

Implementasi ESP32 dan Logika Fuzzy untuk Pengembangan Perangkat Air Purifying Berbasis IoT dan Sistem Cerdas

1st Hans Harison Taufiq

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

hansharison@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Astri Novianty

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

astrinov@telkomuniversity.ac.id

3rd Faisal Candrasyah Hasibuan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

faicanhasfcb@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Udara memiliki peran vital dalam mendukung kehidupan makhluk hidup, sehingga menjaga kualitas udara menjadi esensial untuk kesehatan dan kenyamanan. Meski demikian, polusi udara, terutama di dalam ruangan, telah menjadi masalah yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat *air purifier* berbasis IoT dan sistem cerdas sebagai alternatif untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Dengan mengidentifikasi polutan umum seperti, PM10, PM2.5, dan karbon monoksida, serta memahami kontribusi aktivitas manusia terhadap polusi udara, dirancang perangkat yang dapat mengurangi dampak negatifnya. Sebagai solusi jangka pendek, penelitian ini menyarankan penggunaan *air purifier* untuk menyaring polutan dalam ruangan. Namun, tantangan dalam penggunaannya adalah aksesibilitas dan ketersediaan bagi semua lapisan masyarakat. Dengan permasalahan tersebut penelitian ini berfokus kepada pengembangan alat *air purifier*. Alat yang dikembangkan dengan sistem cerdas *fuzzy logic* dapat melakukan purifikasi sebesar 92,5% pada ruangan dengan ukuran 3,5m x 2,5m dan 35,5% pada ruangan 10,5m x 8m. Suara minimal sebesar 53dB dan maksimal 61dB. Pada mode paling pelan daya yang dibutuhkan untuk menyalaikan *air purifier* tidak lebih dari 3W dan daya maksimal yang diperlukan sebesar 4,7W.

Kata kunci— IoT (Internet of Things), Air Purifier, fuzzy logic, Sistem Cerdas.

I. PENDAHULUAN

Udara adalah elemen penting bagi kehidupan agar makhluk hidup dapat hidup secara optimal, maka perlu menjadi dan meningkatkan kualitasnya[1]. Polusi udara, baik di luar maupun di dalam ruangan, telah menjadi masalah serius karena adanya polutan berbahaya seperti ozon di permukaan tanah, PM10, PM2.5, karbon monoksida, sulfur dioksida, dan nitrogen dioksida. Kebutuhan akan udara bersih sangat penting, terutama di dalam rumah, untuk mendukung Kesehatan dan kenyamanan. Sebagian besar polusi udara berasal dari aktivitas manusia, aktivitas yang paling banyak memproduksi polusi udara bisa dilihat dari bagaimana kita bergerak, Kegiatan seperti penggunaan kendaraan, cara kita

memproduksi, menghasilkan energi, mengelola sampah, namun ada juga yang berasal dari alam[2].

Polusi udara dalam ruangan bisa berasa dari berbagai sumber, termasuk polusi dari luar ruangan yang masuk melalui celah-celah dinding, jendela, dan pintu. PM2.5, partikel polusi udara berukuran kurang dari 2,5 mikrometer ini, sangat berbahaya karena mudah terhirup dan sulit disaring oleh tubuh manusia, menyebabkan masalah Kesehatan seperti penyakit pernapasan kronis, kanker paru-paru, asma, dan penyakit jantung. Sumber lain polusi dalam ruangan meliputi asap rokok, bulu hewan peliharaan, debu, dan jamur, yang mengurangi kualitas udara dalam ruangan, terutama di iklim tropis seperti Indonesia.

Polusi udara merupakan masalah yang dialami oleh Masyarakat yang berada di kota-kota besar khususnya di Jabodetabek. Polusi udara muncul menjadi masalah terbesar di kota-kota besar. Polutan ada di udara tersebut berbahaya bagi Kesehatan manusia[3]. Mengganggu aktivitas sehari-hari dan menyebabkan berbagai penyakit pernapasan. Data menunjukkan peningkatan drastis jumlah pasien ISPA akibat polusi udara yang buruk. Indeks Kualitas Udara (AQI) digunakan untuk mengukur kualitas udara, dengan nilai tinggi menunjukkan risiko Kesehatan yang lebih besar. AQI menghitung konsentrasi polutan utama dan membaginya dengan nilai standar yang diperbolehkan, menggunakan skala 0-300 untuk menunjukkan kualitas udara.

Beberapa Solusi jangka Panjang seperti penanaman pohon, penggunaan energi terbarukan, dan pengurangan kendaraan bermotor telah diterapkan namun masih bergantung pada kesadaran masyarakat. Solusi jangka pendek yang efektif adalah penggunaan *air purifier* yang menyaring udara dari polutan. Meskipun efektif, *air purifier* belum dapat diakses oleh semua lapisan Masyarakat. Oleh karena itu, perlu dikembangkan *air purifier* yang efisien dan terjangkau untuk memonitor dan memurnikan udara dalam ruangan, sehingga menghasilkan udara yang lebih sehat.

II. KAJIAN TEORI

Dalam pengembangan perangkat *air purifier* ini terdapat banyak teknologi dan komponen penting yang digunakan.

Berikut adalah penjelasan tentang teknologi dan komponen yang digunakan dalam proses pengembangan perangkat ini:

A. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet, memungkinkan perangkat tersebut untuk berkomunikasi dan bertukar data secara *real-time*. Teknologi ini memfasilitasi otomatisasi dan pengendalian perangkat dari jarak jauh, meningkatkan efisiensi dan kemudahan penggunaan.

B. Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) adalah platform pemrograman yang digunakan untuk menulis, mengkompilasi, dan mengunggah kode ke *mikrokontroler* berbasis Arduino. IDE ini menyediakan antarmuka pengguna yang sederhana dan dukungan untuk berbagai *library* dan contoh kode, memudahkan pengembangan proyek elektronik.

C. Firebase

Firebase adalah platform pengembangan aplikasi berbasis *cloud* yang menyediakan berbagai layanan seperti penyimpanan data, otentikasi, dan analisis secara *real-time*. Dengan Firebase, pengembang dapat dengan mudah mengelola *backend* aplikasi dan memastikan ketersediaan data secara konsisten dan aman.

D. ESP32 DevKit V1

ESP32 DevKit V1 adalah modul *mikrokontroler* yang mendukung Wi-Fi dan *Bluetooth*, membuatnya ideal untuk aplikasi IoT yang membutuhkan koneksi nirkabel. Modul ini memiliki daya komputasi yang kuat dan konsumsi daya rendah, memungkinkan implementasi dalam berbagai proyek yang memerlukan efisiensi energi.

E. Sensor PMS5003

PMS5003 adalah sensor partikel udara yang dapat mendeteksi konsentrasi partikel PM1.0, PM2.5, dan PM10 dalam udara dengan akurasi tinggi. Sensor ini sering digunakan untuk pemantauan kualitas udara di lingkungan dalam ruangan maupun luar ruangan, memberikan data yang dapat diandalkan untuk analisis polusi udara.

F. Sensor MQ-7

MQ7 adalah sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi karbon monoksida (CO) di udara. Sensor ini memberikan keluaran analog yang dapat dibaca oleh *mikrokontroler*, memudahkan deteksi dan pemantauan gas beracun dalam aplikasi keselamatan.

G. Sensor DHT22

DHT22 adalah sensor yang dapat mengukur suhu dan kelembaban dengan presisi tinggi, sering digunakan dalam aplikasi *monitoring* lingkungan. Sensor ini mudah diintegrasikan dengan *mikrokontroler* dan memberikan data digital yang stabil, cocok untuk pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*.

H. LCD TFT 2.8 inch

LCD TFT 2.8 inch adalah layar sentuh warna yang digunakan untuk menampilkan data dan antarmuka pengguna secara interaktif dan informatif. Layar ini mendukung

resolusi tinggi dan berbagai warna, memungkinkan tampilan grafis yang jelas dan responsif untuk berbagai aplikasi.

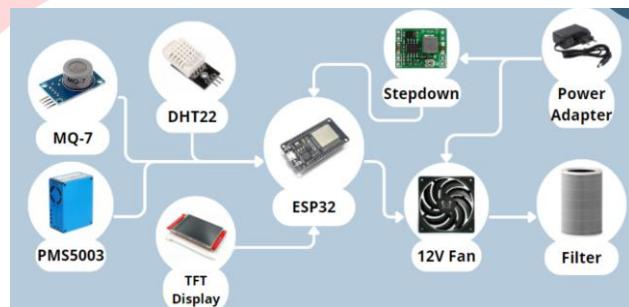
III. METODE

A. Rancangan Umum Sistem

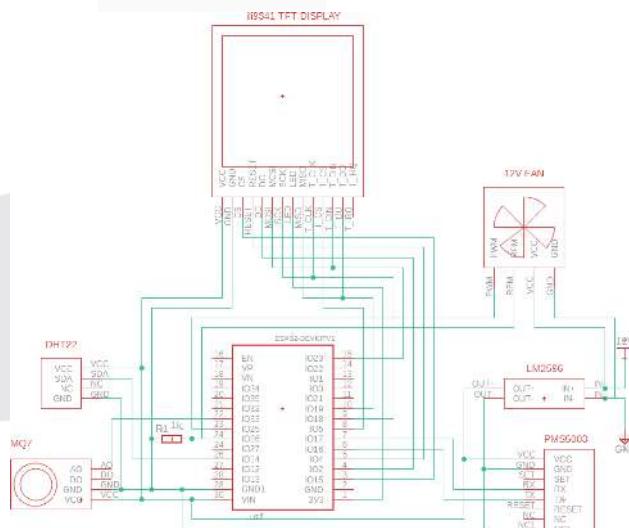
Rancangan umum sistem yang komprehensif sangat penting untuk memperlancar proses perancangan dan pengembangan fungsionalitas perangkat. Rancangan ini harus mencakup semua aspek penting untuk memastikan operasi perangkat yang optimal dan memenuhi kepuasan pengguna. Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3 adalah beberapa gambaran rancangan umum rencana desain untuk *Air Purifier* Berbasis *Fuzzy Logic* dan IoT:



GAMBAR 1.
Rancangan Umum Sistem



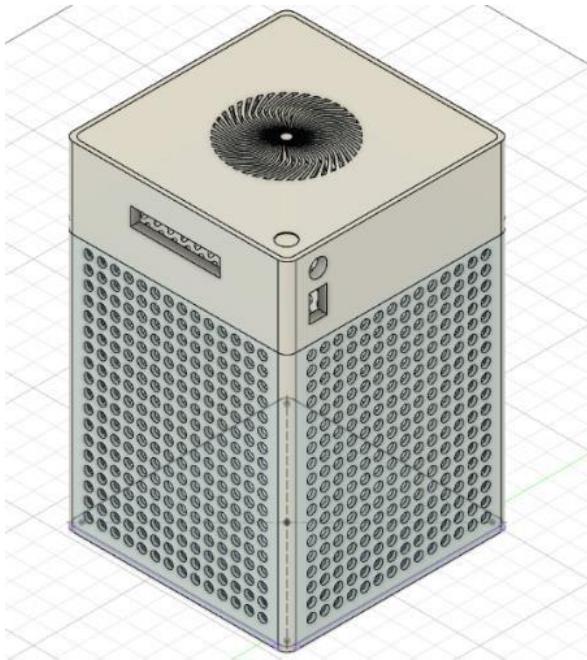
GAMBAR 2.
Rancangan rangkaian Air Purifier



GAMBAR 3.
Skematis rangkaian Air Purifier

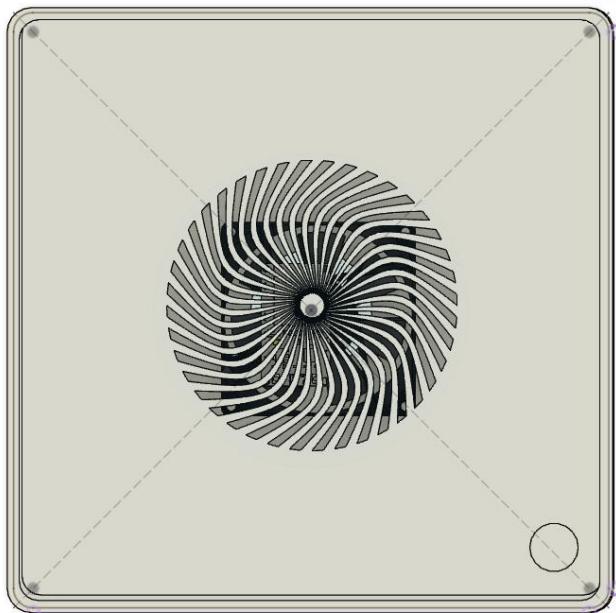
B. Desain Perangkat

Analisis dan pemilihan solusi akan berfokus pada beberapa persyaratan berikut: fungsionalitas, estetika, efisiensi, bahan yang dipakai, biaya. Desain solusi juga harus sesuai dengan kebutuhan dan kenyamanan pengguna. Gambar 4 adalah gambar desain solusi *air purifier* yang dipilih.



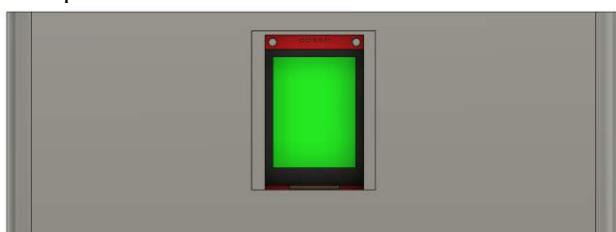
GAMBAR 4.
Desain 3D Air Purifier

Berikut desain perangkat secara terperinci:



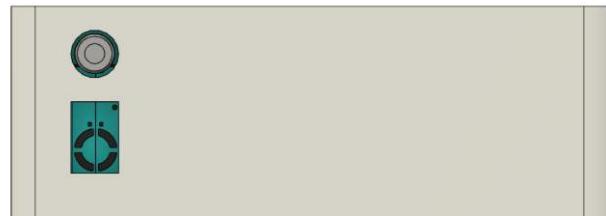
GAMBAR 5.
Tampilan atas Air Purifier

Pada Gambar 5 ditunjukkan bagian atas Air Purifier yang terdapat tutup dari air purifier dan juga sebagai jalur keluarnya udara bersih yang sudah difilter dan dikeluarkan oleh kipas.



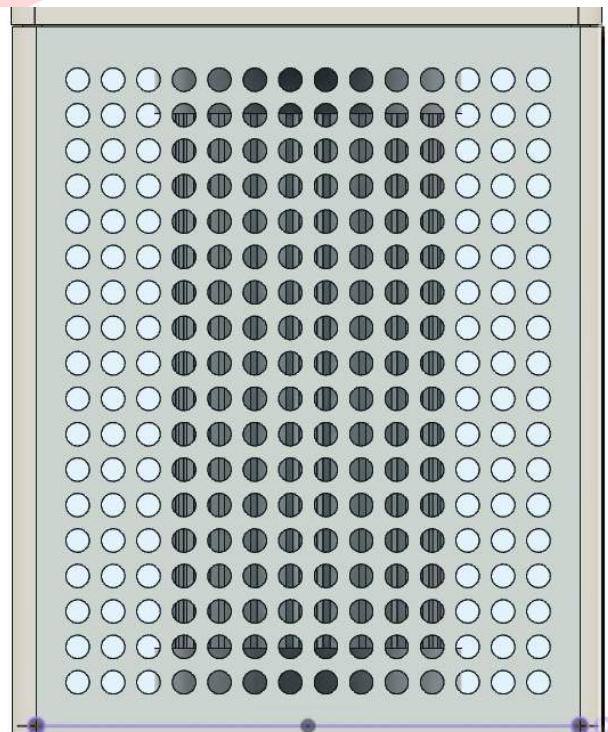
GAMBAR 6.
Tampilan Depan LCD Air Purifier

Pada Gambar 6 ditunjukkan bagian depan atas Air Purifier yang terdapat LCD TFT 2.8 inch sebagai penampil informasi dari pembacaan sensor dan sebagai kontrol dari air purifier itu sendiri untuk menghidup, mematikan alat, mengganti mode, dan kecepatan kipas dari air purifier.



GAMBAR 7.
Tampilan samping Air Purifier

Pada Gambar 7 ditunjukkan bagian samping Air Purifier yang terdapat 3 sensor yang membaca PM2.5, CO, suhu, dan kelembapan. Yang nantinya nilai dari PM2.5 dan CO menjadi sebagai acuan dari *fuzzy logic* untuk menentukan kecepatan kipas.

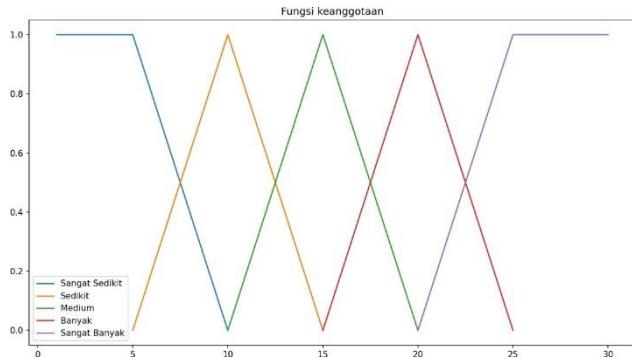


GAMBAR 8.
Tampilan depan filter Air Purifier

Pada Gambar 8 ditunjukkan bagian depan bawah air purifier yang di dalamnya terdapat filter untuk menyaring berbagai polutan dari udara.

C. Logika fuzzy

Untuk alat yang memiliki sistem cerdas digunakanlah logika fuzzy sebagai sistem cerdas untuk membuat alat ini lebih pintar dalam melakukan purifikasi. Dengan pembacaan sensor PM2.5 dan CO, dilanjutkan dengan logika fuzzy untuk mengatur kecepatan kipas pada air purifier ini.



GAMBAR 9.
Fungsi Keanggotaan CO

Gambar 9 adalah fungsi keanggotaan CO, maka dapat disimpulkan nilai linguistik dan *range* nilai berikut ini.

Sangat sedikit : [1 5 10]

Sedikit : [5 10 15]

Medium : [10 15 20]

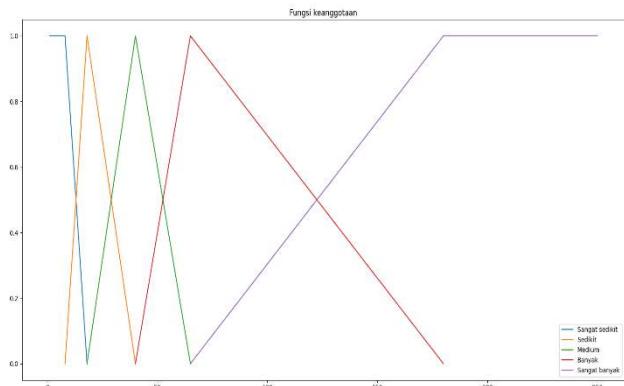
Banyak : [15 20 25]

Sangat banyak : [20 25 30]

Sedikit	: [400 800 1200]
Medium	: [800 1200 1600]
Banyak	: [1200 1600 2000]
Sangat banyak	: [1600 2000 2400]

Nilai linguistik kemudian dapat menentukan hasil dari 25 aturan-aturan fuzzy berikut ini:

- 1) IF (CO Sangat sedikit) AND (PM2.5 Sangat sedikit) THEN (kecepatan kipas ISSangat pelan)
- 2) IF (CO Sangat sedikit) AND (PM2.5 Sedikit) THEN (kecepatan kipas IS Pelan)
- 3) IF (CO Sangat sedikit) AND (PM2.5 Medium) THEN (kecepatan kipas IS Medium)
- 4) IF (CO Sangat sedikit) AND (PM2.5 Banyak) THEN (kecepatan kipas IS Cepat)
- 5) IF (CO Sangat sedikit) AND (PM2.5 Sangat banyak) THEN (kecepatan kipas ISSangat cepat)
- 6) IF (CO Sedikit) AND (PM2.5 Sangat sedikit) THEN (kecepatan kipas IS Pelan)
- 7) IF (CO Sedikit) AND (PM2.5 Sedikit) THEN (kecepatan kipas IS Pelan)
- 8) IF (CO Sedikit) AND (PM2.5 Medium) THEN (kecepatan kipas IS Medium)
- 9) IF (CO Sedikit) AND (PM2.5 Banyak) THEN (kecepatan kipas IS Cepat)
- 10) IF (CO Sedikit) AND (PM2.5 Sangat banyak) THEN (kecepatan kipas IS Sangatcepat)
- 11) IF (CO Medium) AND (PM2.5 Sangat sedikit) THEN (kecepatan kipas IS Medium)
- 12) IF (CO Medium) AND (PM2.5 Sedikit) THEN (kecepatan kipas IS Medium)
- 13) IF (CO Medium) AND (PM2.5 Medium) THEN (kecepatan kipas IS Medium)
- 14) IF (CO Medium) AND (PM2.5 Banyak) THEN (kecepatan kipas IS Cepat)
- 15) IF (CO Medium) AND (PM2.5 Sangat banyak) THEN (kecepatan kipas IS Sangatcepat)
- 16) IF (CO Banyak) AND (PM2.5 Sangat sedikit) THEN (kecepatan kipas IS Cepat)
- 17) IF (CO Banyak) AND (PM2.5 Sedikit) THEN (kecepatan kipas IS Cepat)
- 18) IF (CO Banyak) AND (PM2.5 Medium) THEN (kecepatan kipas IS Cepat)
- 19) IF (CO Banyak) AND (PM2.5 Banyak) THEN (kecepatan kipas IS Cepat)
- 20) IF (CO Banyak) AND (PM2.5 Sangat banyak) THEN (kecepatan kipas IS Sangatcepat)
- 21) IF (CO Sangat banyak) AND (PM2.5 Sangat sedikit) THEN (kecepatan kipas ISSangat cepat)
- 22) IF (CO Sangat banyak) AND (PM2.5 Sedikit) THEN (kecepatan kipas IS Sangat cepat)
- 23) IF (CO Sangat banyak) AND (PM2.5 Medium) THEN (kecepatan kipas IS Sangat cepat)
- 24) IF (CO Sangat banyak) AND (PM2.5 Banyak) THEN (kecepatan kipas IS Sangat cepat)
- 25) IF (CO Sangat banyak) AND (PM2.5 Sangat banyak) THEN (kecepatan kipas ISSangat cepat)



GAMBAR 10.
Fungsi Keanggotaan PM2.5

Gambar 10 adalah fungsi keanggotaan PM2.5, maka dapat disimpulkan nilai linguistik dan *range* nilai berikut ini.

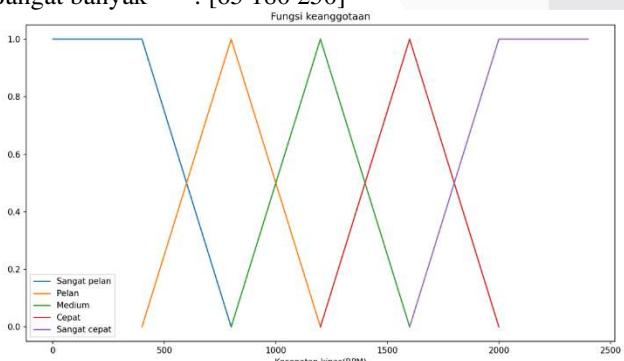
Sangat sedikit : [1 8 18]

Sedikit : [8 18 40]

Medium : [18 40 65]

Banyak : [40 65 180]

Sangat banyak : [65 180 250]



GAMBAR 11.
Fungsi Keanggotaan Kecepatan Kipas

Gambar 11 adalah fungsi keanggotaan kecepatan kipas, maka dapat disimpulkan nilai linguistik dan *range* nilai berikut ini.

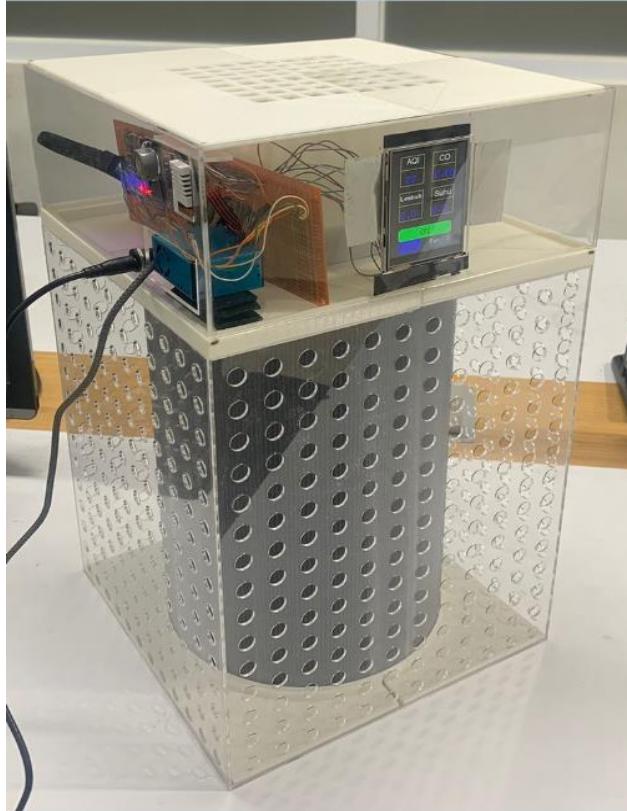
Sangat sedikit : [1 400 800]

$$y = \frac{\sum y \mu R(y)}{\sum \mu R(y)} \quad (2.1)$$

Hasil dari aturan-aturan fuzzy tersebut, dihitung dengan defuzzyifikasi mamdani pada Persamaan 2.1, dengan menggunakan fungsi keanggotaan dari kecepatan kipas

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Perangkat

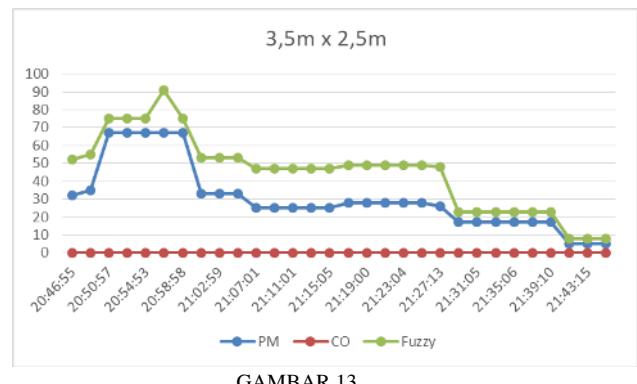


GAMBAR 12.
Tampilan Alat Air Purifier

Berdasarkan hasil analisis dan pemilihan solusi, Gambar 12 adalah wujud dari alat *air purifier* yang dikembangkan, yang terhubung dengan aplikasi *mobile*. Aplikasi *mobile* digunakan sebagai *monitoring* dari alat, dan berfungsi sebagai pengatur kondisi alat baik menghidupkan, mematikan, mengganti mode, ataupun kecepatan kipas.

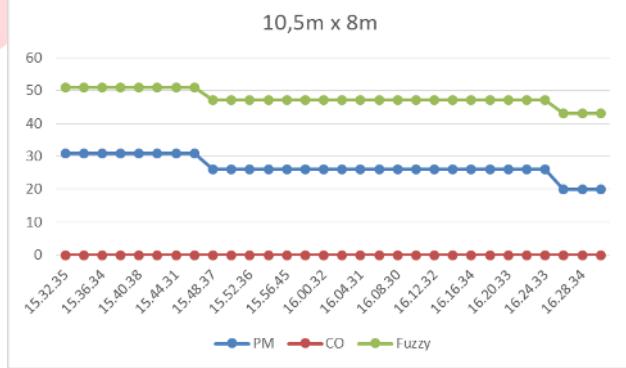
B. Pengujian Purifikasi

Pengujian ini dilakukan pada ruangan 3,5m x 2,5m dan 10,5m x 8m selama 1 jam dengan data yang diambil setiap 2 menit. Untuk memastikan bahwa alat *air purifier* ini bisa melakukan purifikasi dan juga *fuzzy logic* dapat bekerja sesuai dengan hasil pembacaan sensor PM2.5 dan CO.



GAMBAR 13.
Pengujian Purifikasi 3,5m x 2,5m

Berdasarkan pengujian ini didapatkan hasil dari logika fuzzy dapat menyesuaikan kecepatan kipas berdasarkan nilai dari pembacaan sensor PM2.5 dan CO. Didapatkan juga kemampuan efisiensi dari *air purifier* ini sebesar 92,5% dari nilai ppm PM2.5 tertinggi pada 67ppm dan dapat diturunkan menjadi 5ppm dalam kurun waktu 1 jam pada Gambar 13.



GAMBAR 14.
Pengujian Purifikasi 10,5m x 8m

Berdasarkan pengujian ini didapatkan hasil dari logika fuzzy dapat menyesuaikan kecepatan kipas berdasarkan nilai dari pembacaan sensor PM2.5 dan CO. Didapatkan juga kemampuan efisiensi dari *air purifier* ini sebesar 35,5% dari nilai ppm PM2.5 tertinggi pada 31ppm dan dapat diturunkan menjadi 20ppm dalam kurun waktu 1 jam.

Analisis pengujian: setelah dilakukan pengujian purifikasi selama 1 jam pada 2 ruangan dengan ukuran yang berbeda, didapatkan hasil bahwa *air purifier* ini dapat menjalankan logika fuzzy sesuai dengan nilai pembacaan sensor dan dapat melakukan purifikasi dari 92,5% sampai dengan 35,5% dalam ruangan 3,5m x 2,5m sampai dengan 10,5m x 8m pada Gambar 14.

C. Pengujian Sumber Daya Air Purifier

Pengujian ini dilakukan dengan melakukan *monitoring* sumber daya pada aplikasi *mobile* krisbow sync dari alat krisbow sync smart plug. Pengujian dilakukan dengan mengukur sumber daya pada setiap kecepatan kipas pada *air purifier*.

TABEL 1.
Pengujian Sumber Daya Air Purifier

No.	Mode Operasi	Hasil Pengukuran (W)
1	Sangat Rendah	0

2	Rendah	0
3	Tinggi	0
4	Sangat Tinggi	4.7

Analisis pengujian: setelah dilakukan pengujian sumber daya *air purifier*, didapatkan hasil sumber daya tertinggi dari *air purifier* sebesar 4,7W. Namun pada kecepatan kipas lainnya tidak bisa didapatkan nilai pasti dikarenakan kekurangan pada alat pengujian yang tidak bisa mendeteksi sumber daya ketika di bawah 3W pada Tabel 1.

D. Pengujian Suara *Air Purifier*

Pengujian dilakukan dengan membandingkan suara maksimal kedua *air purifier* di mode rendah dan tinggi dengan menggunakan gm1352 *sound meter*

TABEL 2.
Pengujian Suara *Air Purifier*

No.	Mode Operasi	Hasil Pengukuran (dB)
1	Sangat Rendah	53
2	Tinggi	61

Analisis pengujian: setelah dilakukan pengujian suara *air purifier*, didapatkan hasil suara minimum dari *air purifier* adalah sebesar 53dB sedangkan suara maksimal sebesar 61dB pada Tabel 1.

V. KESIMPULAN

Air purifier ini memiliki kemampuan purifikasi menggunakan logika fuzzy yang menyesuaikan kecepatan kipas dengan nilai dari partikel PM2,5 dan CO. Memiliki fitur mode manual yang di mana pengguna dapat mengatur kecepatan kipas sesuai dengan kemauan pengguna. Penggunaan sumber daya yang rendah, dan juga tingkat suara yang cukup rendah. Dapat dikendalikan dengan 2 cara yaitu: secara langsung pada alatnya melalui LCD maupun menggunakan aplikasi *mobile* untuk mempermudah pengguna untuk mengatur kecepatan kipas ataupun mode dari *air purifier* dan *monitoring* nilai partikel PM2,5 dan CO, ataupun suhu dan kelembapan. Dapat menurunkan kadar polutan sampai dengan 92,5% selama 1 jam. Adapun beberapa masalah yang harus diperhatikan dalam pengembangan selanjutnya seperti: sensor CO yang dapat tergerus usia sehingga membuat pembacaan sensor yang semakin menurun setelah penggunaan yang cukup lama.

REFERENSI

- [1] I. Salamah, R. Tapera, dan I. Hadi, "Alat Penjernih Udara dengan Sensor Radar RCWL dan Monitoring PM2.5 Berbasis IoT," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 2, hal. 349, Jul 2022, doi: 10.24036/jtev.v8i2.118060.
- [2] Nafas Indonesia, "September Masih Didominasi Polusi Tinggi," 2023.
- [3] M. S. Amlil, B. Yulianto, dan Nugraha, "Desain dan Pembuatan Sistem Pengukuran Kualitas Udara Menggunakan Mikrokontroler," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 7, no. 1, hal. 1–8, 2015, doi: <https://dx.doi.org/10.5614/joki.2015.7.1.1>.