

## **Sistem Monitoring dan Pengaturan Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis *Internet of Things***

Yeni Irdayanti<sup>1\*</sup>, Johansyah Alrasyid<sup>2</sup>, Ahlika Azzahra<sup>3</sup>

1 Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

\*e-mail: [yeni\\_irdayanti@polsri.ac.id](mailto:yeni_irdayanti@polsri.ac.id)

### **ABSTRAK**

Manusia menghabiskan hampir 90% waktunya di dalam ruangan[1], menjadikan kualitas udara dalam ruangan sangat penting untuk kesehatan. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, kelembaban ideal dalam ruangan adalah 40-60%, sedangkan para pakar merekomendasikan 45-65%. Kadar maksimal karbon monoksida (CO) yang diperbolehkan adalah 9 PPM dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah 1000 PPM. Parameter kualitas udara yang tidak ideal dapat berdampak negatif bagi kesehatan, sehingga penggunaan alat seperti penyaring udara dan *humidifier* sangat dianjurkan untuk menjaga kualitas udara. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan dengan kendali berupa modul ESP32. Sistem ini dilengkapi dengan sensor MQ135 untuk mendeteksi kadar CO<sub>2</sub>, sensor MQ7 untuk mendeteksi kadar CO, dan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban. Data dari sensor ditampilkan secara langsung pada LCD dan aplikasi pada *smartphone* yang nilainya berasal dari *ThingSpeak*. Sistem ini juga memiliki LED sebagai indikator, *Exhaust Fan* yang aktif jika kadar CO<sub>2</sub> dan CO melampaui batas aman, serta *humidifier* otomatis jika kelembaban dibawah rentang nilai yang dianjurkan. Selain itu, alat ini dilengkapi sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air dalam *humidifier* dan *buzzer* sebagai indikator ketika air sedikit. Alat ini juga dapat dikendalikan secara manual yang dapat memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk menyesuaikan kondisi udara sesuai kebutuhan.

**Kata Kunci:** *Sensor MQ7, Sensor DHT22, Humidifier, Internet of Things*

## ***Internet of Things Based Indoor Air Quality Monitoring System and Regulation System***

### **ABSTRACT**

Humans spend almost 90% of their time indoors, making indoor air quality very important for health. According to the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia, the ideal indoor humidity is 40-60%, while experts recommend 45-65%. The maximum allowable level of carbon monoxide (CO) is 9 PPM and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is 1000 PPM. Non-ideal air quality parameters can have a negative impact on health, so the use of tools such as air filters and humidifiers is highly recommended to maintain air quality. This research aims to develop an indoor air quality monitoring system with control in the form of an ESP32 module. The system is equipped with an MQ135 sensor to detect CO<sub>2</sub> levels, an MQ7 sensor to detect CO levels, and a DHT22 sensor to measure temperature and humidity. Data from the sensor is displayed directly on the LCD and the smartphone app whose value comes from ThingSpeak. The system also has LEDs as indicators, an Exhaust Fan that activates when CO<sub>2</sub> and CO levels exceed safe limits, and an automatic humidifier if the humidity is below the recommended value range. In addition, this device is equipped with an ultrasonic sensor to measure the water level in the humidifier and buzzer as an indicator when the water is low. The tool can also be controlled manually which can provide flexibility for users to adjust the air conditions as needed.

**Keywords:** *Sensor MQ7, Sensor DHT22, Humidifier, Internet of Things*

## PENDAHULUAN

Untuk menjaga dan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan, penggunaan alat seperti *air purifier* dengan filter dan *Humidifier* sangat dianjurkan. Alat-alat ini membantu menyaring udara tercemar menjadi udara bersih dan menjaga kelembaban udara pada tingkat yang sehat. Dalam konteks ini, sistem monitoring dan pengelolaan kualitas udara yang efektif sangat diperlukan. Penelitian mengenai monitoring dan penyaringan kualitas udara telah dilakukan oleh Muhammad Fajar B, dkk. (2023) dengan judul “*Prototype Sistem Monitoring dan Penyaringan Udara pada Ruang berbasis Internet of Things*” dalam penelitian ini dirancang alat yang dapat memonitoring kualitas udara pada ruangan menggunakan sensor MQ-135, MQ-2 dan DHT11. Hasil pengujian yang didapatkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan baik untuk mendeteksi kualitas udara berupa kadar asap, kadar gas, suhu dan kelembaban menggunakan aplikasi dari data pembacaan pada *firebase*[2]. Selain itu, terdapat pula penelitian oleh Ivanno Alexander Rombang, dkk. (2022) berjudul “*Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ2*”. Dalam penelitian ini dirancang suatu alat deteksi asap rokok berbasis arduino, menggunakan sensor MQ135 dan MQ2 sebagai pengukur kadar gas CO<sub>2</sub> dan CO. Sistem penyaringan udara melibatkan *Exhaust Fan* yang dilengkapi dengan filter karbon aktif [3].

Dalam penelitian ini, akan dirancang alat pemantau kualitas udara dalam ruangan menggunakan modul ESP32. Alat ini dilengkapi dengan sensor MQ135 untuk mendeteksi gas CO<sub>2</sub>[3], sensor MQ7 untuk mendeteksi gas CO dan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Data dari sensor akan ditampilkan secara langsung pada LCD dan dikirim ke *ThingSpeak* kemudian data tersebut dapat dibaca pada aplikasi buatan di *smartphone*. Alat ini juga memiliki LED sebagai indikator, *Exhaust Fan* yang akan aktif jika kadar gas CO<sub>2</sub> dan CO melampaui batas aman serta *Humidifier* otomatis jika kelembaban udara di bawah rentang nilai ideal. Selain itu, sistem ini dilengkapi sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air dalam *Humidifier* dan *buzzer* sebagai indikator ketika ketersediaan air berkurang. Alat ini juga bisa dikendalikan secara manual sehingga memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk mengatur kondisi udara di dalam ruangan sesuai kebutuhan pengguna.

Kualitas udara di sekitar kita menjadi faktor utama dalam menjaga kesehatan saluran pernapasan sehingga menjaga kualitas udara yang kita hirup sangatlah penting untuk keberlangsungan hidup kita[4][5]. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di dalam ruangan dapat bervariasi dari beberapa ratus ppm hingga lebih dari 1000 ppm di area dengan banyak orang untuk jangka waktu yang lama di mana ventilasi udara ruangan terbatas[6]. Kualitas udara dalam ruang suatu gedung sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, baik yang berasal dari dalam gedung sendiri maupun dari luar gedung.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan adalah :

- Faktor fisik, antara lain : *Temperature* (tekanan panas); Kelembaban; dan Pergerakan udara (*air movement*).
- Faktor dominan yang mempengaruhi persepsi penghuni terhadap ketidaknyamanan oleh faktor suhu dalam ruangan adalah suhu udara[7]. Suhu udara akan menjadi masalah jika suhu dalam ruangan yang terlalu rendah dapat mengakibatkan gangguan kesehatan hingga *hypotermia*, sementara suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan dehidrasi sampai dengan *heat stroke*. Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah bahwasannya suhu yang stabil berada pada rentang 18-30°C[5].
- Kelembaban Relatif dalam sebuah ruangan sesuai dengan Permenkes RI No. 1077/Menkes/Per/V/2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah sebesar 40-60%[5]. Sedangkan, para pakar kesehatan merekomendasikan rentang 45%-65%

sebagai tingkat kelembaban udara yang ideal[8]. Apabila kelembaban udara di dalam ruangan melebihi 65%, bakteri, jamur, virus, tungau, dan lumut yang dapat memicu alergi pada penderita asma dapat berkembang dengan cepat. Serangga dan kecoa juga memiliki peluang berkembang biak lebih tinggi di lingkungan yang lembab. Sebaliknya, apabila kelembaban berada di bawah 45%, maka kulit, tenggorokan, dan mata cenderung menjadi kering dan gatal. Selain itu, di lingkungan dengan kelembaban rendah, virus *influenza* dapat bertahan hidup lebih lama[8].

- d. Faktor kimia, selain faktor fisik kualitas udara juga dipengaruhi oleh faktor kimia[9] diantaranya adalah : Partikulat termasuk asbestos, serat kaca, debu cat, debu kertas dan partikel tembakau; serta debu dari bangunan atau konstruksi, partikel dari Asap Tembakau Lingkungan (ETS).

## METODE PENELITIAN

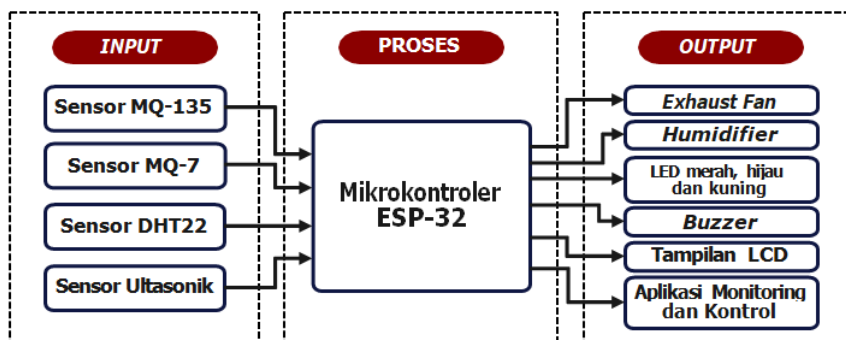
Perancangan perangkat pada sistem ini terbagi menjadi 3 yaitu perancangan elektronik, perancangan mekanik dan perancangan aplikasi.

### Perancangan elektronik

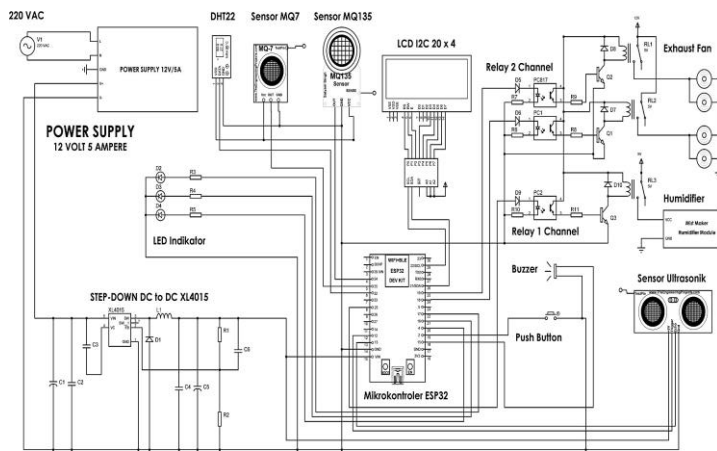
Pada sistem ini, rancangan elektronik dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu: Input, Proses, dan Output.

- Input terdiri dari sensor MQ-135, MQ-7, DHT22, dan sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mendeteksi kualitas udara, suhu, kelembaban, serta jarak atau ketinggian.
- Proses dilakukan oleh mikrokontroler ESP32 yang mengolah data dari sensor.
- Output berupa aktivasi Exhaust Fan, Humidifier, serta tampilan informasi pada LCD dan aplikasi berbasis web.

Visualisasi hubungan antar komponen sistem ditunjukkan pada Gambar 1 (Blok Diagram Sistem), sedangkan detail hubungan elektronik antar komponen disajikan pada Gambar 2 (Diagram Skematik Sistem).



Gambar 1. Blok diagram system



**Gambar 2. Diagram skematik sistem**

**Perancangan mekanik**

Perancangan mekanik mencakup desain fisik perangkat, penempatan sensor, dan integrasi komponen elektronik dalam suatu wadah atau kerangka sistem. Rancangan ini dibuat untuk memastikan fungsionalitas sistem berjalan optimal dengan mempertimbangkan kemudahan perawatan dan efisiensi penempatan komponen. Gambaran struktur mekanik sistem ditunjukkan pada Gambar 3.

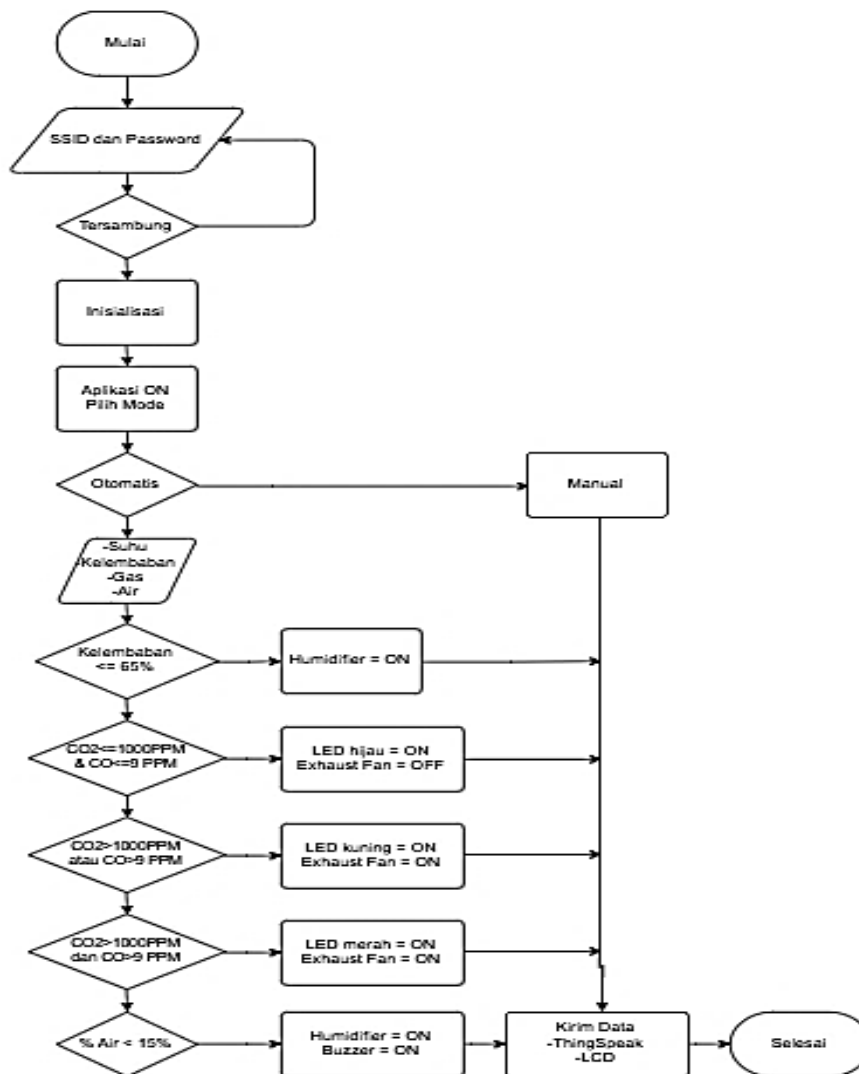


**Gambar 3. Rancangan mekanik sistem**

**Perancangan aplikasi**

Sistem ini memerlukan perancangan aplikasi (perangkat lunak) untuk mengontrol dan memantau kinerja perangkat keras (hardware) yang telah dirancang. Aplikasi ini juga digunakan untuk membangun antarmuka berbasis web yang memungkinkan pengguna melihat data secara real-time dan mengontrol sistem dari jarak jauh. Cara kerja sistem secara garis besar ditunjukkan melalui flowchart pada Gambar 4.





Gambar 4. Flow Chart sistem

Cara kerja alat ini dimulai saat pengguna memasukkan *Service Set Identifier* (SSID) atau nama WiFi yang akan menjadi *hotspot* bagi alat beserta passwordnya. Apabila terhubung, maka sistem akan mulai melakukan inisialisasi dan pembacaan sensor berupa parameter suhu, kelembaban, kadar CO<sub>2</sub> dan CO untuk dimonitoring melalui LCD serta dikirim ke *ThingSpeak* dan Aplikasi. Adapun untuk LED yang berfungsi sebagai indikator dirancang agar selalu aktif sejak alat dinyalakan untuk memberikan peringatan visual dari parameter kadar CO<sub>2</sub> dan CO dimana terdiri dari tiga warna, yaitu hijau, kuning, dan merah, dengan kondisi sebagai berikut:

- LED hijau akan menyala apabila kadar gas CO<sub>2</sub> ≤ 1000 PPM atau kadar gas CO ≤ 9 PPM.
- LED kuning akan menyala apabila kadar gas CO<sub>2</sub> > 1000 PPM atau kadar gas CO > 9 PPM.
- LED merah akan menyala apabila kadar gas CO<sub>2</sub> > 1000 PPM dan kadar gas CO > 9 PPM.

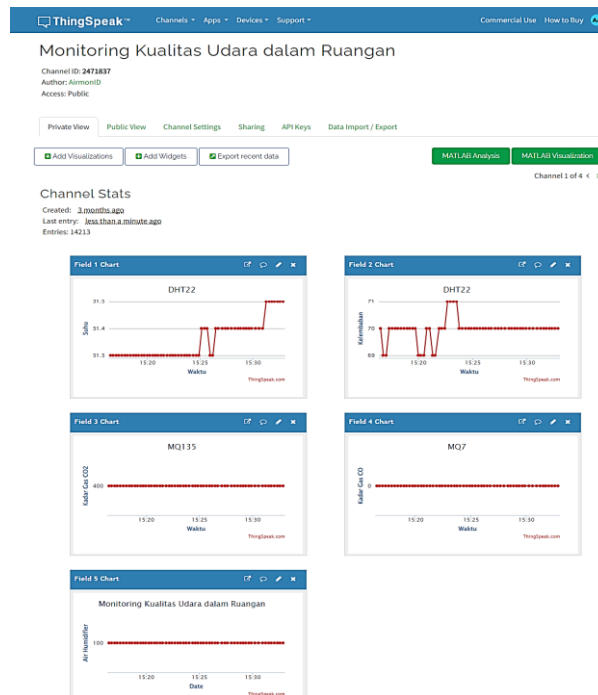
Sistem ini juga dilengkapi dengan *Exhaust Fan* dan *Humidifier* yang dapat dioperasikan dalam dua mode: otomatis dan manual, melalui aplikasi. Pada mode otomatis, saat kadar gas CO<sub>2</sub> mulai mencapai nilai >1000 PPM atau gas CO sudah mencapai nilai lebih dari >9 PPM, *Exhaust Fan* akan menyala. *Exhaust Fan* ini akan membantu menghisap udara yang terkontaminasi untuk difilter dan mengeluarkannya menjadi udara segar di dalam ruangan. *Humidifier* pun akan aktif secara otomatis ketika kelembaban ≤ 65% untuk menjaga kelembaban udara di dalam ruangan tetap berada dalam kondisi ideal.

Pada mode manual, pengguna dapat mengendalikan *Exhaust Fan* dan *Humidifier* melalui tombol ON/OFF yang tersedia pada menu *Output* aplikasi. *Humidifier* dilengkapi dengan sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur kapasitas air di dalam tempat air. Jika kapasitas air ≤ 15%, *buzzer* akan berbunyi sebagai tanda peringatan, aplikasi akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna. Hal ini bertujuan untuk memastikan *Humidifier* selalu memiliki cukup air untuk beroperasi secara optimal. Pembacaan nilai dari sensor DHT22, MQ-135, MQ-7 dan ultrasonik berupa suhu, kelembaban, kadar CO<sub>2</sub>, kadar CO dan kapasitas air pada *Humidifier* serta status *Output* akan ditampilkan pada LCD serta aplikasi.

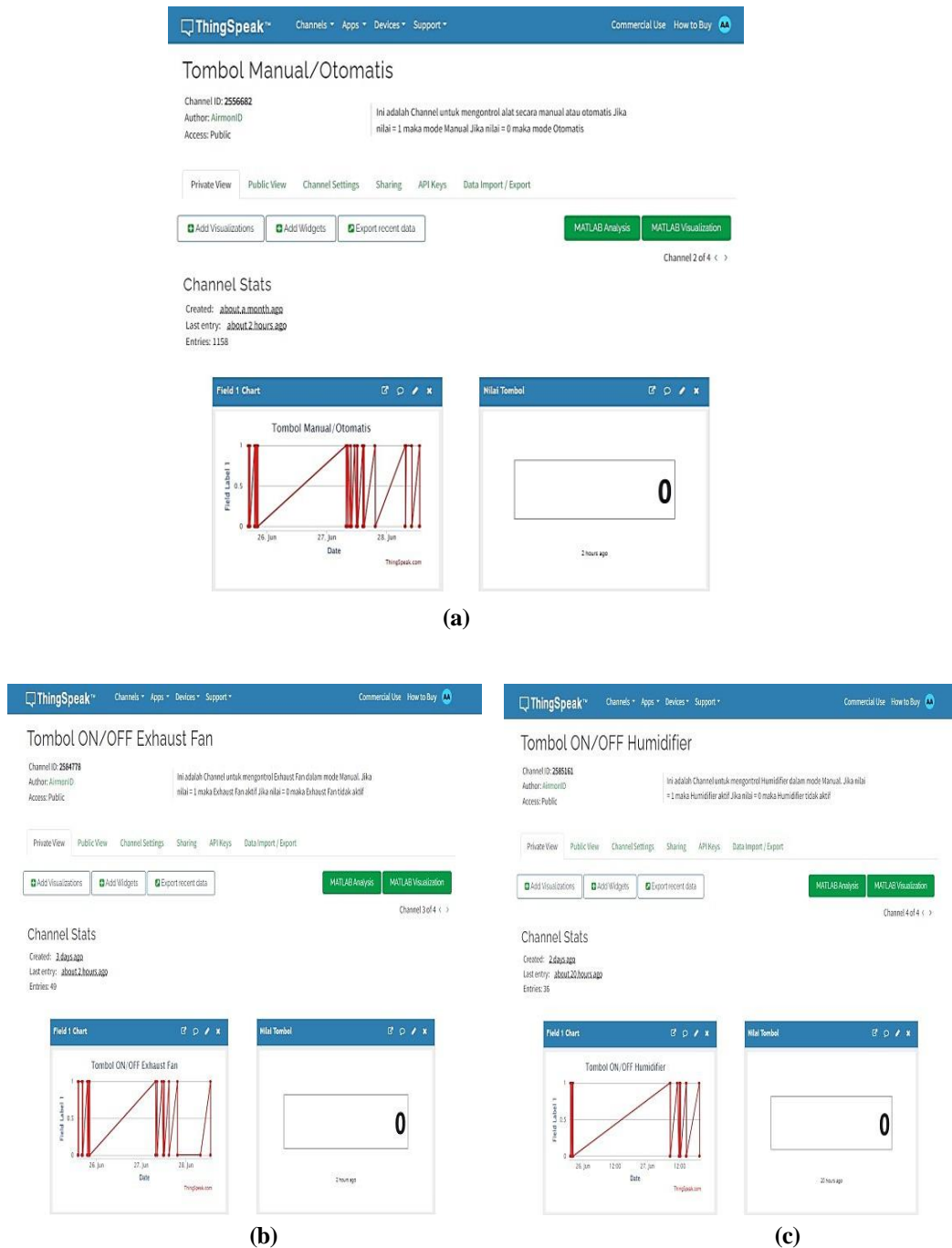
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil perancangan software

Hasil perancangan *software* dalam penelitian ini merujuk pada hasil dari platform *ThingSpeak* dan *Mit App Inventor*. Adapun **Gambar 5** menunjukkan hasil perancangan pada *ThingSpeak* berupa *Channel* untuk memonitoring pembacaan sensor.



**Gambar 5.** Channel Monitoring pada *ThingSpeak*



**Gambar 6.** (a) *Channel Tombol Otomatis/Manual*  
(b) *Channel Tombol Exhaust Fan ON/OFF*  
(c) *Channel Tombol Humidifier ON/OFF*

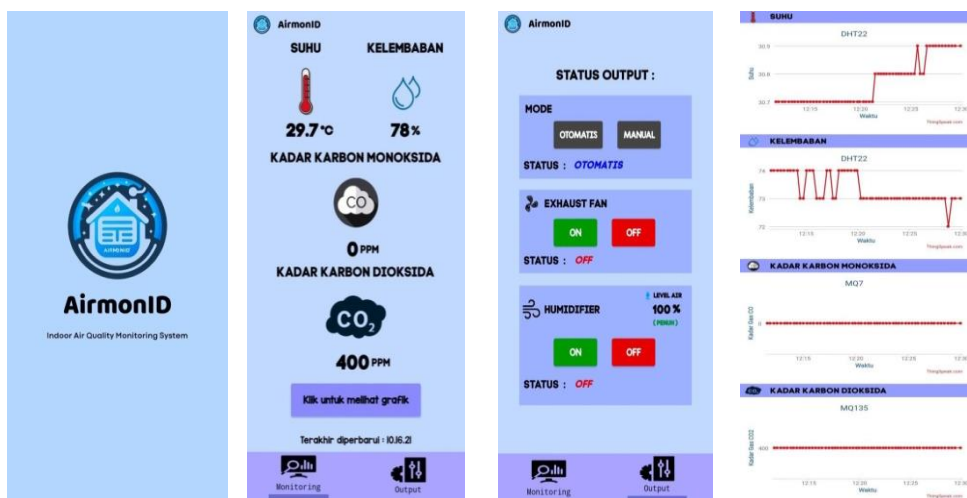
Dari Gambar 1 terlihat bahwa grafik hanya menunjukkan angka 0 dan 1. Kedua angka ini yang mewakili tombol. Seperti halnya untuk otomatis diwakilkan oleh 0, sementara manual 1.



Untuk ON pada *Exhaust Fan* dan *Humidifier* diwakili oleh angka 1 dan OFF diwakili oleh angka 0. Pembacaan angka ini berasal dari tombol pada aplikasi yang dimana pada setiap tombol berisi URL yang mewakili masing-masing *Channel*.

Hasil *software* berikutnya adalah aplikasi yang dibuat pada platform *Mit App Inventor*. Aplikasi untuk memonitoring dan mengontrol pada penelitian ini diberi nama „AirmonID“ yang merupakan singkatan dari *Air Monitoring ID*.

Adapun tampilan awal aplikasi berupa logo dan keterangan selama 3 detik. Setelah waktu tersebut maka akan muncul tampilan monitoring berupa suhu, kelembaban, kadar karbon monoksida dan kadar karbon dioksida serta terdapat tombol untuk melihat grafik pembacaan sensor dari *ThingSpeak*. Selanjutnya, terdapat pilihan menu *ouput* dimana pada menu inilah dapat dilakukan pengontrolan secara manual dengan memilih mode. Setelah mode dipilih dibawahnya terdapat pilihan untuk ON/OFF *Exhaust Fan* serta *Humidifier*.



Gambar 7. Tampilan Awal dan *Ouput* pada Aplikasi

### Pengukuran Alat

Pengukuran merupakan tahapan penting yang dilakukan saat pengujian alat untuk memastikan bahwa alat berfungsi dengan baik serta mendapatkan data yang akan dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Pengukuran dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja dengan benar dan bahwa data yang dikumpulkan dapat diandalkan untuk analisis lebih lanjut. Pengukuran ini dapat mengidentifikasi potensi masalah dan memungkinkan penyesuaian atau perbaikan yang diperlukan untuk memastikan alat bekerja secara optimal.

Nilai yang telah didapatkan dari hasil pengukuran pada pengujian ini selanjutnya akan dicari persentase *error* antara nilai yang terukur dengan nilai sebenarnya atau sesuai teori. Adapun untuk perhitungan *error* menggunakan rumus :

$$Error = \frac{|Nilai\ Sebenarnya - Nilai\ Pengukuran|}{Nilai\ Sebenarnya} \times 100\%$$

Selanjutnya juga dihitung nilai rata-rata *error* dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{\sum \text{Error}}{\text{Jumlah Pengukuran}}$$

Pengukuran tegangan pada sensor MQ135 dan MQ7 diambil berdasarkan parameter gas yang diberikan menggunakan multimeter. **Tabel 1** menunjukkan hasil nilai PPM gas CO<sub>2</sub> pada pembacaan sensor MQ135.

**Tabel 1. Pengukuran PPM terhadap Tegangan Sensor MQ135**

Data ke-	Kadar CO <sub>2</sub> (PPM)	Tegangan (V)
1	440	1,29
2	815	1,33
3	927	1,5
4	1285	1,58
5	1329	1,62
6	1423	1,69
7	1737	1,89
8	1805	1,92
9	2041	2
10	2268	2,18

Selanjutnya dilakukan pula pengukuran nilai PPM gas CO terhadap tegangan dari sensor MQ7. Hasil dari pengukuran ditunjukkan Tabel 2. Dari data pengukuran dapat dilihat bahwa semakin besar pembacaan nilai PPM maka tegangan juga akan semakin tinggi nilainya. Hal ini dikarenakan karena prinsip kerja sensor gas itu sendiri. Sensor gas biasanya bekerja berdasarkan perubahan resistansi atau tegangan yang dipengaruhi oleh konsentrasi gas yang diukur

**Tabel 2 Pengukuran PPM terhadap Tegangan Sensor MQ7**

Data ke-	Kadar CO (PPM)	Tegangan (V)
1	25	0,44
2	72	0,48
3	91	0,49
4	154	0,55
5	189	0,58
6	373	0,74
7	431	0,78
8	509	0,83
9	711	0,91
10	1020	0,95

Pengukuran tegangan terhadap *Output* alat merupakan pengukuran yang dilakukan saat



*Output* aktif maupun tidak aktif. Hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Pengukuran Tegangan pada *Output* Alat**

Output	Tegangan saat Aktif (V)		Tegangan saat Tidak Aktif (V)	
	Spesifikasi	Pengukuran	Spesifikasi	Pengukuran
<i>Exhaust Fan</i>	12	10,98	0	0,01
<i>Humidifier</i>	5	4,98	0	0,03
LCD I2C 20×4	3-5	3,27	0	0
LED Indikator	1,8-2,6	3,02	0	0,12
<i>Buzzer</i>	3-24	2,98	0	0,01

Pengukuran tegangan terhadap pengendali alat dilakukan pada modul ESP32. Penurunan tegangan pada modul ESP32 saat diberikan beban disebabkan oleh resistansi internal dari sumber daya dan modul itu sendiri. Saat beban terhubung, arus yang lebih besar akan mengalir melalui sirkuit, yang mengakibatkan penurunan tegangan akibat resistansi internal tersebut. Selain itu, kualitas koneksi dan kawat penghantar yang digunakan juga dapat mempengaruhi penurunan tegangan.

**Tabel 4. Pengukuran Tegangan Modul ESP32**

Kondisi	Vin (V)		% Error	Vout (V)		% Error
	Spesifikasi	Pengukuran		Spesifikasi	Pengukuran	
Tanpa Beban	5	5,06	1,2	3,3	3,29	0,3
Dengan Beban		4,87			3,2	

### Pengujian Alat Mode Otomatis Pengujian Ruang 1

Pengujian pada ruangan 1 ini merupakan pengujian yang dilakukan pada ruangan kamar dengan yang memiliki ukuran 2,9 m × 2,9 m dengan satu buah jendela dan ventilasi di atasnya serta pintu dimana jendela dan pintu dalam keadaan pintu tertutup. Adapun hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Hasil Pengujian Alat saat Mode Otomatis di Ruang 1**

Waktu (Jam)	Sensor MQ135 dan MQ7 (Nilai Batas CO <sub>2</sub> = 1000 PPM, CO = 9 PPM)						Sensor DHT22 (Nilai Batas Kelembaban = 65%)		
	Kadar CO <sub>2</sub> (PPM)	Kadar CO (PPM)	Kondisi LED			<i>Exhaust Fan</i>	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	<i>Humidifier</i>
			LED Hijau	LED Kuning	LED Merah				
10:00	400	75	Mati	Menyala	Mati	Menyala	29,6	81	Mati

11:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	30,3	78	Mati
12:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	30,4	77	Mati
13:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	30,9	75	Mati
14:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	30,4	76	Mati
15:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	30,4	76	Mati
16:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	29,8	77	Mati
17:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	28,8	80	Mati

Selama pengujian di ruangan 1, *Exhaust Fan* hanya menyala satu kali pada pukul 10:00. Pada waktu tersebut, kadar CO melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan, yaitu sebesar 75 PPM. Sementara itu, kadar CO<sub>2</sub> tetap berada dalam kisaran normal. Dalam kondisi ini, alat akan secara otomatis mengaktifkan *Exhaust Fan* untuk membantu mengurangi kadar CO di ruangan tersebut. *Exhaust Fan* bekerja dengan menarik udara melalui filter yang ada di dalam alat, sehingga kadar CO yang tinggi dapat diminimalkan dan dikembalikan ke tingkat yang aman. Selain itu, pada kondisi ini, LED indikator berwarna kuning akan menyala sebagai tanda bahwa salah satu dari kedua kadar CO<sub>2</sub> dan CO sedang tinggi. Selain itu, di aplikasi maupun di alat pada tampilan monitoring 2 akan status *Exhaust Fan* berubah menjadi ON. Di sisi lain, *Humidifier* tidak menyala sama sekali selama pengujian di ruangan 1. Hal ini dikarenakan nilai kelembaban di dalam ruangan tetap berada dalam batas normal, meskipun telah melebihi batas ideal kelembaban ruangan.

### Pengujian Ruangan 2

Pengujian pada ruangan 2 ini merupakan pengujian yang dilakukan pada ruangan tamu yang memiliki ukuran 5,3 m × 5,2 m dengan dua buah jendela dan ventilasi di atasnya serta pintu . Pengujian dilakukan dalam keadaan jendela serta pintu tertutup. Adapun hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Hasil Pengujian Alat saat Mode Otomatis di Ruangan 2**

Waktu (Jam)	Sensor MQ135 dan MQ7 (Nilai Batas CO <sub>2</sub> = 1000 PPM, CO = 9 PPM)					Sensor DHT22 (Nilai Batas Kelembaban = 65%)			
	Kadar CO <sub>2</sub> (PPM)	Kadar CO (PPM)	Kondisi LED			<i>Exhaust Fan</i>	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	<i>Humidifier</i>
			LED Hijau	LED Kuning	LED Merah				
10:00	400	9	Mati	Mati	Mati	Mati	29,6	78	Mati
11:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	30,1	76	Mati
12:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	30,6	74	Mati
13:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	33,3	64	Menyala
14:00	400	21	Mati	Menyala	Mati	Menyala	33,1	65	Menyala
15:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	31,6	69	Mati
16:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	31,5	69	Mati
17:00	400	19	Mati	Menyala	Mati	Menyala	30,6	71	Mati

Dari hasil pengujian yang dilakukan di ruangan 2, *Exhaust Fan* menyala sebanyak dua kali



yaitu pada pukul 14:00 dan 17:00 dimana parameter yang melebihi nilai ambang batas adalah kadar CO yaitu sebesar 21 PPM dan 19 PPM, maka LED indikator yang menyala adalah LED kuning. Pada kondisi ini juga tampilan 2 monitoring dan di aplikasi status *Exhaust Fan* menjadi ON.

Untuk pengujian *Humidifier* di ruangan 2, *Humidifier* menyala dua kali yaitu pukul 13:00 dan 14:00. Pada pukul 13:00, kelembaban di bawah batas, sehingga *Humidifier* menyala. Selanjutnya, pada pukul 14:00, kondisi *Humidifier* tetap menyala namun dengan kenaikan kelembaban hanya 1% karena *Humidifier* sudah menyala sejak pukul 13:00. Pada pukul 15:00, kelembaban naik drastis menjadi 69% yang disebabkan oleh *Humidifier* yang menyala dan faktor lain seperti kondisi cuaca dan lingkungan ruangan. Saat kondisi seperti ini, aplikasi maupun tampilan 2 monitoring akan status *Humidifier* berubah menjadi ON.

### Pengujian Mode Otomatis Ruangan 3

Pengujian pada ruangan 3 ini merupakan pengujian yang dilakukan pada ruangan dekat dapur yang memiliki ukuran 5,3 m × 2 m dengan satu pintu dalam keadaan tertutup dan ventilasi. Adapun hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 7.

Hasil dari pengujian pada ruangan 3, *Exhaust Fan* menyala pada pukul 12:00 dikarenakan salah satu nilai dari kadar CO melebihi nilai batasan yaitu 24 PPM. Kondisi ini akan membuat LED indikator kuning ikut menyala dan status *Exhaust Fan* menjadi ON. Kadar CO<sub>2</sub> juga meningkat, namun nilainya masih dalam batasan normal. Untuk *Humidifier* dalam pengujian ruangan 3 ini tidak menyala sama sekali karena nilai kelembaban tidak berada dibawah nilai batas kelembaban normal.

**Tabel 7. Hasil Pengujian Alat saat Mode Otomatis di Ruangan 3**

Waktu (Jam)	Sensor MQ135 dan MQ7 (Nilai Batas CO <sub>2</sub> = 1000 PPM, CO = 9 PPM)			Sensor DHT22 (Nilai Batas Kelembaban = 65%)					
	Kadar CO <sub>2</sub> (PPM)	Kadar CO (PPM)	Kondisi LED			<i>Exhaust Fan</i>	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	<i>Humidifier</i>
			LED Hijau	LED Kuning	LED Merah				
10:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	29,1	78	Mati
11:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	29,5	76	Mati
12:00	611	24	Mati	Menyala	Mati	Menyala	30,7	72	Mati
13:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	30,2	73	Mati
14:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	30,1	72	Mati
15:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	29,3	75	Mati
16:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	28,8	75	Mati
17:00	400	0	Menyala	Mati	Mati	Mati	28,7	76	Mati

### Pengujian Alat Mode Manual

Pengujian alat mode manual dilakukan dalam 3 ruangan yang sama dengan mode otomatis. Hasil Pengujian Mode Manual untuk *Exhaust Fan*. Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian mode manual untuk *Exhaust Fan* pada 3 ruangan.

**Tabel 8. Hasil Pengujian Alat Mode Manual pada Exhaust Fan**

Ruangan	Sebelum Exhaust Fan Dinyalakan		Setelah Exhaust Fan Dinyalakan		
	Kadar CO <sub>2</sub> (PPM)	Kadar CO (PPM)	Durasi (menit)	Kadar CO <sub>2</sub> (PPM)	Kadar CO (PPM)
1	1074	323	5	674	145
			10	548	84
			15	465	48
			20	414	24
			25	400	0
			30	400	0
2	1047	367	5	644	72
			10	531	10
			15	458	0
			20	400	0
			25	400	0
			30	400	0
3	1124	359	5	890	100
			10	774	24
			15	674	0
			20	619	0
			25	571	0
			30	523	0

Dari data hasil pengujian mode manual yang telah dilakukan di 3 ruangan, didapatkan bahwa alat ini dapat meminimalisir kadar CO dan CO<sub>2</sub> dalam kurun waktu kurang dari 25 menit untuk ruangan 1, pada ruangan 2 kurang dari 20 menit dan pada ruangan 3 kurang dari 15 menit.

### Pembahasan

Dari pengukuran serta pengujian yang telah dilakukan, alat monitoring dan pengelolaan kualitas udara dalam ruangan berbasis *Internet of Things* ini mampu mendeteksi dan mengukur parameter kualitas udara dalam ruangan seperti suhu, kelembaban, kadar CO dan CO<sub>2</sub>, serta dapat melakukan pengelolaan terhadap parameter yang dianggap tidak normal. Pembacaan sensor akan dikirim ke *ThingSpeak* yang dapat dibaca melalui aplikasi AirmonID, selain itu pengontrolan terhadap *Exhaust Fan* dan *Humidifier* juga dapat dilakukan jika mode manual aktif. Pada pengujian pengukuran terhadap komponen penyusun seperti *power supply*, nilai *error* tegangan *Input* sebesar 4% saat tanpa beban, serta 3,6% saat dengan beban. Nilai *error* tegangan *Output power supply* sebesar 3% saat tanpa beban dan 4,5% saat menggunakan beban. Hal ini menunjukkan bahwa *power supply* yang digunakan pada alat ini masih dalam keadaan yang layak untuk memberikan sumber DC kepada *Exhaust Fan* dan *step-down* DC-DC. Selain itu, terdapat komponen lain seperti modul *step-down* XL4015 yang memiliki tegangan *Input* 11,61 V dengan kondisi tanpa beban dan 11,42 V dengan kondisi terhubung ke beban. Tegangan *Input* terukur ini berada dalam rentang nilai pada spesifikasi yang diberikan oleh modul XL4015, yang dapat



menerima tegangan dengan rentang 8-36 V.

Selanjutnya, untuk tegangan *Output* yang terukur yaitu sebesar 5,02 V saat kondisi tanpa beban dan 5 V saat kondisi terhubung ke beban. Hal ini menunjukkan bahwa modul XL4015 telah berhasil menurunkan tegangan *Output* yang diberikan menjadi tegangan yang diinginkan. Tegangan *Output* inilah yang akan digunakan untuk menyuplai sumber DC dalam mengaktifkan ESP32 serta modul *Humidifier*. Keduanya terhubung secara paralel untuk mendapatkan suplai DC 5V dari keluaran modul *step-down* XL4015 ini. Pada pengukuran tegangan terhadap nilai kadar CO<sub>2</sub> dan CO yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa semakin besar kadar kedua gas ini di udara, maka akan semakin besar pula nilai tegangannya. Hal ini dikarenakan kadar CO<sub>2</sub> dan CO ini merupakan nilai ADC. Sementara, nilai ADC tersebut merupakan representasi dari tegangan (analog). Inilah mengapa ketika nilai ADC besar, maka tegangan juga akan besar. Selanjutnya, untuk pengukuran tegangan pada semua *Output* alat seperti *Exhaust Fan*, *Humidifier*, LCD I2C 20×4, *Buzzer* serta LED didapatkan nilai yang mendekati spesifikasi komponen saat aktif maupun tidak aktif. Pengujian tampilan LCD untuk menampilkan monitoring parameter terukur serta status pada alat, LCD mampu menampilkan 2 tampilan yang ditentukan sesuai prinsip kerja alat. Tampilan ini dapat diubah sesuai keinginan melalui *push button*. Pengujian untuk LED indikator juga sama, LED dapat aktif jika parameter yang ditentukan terpenuhi. Selain itu, pengujian *buzzer* terhadap pengukuran sensor ultrasonik telah sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Saat kondisi air terukur dibawah nilai persentase 15% atau dalam pengukuran sensor ultrasoniknya bernilai 7 cm, *buzzer* akan berbunyi *beep-beep* sebagai indikator untuk memberi tahu pengguna bahwa air pada tempat *Humidifier* telah habis dan harus segera diisi. Pada kondisi ini, jika air tidak diisi ulang, *Humidifier* akan mati untuk menghindari kerusakan pada modul ultrasonik *mist maker*. Selain pada alat, di aplikasi juga akan memberikan *notifer* atau peringatan ketika aplikasi dibuka bahwa air telah habis atau persentase 0%.

Dari pengujian, dapat dilihat bahwa alat dapat mengaktifkan *Exhaust Fan* maupun *Humidifier* secara otomatis ketika parameter kualitas udara yang terukur tidak normal. Dari data pada Tabel 5 sampai Tabel 8, *Exhaust Fan* aktif paling banyak di ruangan 2. Hal ini dikarenakan ruangan 2 merupakan tempat yang paling banyak memiliki ventilasi dan celah, sehingga udara dari luar dapat masuk dan mempengaruhi udara dalam ruangan. Sementara, pada ruangan 1 dan 3 *Exhaust Fan* hanya aktif sekali bahkan tidak aktif karena kedua ruangan ini kondisinya cukup tertutup. Selain itu, jika dilihat dari data yang telah didapatkan pada mode otomatis, nilai kelembaban dipengaruhi juga oleh suhu, dimana ketika nilai suhu tinggi, maka kelembaban akan semakin rendah. Nilai kelembaban yang rendah dibawah batas normal tentunya akan mengaktifkan *Humidifier* seperti pada pengujian mode otomatis ruangan 2 pukul 13:00 dan 14:00. Untuk pengujian manual dilakukan pada kedua *Output* alat yaitu *Exhaust Fan* dan *Humidifier*.

Pada pengujian *Exhaust Fan* mode manual dengan indikasi kadar CO dan CO<sub>2</sub> dibuat melebihi nilai batas keduanya, pada ruangan 1 untuk menurunkan kadar CO<sub>2</sub> ke bawah nilai ambang batas diperlukan waktu kurang dari 5 menit. Sedangkan untuk kadar CO, diperlukan waktu 25 menit. Pada ruangan 2, untuk menurunkan kadar CO<sub>2</sub> ke bawah nilai ambang batas diperlukan waktu kurang dari 5 menit. Sedangkan untuk kadar CO, diperlukan waktu 15 menit. Terakhir, pada ruangan 3 untuk menurunkan kadar CO<sub>2</sub> ke bawah ambang batas, diperlukan waktu kurang dari 10 menit. Sedangkan untuk kadar CO, diperlukan waktu 15 menit. Dari ketiga ruangan ini, ruangan yang paling cepat meminimalkan kadar CO dan CO<sub>2</sub> adalah ruangan 2. Hal ini dikarenakan, ruangan 2 memiliki lebih banyak ventilasi serta celah yang memungkinkan udara keluar mengikuti aliran angin. Selain itu, ukuran ruangan ini juga lebih luas diantara dua ruangan lainnya, sehingga sensor akan sulit mendeteksi kadar CO dan CO<sub>2</sub> yang tersebar ke ruangan. Namun demikian, pada ruangan 1 dan ruangan 3 yang memiliki lebih sedikit celah mampu menurunkan kadar CO dan CO<sub>2</sub> dari level yang tidak normal menjadi normal dalam waktu kurang

dari 30 menit menunjukkan bahwa alat ini cukup efisien dalam melakukan pengelolaan terhadap kualitas udara yang terkontaminasi di dalam ruangan.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian serta analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat memonitoring kualitas udara di dalam ruangan dengan memanfaatkan sensor MQ135, MQ7 dan DHT22 untuk mengukur parameter kadar CO<sub>2</sub>, CO, suhu dan kelembaban. Alat ini dapat melakukan pengelolaan kualitas udara dalam ruangan dengan mode otomatis dan manual. Saat mode otomatis, alat akan mengaktifkan *Exhaust Fan* saat kadar CO<sub>2</sub> atau CO melebihi nilai ambang batas yang telah ditentukan yaitu 1000 PPM dan 9 PPM. Selain itu, *Humidifier* juga akan aktif apabila kelembaban  $\leq 65\%$ . Saat mode manual, alat ini dapat melakukan pengelolaan kualitas udara dengan cara menurunkan kadar CO<sub>2</sub> dan CO yang melebihi nilai batasan normal dalam kurun waktu dibawah 30 menit. Sementara, *Humidifier* yang diaktifkan dapat meningkatkan kelembaban atau mempertahankan kelembaban dalam waktu 1 jam. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa system yang dirancang ini dapat menjalankan fungsinya untuk monitoring dan mengatur kualitas udara di ruangan sesuai dengan keinginan pengguna dan memberikan kemudahan dalam penggunaannya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] F. Gayuh and U. Dewi, "Pengaruh Kecepatan Dan Arah Aliran Udara Terhadap Kondisi Udara Dalam Ruangan Pada Sistem Ventilasi Alamiah," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 299–304, 2012.
- [2] M. Fajar B, F. D. Lestary, A. Hidayat, D. Fadhilatunisa, and A. Eka, "Prototype Sistem Monitoring Pendeteksi dan Penyaringan Udara pada Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Mediat.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–8, 2024, doi: 10.59562/mediatik.v6i2.1388.
- [3] I. A. Rombang, L. B. Setyawan, and G. Dewantoro, "Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 21, no. 1, pp. 131–144, 2022, doi: 10.31358/techne.v21i1.312.
- [4] M. K. Corie Indria Prasasti, SKM., "Kualitas Kimia Udara dan Keberadaan Sumber Pencemar dalam Rumah Pemicu Alergi Pernafasan pada Anak – Unair News," 2021, *newsunair*. [Online]. Available: file:///D:/KUL KUL/JURNALS/SUMBER LITERATUR/Kualitas Kimia Udara dan Keberadaan Sumber Pencemar dalam Rumah Pemicu Alergi Pernafasan pada Anak – Unair News.html
- [5] Kementerian Kesehatan, "Permenkes No. 2 Tahun 2023," *Kemendes Republik Indones.*, no. 55, pp. 1–175, 2023.
- [6] MN Department of Health, "Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) - MN Dept. of Health," 2022. [Online]. Available: <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/air/toxins/co2.html>
- [7] H. J. Mukono, "Pencemaran Udara dalam Ruangan - Google Books," 2014, *Airlangga University Press*. [Online]. Available: [https://www.google.co.id/books/edition/Pencemaran\\_Udara\\_dalam\\_Ruangan/hsOCDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=penyehatan+udara&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/books/edition/Pencemaran_Udara_dalam_Ruangan/hsOCDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=penyehatan+udara&printsec=frontcover)
- [8] H. INDONESIA, "Kelembapan Udara Ideal Kunci untuk Kesehatan," 2023, *HIGIENIS INDONESIA*. [Online]. Available: <https://www.higienis.com/blog/kelembapan-udara-ideal-faktor-kunci-untuk-kesehatan-dan-kesejahteraan/?srsltid=AfmBOorFsgM342NLYE4U2sHHZHFpoP80MIyQUdW1Zmp3o>



- nA7JLFAs1E5
- [9] D. A. Oktaviani and C. I. Prasasti, "The Physical and Chemical Air Quality, Worker's Characteristics, and Respiratory Symptoms Among Printing Workers in Surabaya," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 8, no. 2, p. 195, 2016, doi: 10.20473/jkl.v8i2.2016.195-205.