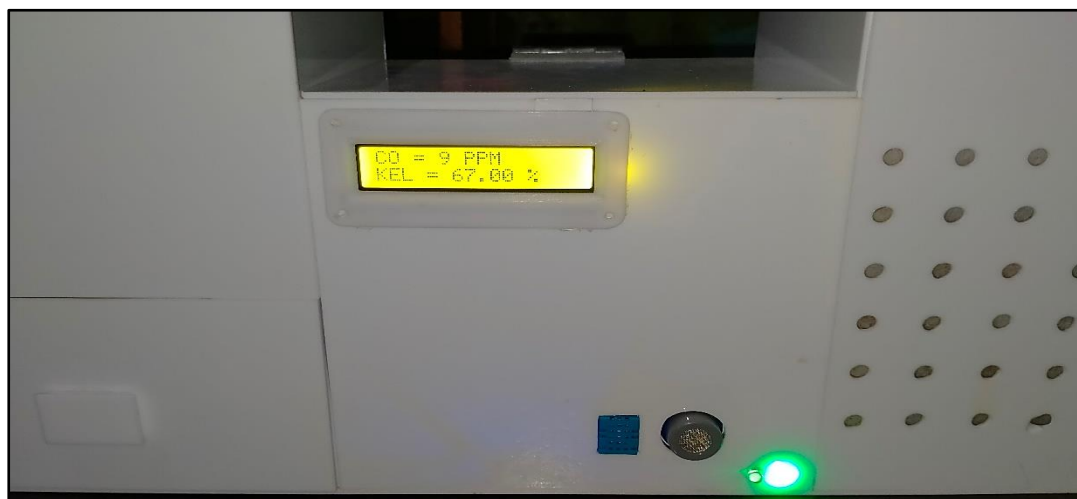
Pada bagian ini berisi hasil dan pembahasan dari topik penelitian, yang bisa di buat terlebih dahulu metodologi penelitian. Bagian ini juga merepresentasikan penjelasan yang berupa penjelasan, gambar, tabel dan lainnya. Banyaknya kata pada bagian ini berkisar.

#### 3.1 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui fungsi kinerja dari setiap keseluruhan komponen-komponen sistem. Pengujian ini dimulai dengan melakukan pemeriksaan kerja sistem pada bagian-bagian utama hingga pada kinerja sistem keseluruhan. Pengujian pada rangkaian sistem dilakukan setelah semua komponen dan bagian-bagian terpasang utuh menjadi satu-kesatuan sistem.

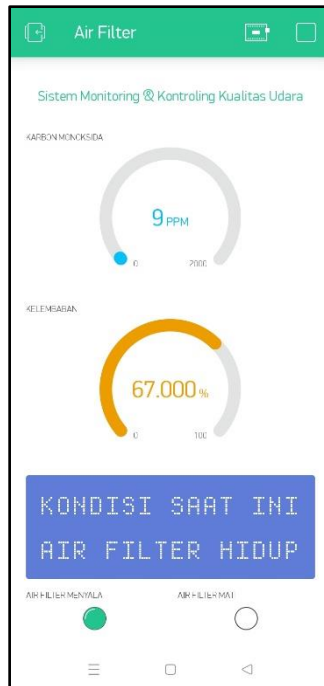
##### 3.1.1 Tampilan Saat Air Filter Menyala

Pada bagian ini notifikasi fisik yang dapat dilihat di alat yaitu pada led hijau yang menyala, yaitu menandakan sistem air filter sedang menyala dan bekerja sedangkan pada aplikasi blynk terdapat virtual lcd dengan tulisan “KONDISI SAAT INI AIR FILTER HIDUP” dan virtual led hijau yang menyala.



Gambar 9. Tampilan Fisik Alat Saat Air Filter Menyala

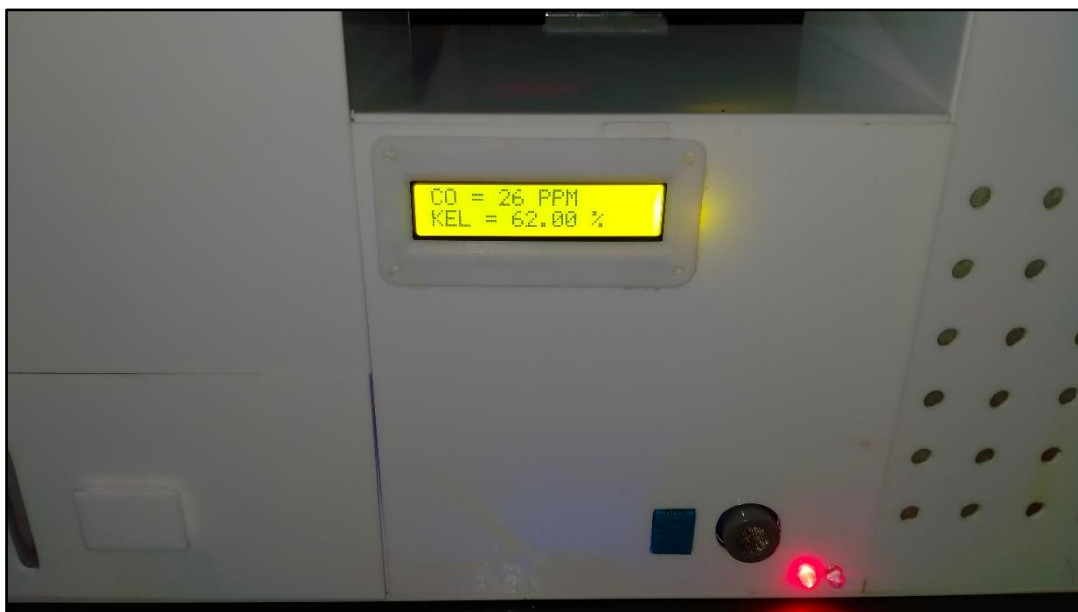




Gambar 10. Tampilan Virtual Blynk Saat Air Filter Menyala

### 3.1.2 Tampilan Saat Air Filter Mati

Pada bagian ini merupakan kebalikan dari proses saat air filter menyala, yaitu pada led merah menyala yang menandakan sistem air filter mati sedangkan pada aplikasi blynk terdapat virtual lcd dengan tulisan “KONDISI SAAT INI AIR FILTER MATI” dan virtual led merah yang menyala.



Gambar 11. Tampilan Fisik Alat Saat Air Filter Mati



Gambar 12. Tampilan Virtual Blynk Saat Air Filter Mati

a. Kelebihan Sistem

1. Sistem Air Filter ini dapat dipahami dengan cepat bagi penggunanya
2. Mudah dalam perawatannya
3. Daya listrik yang dipakai tidak besar
4. Tingkat pendeteksian kedua sensor cukup akurat
5. Sistem dapat menghidupkan dan mematikan proses filter udara dan penurun kelembaban secara otomatis serta dapat di monitoring dari manapun dan kapanpun

b. Kelemahan Sistem

1. Sistem ini diwajibkan menggunakan adaptor 12 volt 10 ampere atau di atasnya
2. Pada sistem dehumidifiernya yaitu penurun kelembaban, module peltier tidak terlalu efektif dikarenakan jumlah uap atau kelembaban yang dicairkan terlalu sedikit.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang ini digunakan untuk pendeteksian tingkat kualitas udara dan kelembaban udara serta penyaring udara dan penurun kelembaban udara secara otomatis. Sistem ini bekerja secara otomatis dan pengimplementasiannya menggunakan *internet of things* (iot) sehingga dapat dimonitoring dari mana saja dan kapan saja karena data nilai yang dihasilkan dan yang akan ditampilkan bersifat realtime. Dengan kombinasi teknik fuzzy juga membuat sistem ini terkontrol dengan baik sesuai dengan rule (aturan) yang sudah ditetapkan.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih diucapkan kepada Bapak Dedi Setiawan dan Rendy Syahputra atas segala waktu dan ilmunya yang telah memberikan bimbingan selama masa pengerjaan hingga menyelesaikan penelitian yang telah banyak membantu baik dari segi informasi ataupun dukungan lainnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tias Puspita Ningrum, "Kajian Perubahan Fungsi Rumah Tinggal Menjadi Rumah Kos," pp. 5–16, 2018.
- [2] Riviwanto, "Syarat-Syarat Rumah Sehat Menurut WHO dan APHA (American Public Health Association)," Syarat-Syarat Rumah Sehat Menurut WHO dan APHA (American Public Heal. Assoc., no. 4, 2015.
- [3] Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Pertahanan, "Sumber dan Penyebab Pencemaran Udara," Admin disperkimta, 2019. <https://disperkimta.bulelengkab.go.id/>.

- [4] Ismiyati, D. Marlita, and D. Saidah, "112707-ID-pencemaran-udara-akibat-emisi-gas-buang," *J. Manajeen Transp. Logistik - Vol. 01 No. 03*, vol. 01, no. 03, 2014.
- [5] T. Rachman, I. I. Purnomo, and I. I. Ridho, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Lingkungan Perumahan Berbasis Iot Dengan Nodemcu," pp. 1–10, 2021.
- [6] F. Y. Q. Ontowirjo et al., "Implementasi Internet of Things Pada Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Pada Ruang Pengering Berbasis Web," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 331–338, 2018, doi: 10.35793/jtek.7.3.2018.23638.
- [7] O. M. Prabowo, "Pembatasan Definisi Things Dalam Konteks Internet of Things Berdasarkan Keterkaitan Embedded System dan Internet Protocol," *J. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 43–46, 2019, doi: 10.47292/joint.v1i2.8.
- [8] R. Rahmadani and A. R. Tualeka, "Health Risk Characteristic Due to Air Pollution Exposure in Shoe Soles Workers (around Bubutan Road in Surabaya city)," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 8, no. 2, p. 164, 2016, doi: 10.20473/jkl.v8i2.2016.164-171.
- [9] Nasution, H. (2020). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 4–8. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512>
- [10] J. Sistem and K. Tgd, "Implementasi Metode Fuzzy Berbasis Internet Of Things (IoT)," vol. 1, no. 1, pp. 26–33, 2022.