

Sistem Kontrol Suhu Ruangan dengan Metode *Fuzzy Logic Cotroller* Berbasis Mikrokontroler dan IoT

Ahmad Hilmi¹, Dedi Aming², Kartono Wijayanto³

1,2,3 Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga 40012, Bandung, Indonesia
ahmad.hilmi.toi17@polban.ac.id

Abstrak

Seiring dengan perkembangan zaman, aspek ‘kenyamanan termal’ sesungguhnya telah mendominasi kehidupan manusia dalam rangka berinteraksi dengan lingkungan fisiknya. Suhu di dalam ruangan menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi kenyamanan manusia dalam beraktifitas sehari-hari di dalam ruangan. Suhu yang dikeluarkan pendingin ruangan (Air Cooler) terkadang terasa cukup, terlalu sejuk, kurang sejuk dan lain sebagainya. Berdasarkan SNI 03-6572-2001 suhu nyaman berada pada rentang 25°C – 28°C. Dengan metode Fuzzy Logic Controller dapat ditentukan suhu optimal yang akan dikeluarkan oleh pendingin ruangan pada ruang tertutup berdasarkan jumlah orang yang berada di dalam ruangan dan suhu ruangan dari DHT11. Kontroler yang digunakan yaitu ESP32. Pemantauan sistem dapat dilakukan dengan menggunakan smartphone dengan metode Internet of Things, MIT App Inventor adalah aplikasi android yang digunakan sebagai user interface, sehingga pengguna bisa memonitoring kondisi suhu ruangan dari jarak jauh asalkan sistem terhubung dengan WiFi. Tujuan dari penelitian ini yaitu sistem kontrol dapat mempertahankan suhu ruangan pada suhu 26°C – 28°C. Berdasarkan hasil pengujian, sistem kontrol ini masih terdapat error sebesar 3.6%.

Kata Kunci : Fuzzy Logic Controller, Suhu Nyaman, Internet of Things

I. PENDAHULUAN

Hampir pada setiap kesempatan manusia selalu membicarakan masalah sensasi termisnya terhadap udara di sekitarnya, seperti misalnya ‘terlalu panas’ atau ‘terlalu dingin’, atau sekadar mengatakan bahwa pada saat tertentu mereka merasa ‘kepanasan’, ‘keinginkan’, dan sebagainya. Hal ini menunjukkan bahwa aspek kenyamanan termal sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia sehari-hari [1]. Suhu di dalam ruangan menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi kenyamanan manusia dalam beraktifitas sehari-hari di dalam ruangan. Karena jika terlalu panas dapat menyebabkan penurunan kinerja kognitif maka diperlukan suhu yang nyaman. Standart yang ditetapkan oleh SNI 03-6572-2001 ada tingkatan temperatur yang nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian, yaitu sejuk nyaman, antara temperatur efektif 20,5°C - 22,8°C, nyaman optimal, antara temperatur efektif 22,8°C - 25,8°C, dan hangat nyaman, antara temperatur efektif

25,8°C - 27,1°C [2]. Banyaknya orang di dalam ruangan juga memengaruhi tinggi rendahnya suhu di dalam ruangan. Semakin banyak jumlah orang di dalam ruangan maka semakin besar daya AC yang dibutuhkan, karena pada dasarnya manusia yang mengisi suatu ruangan mengeluarkan kalori yang cukup tinggi. [3].

Penelitian mengenai pengendalian suhu ruangan pun terus dilakukan atas dasar ilmu pengetahuan dan teknologi untuk menciptakan ‘kenyamanan termal’ bagi manusia ketika berada di dalam ruangan. Kontrol manajemen energi berbasis fuzzy lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional di mana dengan kontrol fuzzy ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar pemanas sebesar 8% [4]. Pengendalian suhu keluaran air conditioner dapat dilakukan dengan menggunakan metode fuzzy logic controller [5]. Metode Mamdani dan Sugeno merupakan dua metode yang paling banyak digunakan. Metode Mamdani mudah diaplikasikan tanpa terlalu banyak informasi awal dari sistem. Metode ini juga

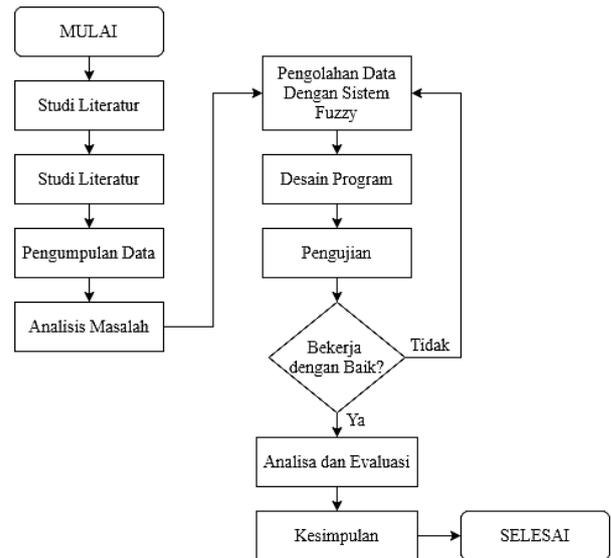
sederhana dan mudah untuk sistem yang bersifat sangat non linier [6]. Pengujian *fuzzy logic controller* dapat dilakukan dengan membandingkan output antara sistem yang dibuat dengan simulasi di matlab [7]. Air Cooler dapat digunakan sebagai aktuatornya. Kontrol Air Cooler ini menggunakan 3 input dan 3 output [8]. Input fuzzy logic berupa suhu dan banyaknya orang dalam ruangan, masing-masing input terdiri dari 5 fungsi keanggotaan. Keluaran berupa kecepatan kipas motor [9]. Dalam menghitung jumlah orang secara otomatis dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 [10]. Agar bisa mengontrol *air conditioner* dari jarak jauh menggunakan *infrared transmitter* [11]. Data-data dari sensor seperti suhu dan kelembaban udara dapat dipantau secara *real-time* melalui firebase [12]. Sebagai interface pengguna dan juga untuk mengendalikan perangkat rumah tangga pada smartphone android digunakan Aplikasi android MIT App Inventor [13].

Berdasarkan hasil penelitian para peneliti terdahulu, maka dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol tidak terhubung dengan smartphone android. Agar dapat dilakukan pemantauan dan pengendalian dari *smartphone android* maka dibutuhkan database untuk menyimpan dan mengirimkan data-data dari sensor yang digunakan. Maka, penulis memutuskan untuk melakukan penelitian sistem kontrol suhu ruangan dengan metode *fuzzy logic controller* yang dapat diakses oleh smartphone android sebagai pemantau dan pengendali dengan mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP32 sebagai kontroler dan perantara antara sistem yang dikontrol dengan internet.

II. METODE PENELITIAN

A. Pendahuluan

Dalam proses pengerjaan penelitian ini dibuat tahapan-tahapan agar proses pengerjaan terstruktur dan sistematis sehingga tujuan penelitian penulis dapat tercapai. Gambar 1 menunjukkan tahapan metode pelaksanaan penelitian.

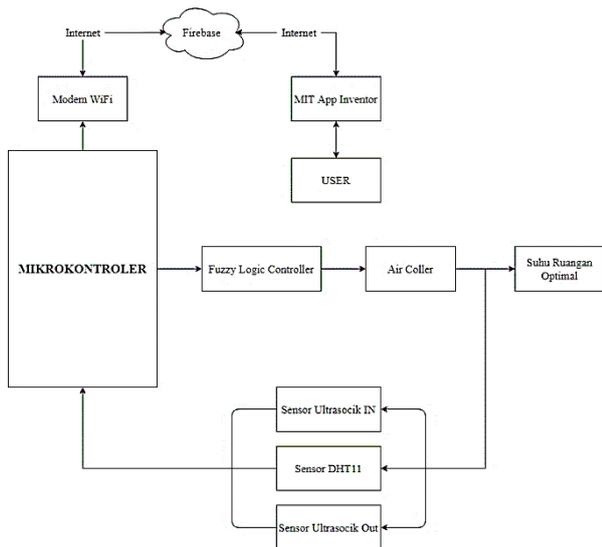


Gambar 1. Metode Penelitian

B. Perancangan Sistem

Perancangan sistem terbagi menjadi 3 bagian, yaitu perancangan perangkat keras, perancangan fuzzy logic controller dan perancangan perangkat lunak.

1) *Perancangan Perangkat Keras*: Pada sistem ini terdapat satu buah kontroler yaitu ESP32, serta 3 buah sensor dan satu buah aktuator. Adapun variabel yang dikontrol yaitu suhu ruangan. Pengukuran suhu dilakukan oleh sensor DHT11 dan perhitungan banyak orang oleh dua buah sensor ultrasonik yang tersambung langsung ke mikrokontroler. Pengendalian suhu dilakukan dengan metode Fuzzy Logic Controller. Kontroler akan mengolah data berdasarkan masukan-masukan dari sensor-sensor dengan menggunakan metode fuzzy logic controller agar dapat mengatur kecepatan angin dari air cooler yaitu kecepatan rendah, sedang dan cepat, sehingga didapatkan suhu ruangan yang optimal. Data suhu ruangan dan jumlah orang yang berada di ruangan akan disimpan menggunakan firebase dan ditampilkan pada smartphone android pengguna melalui aplikasi MIT App Inventor. Gambar 2 menunjukkan blok diagram sistem.

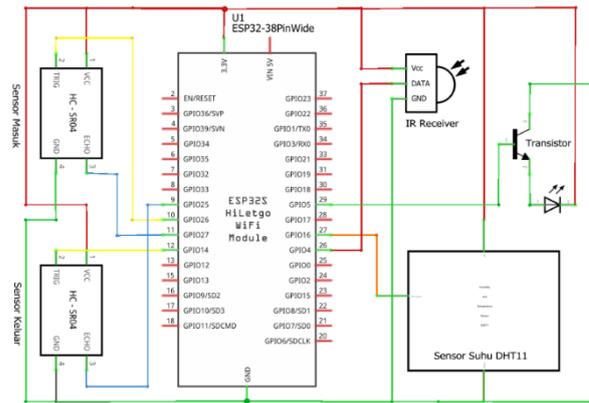


Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan gambar 2 terdapat 3 buah sensor yang digunakan sebagai input sistem yaitu sensor ultrasonic in, sensor DHT11 dan sensor ultrasonic out. data yang telah terbaca pada sensor akan dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pengontrol sistem. Jika suhu ruangan tidak berada pada rentang kenyamanan optimal yaitu suhu pada rentang $25.8^{\circ}\text{C} - 28.3^{\circ}\text{C}$, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan dan mengatur kecepatan angin air cooler. Dengan menggunakan metode fuzzy logic controller, data yang diterima dari sensor akan diolah dan outputnya akan digunakan untuk menyesuaikan kecepatan angin yang dikeluarkan oleh air cooler yaitu rendah, sedang dan cepat sehingga suhu ruangan dapat berada pada batas suhu $25.8^{\circ}\text{C} - 28.3^{\circ}\text{C}$.

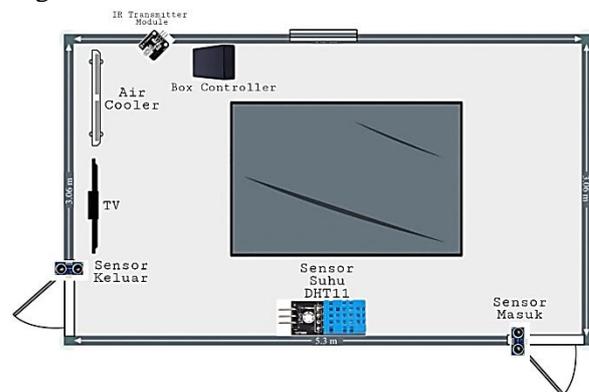
Mikrokontroler ESP32 akan mengirim data ke firebase. Data akan dikirim melalui internet sehingga sistem dapat beroperasi menggunakan smartphone. Dengan database yang di-host pada cloud menggunakan firebase. Data akan terintegrasi dan disinkronkan secara real-time ke setiap user yang terhubung. Sehingga user akan menerima update data terbaru secara otomatis saat menggunakan aplikasi. MIT APP Inventor digunakan sebagai media pemantauan jarak jauh pada aplikasi android smartphone.

Untuk memudahkan dalam melakukan instalasi komponen-komponen pada sistem yang dibuat, maka dibuat rangkaian skematik dari sistem yang dibuat. Gambar 3 menunjukkan skematik rangkaian dari sistem yang dibuat.



Gambar 3. Skematik Rangkaian

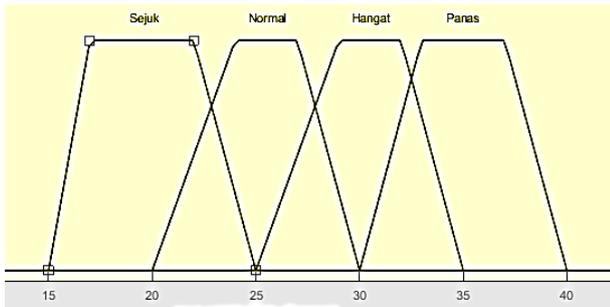
Rangkaian komponen pada skematik rangkaian di atas akan diterapkan pada ruangan dengan panjang ruangan 4 meter, lebar 3 meter dan tinggi 2.5 meter. Gambar 4 menunjukkan denah ruangan yang dikontrol.



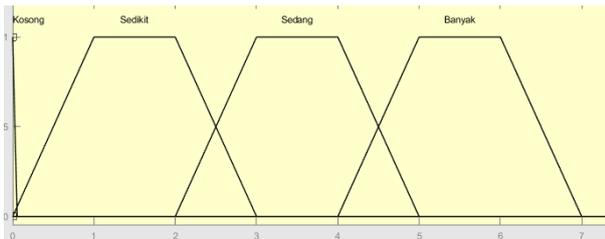
Gambar 4. Denah Ruangan

Dari gambar 4 terdapat 3 buah sensor yang menempel di dinding yaitu sensor DHT11, dan dua buah sensor ultrasonic. Di dinding samping terdapat box controller yang berisi mikrokontroler dan IR Transmitter Module untuk menembakan sinyal infra merah ke air cooler.

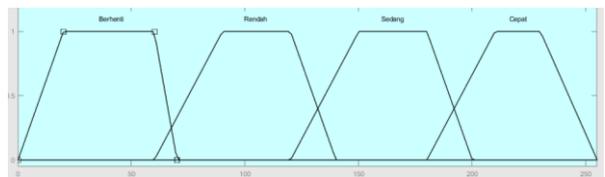
2) *Fuzzy Logic Controller*: Pada pengaturan kecepatan angin Air Cooler terdapat 2 input masukan yang akan difuzifikasikan ke himpunan fuzzy dan menjadi fungsi keanggotaan fuzzy, yaitu suhu ruangan dan banyaknya orang di dalam ruangan. Sedangkan untuk keluarannya yaitu berupa kecepatan angin dari *air cooler*. dapat dilihat pada gambar 5 - gambar 7.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Suhu Ruangan



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Jumlah Orang



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Kecepatan Angin

Pengaturan kecepatan Air Cooler ini digunakan beberapa rule yang kemungkinan besar akan terjadi pada pengaturan keluaran kecepatan Air Cooler. Rule-rule pernyataan dikelompokkan menjadi sebuah matrik yang disebut sebagai Fuzzy Associative Memory (FAM). Dengan Menggunakan input Suhu Dalam Ruangan dan Jumlah Orang Dalam Ruangan maka diperoleh Rule Base, dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Rule Base

No.	Suhu Dalam Ruangan	Banyak orang	Kecepatan Angin Air Cooler
1	Sejuk	Kosong	Berhenti
2	Sejuk	Sedikit	Berhenti
3	Sejuk	Sedang	Berhenti
4	Sejuk	Banyak	Rendah
5	Normal	Kosong	Berhenti
6	Normal	Sedikit	Rendah
7	Normal	Sedang	Rendah
8	Normal	Banyak	Sedang
9	Hangat	Kosong	Berhenti
10	Hangat	Sedikit	Sedang
11	Hangat	Sedang	Cepat

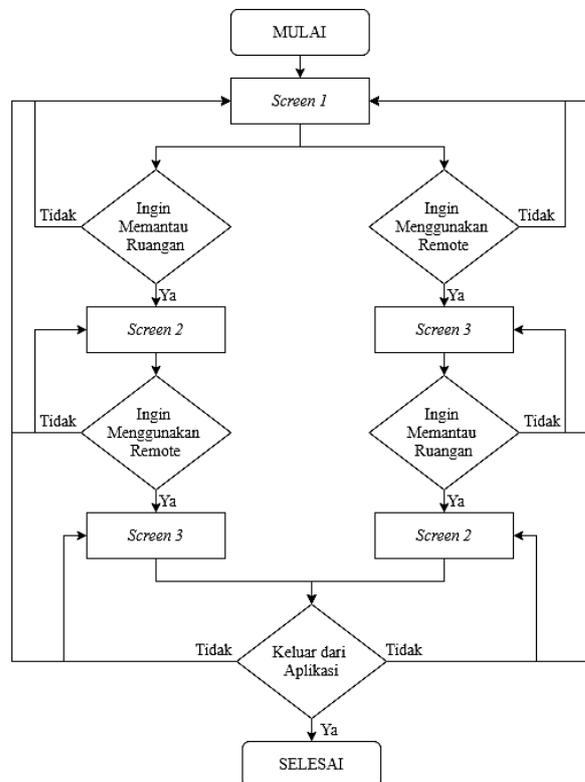
12	Hangat	Banyak	Cepat
13	Panas	Kosong	Berhenti
14	Panas	Sedikit	Cepat
15	Panas	Sedang	Cepat
16	Panas	Banyak	Cepat

3) Perancangan Perangkat Lunak:

Perancangan sistem monitoring terdiri dari pembuatan database dan aplikasi MIT App Inventor 2. Layanan yang digunakan untuk menampilkan realtime database yaitu Firebase, data sensor-sensor berupa suhu ruangan dan jumlah orang akan dikirimkan oleh ESP32 ke firebase dan firebase akan menyimpannya. Firebase adalah layanan dari Google untuk memberikan kemudahan dalam membuat aplikasi, karena ketika menggunakan layanan Firebase, nantinya pengembang bisa fokus merancang aplikasinya saja tanpa harus terlalu rumit berurusan dengan masalah backend.

Aplikasi MIT App Inventor yang dibuat oleh penulis terdiri dari 3 screen. Screen 1 menampilkan halaman menu, screen 2 menampilkan data monitoring suhu dan jumlah orang, dan screen 3 menampilkan tombol-tombol remote air cooler.

Diagram alir program yang dibuat pada MIT Inventor 2 sebagai tampilan user pada smartphone android dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Kerja MIT App Inventor 2

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Sistem

Hasil perancangan alat ini berupa bentuk fisik dari sistem kontrol suhu ruangan. Foto hasil perancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil Perancangan Sistem

Dari gambar 9, pada kedua pintu terdapat sensor ultrasonic sebagai pendeteksi orang yang masuk dan keluar. Kemudian di atap ruangan terdapat sensor suhu DHT11. Dan di tembok samping terdapat IR Transmitter sebagai penyalur sinyal perintah dari esp32 ke air cooler. Yang terakhir di bagian depan ruangan terdapat actuator yang digunakan yaitu air cooler dan box hitam sebagai panel kontrol dan monitoring.

B. Hasil Pengujian Sensor DHT11

Sebelum diimplementasikan harus dilakukan pengujian kalibrasi dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor DHT11 dengan alat ukur thermometer. Setelah didapatkan hasil dari kedua alat pengukuran tersebut, akan diketahui presentasi error dari DHT11. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran suhu oleh sensor dht11 dan thermometer.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Alat Ukur dan Sensor DHT11

Waktu	Suhu		
	Termometer (°C)	Sensor (°C)	Error (%)
12:10	27.3	27.0	1.1
12:20	27.5	27.3	0.7
12:30	27.5	27.4	0.3
12:40	27.2	27.2	0
12:50	27.0	26.8	0.7
13:00	26.9	26.5	1.4
13:10	26.7	26.5	0.7
13:20	26.9	26.5	1.4
13:30	26.6	26.4	0.7
13:40	26.5	26.4	0.7

Dari tabel 2 untuk mengetahui tingkat akurasi sensor digunakan rumus sebagai berikut.

Rumus error:

$$\frac{\text{Nilai Alat Ukur} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Alat Ukur}} \times 100\% \quad (1)$$

Nilai error rata-rata suhu adalah 0.74 %.

Tingkat Akurasi = 100% - 0.74%

Maka nilai tingkat akurasi sensor suhu adalah 99.26%

Dari hasil pengujian, sensor DHT11 memiliki akurasi 99.26%. dapat disimpulkan bahwa sensor DHT11 bekerja dengan baik dengan kualitas pembacaan sensing yang baik serta responsive.

C. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Dilakukan pengujian kalibrasi dengan membandingkan hasil pembacaan dari sensor Ultrasonik dengan pengukuran menggunakan penggaris. Setelah didapatkan hasil dari kedua alat pengukuran tersebut, akan diketahui presentasi error dari sensor ultrasonic. Tabel 3 menunjukan hasil pengukuran sensor dan penggaris.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Alat Ukur dan Sensor Ultrasonik

Penggaris (cm)	Jarak			
	Sensor 1 (cm)	Error 1 (%)	Sensor 2 (cm)	Error 2 (%)
2	2	0	3	50
20	19	5	20	0
30	29	3.3	29	3.3
40	39	2.5	40	0
50	49	2	49	2
60	59	1.6	59	1.6
70	70	0	69	1.4
80	78	2.5	79	1.25
90	89	1.1	90	0
100	98	2	99	1

Dari hasil pengujian, sensor ultrasonik 1 memiliki akurasi 98.2% dan sensor ultrasonik 2 memiliki akurasi 99.08%. dapat disimpulkan bahwa kedua sensor ultrasonik bekerja dengan baik dengan kualitas pembacaan sensing yang baik.

D. Hasil Pengujian IR Transmitter

Pengujian hardware dilakukan dengan menguji kualitas pengiriman IR Code berdasarkan jarak antara IR Transmitter pada ESP32 dengan Air Cooler. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian ir transmitter.

Tabel 4. Hasil Pengujian IR Transmitter

Jarak (meter)	Hasil (Tanpa Penghalang)	Hasil (Dengan Penghalang)
1	Berfungsi	Tidak Berfungsi
2	Berfungsi	Tidak Berfungsi
3	Berfungsi	Tidak Berfungsi
4	Berfungsi	Tidak Berfungsi
5	Berfungsi	Tidak Berfungsi
6	Berfungsi	Tidak Berfungsi
7	Tidak Berfungsi	Tidak Berfungsi
8	Tidak Berfungsi	Tidak Berfungsi

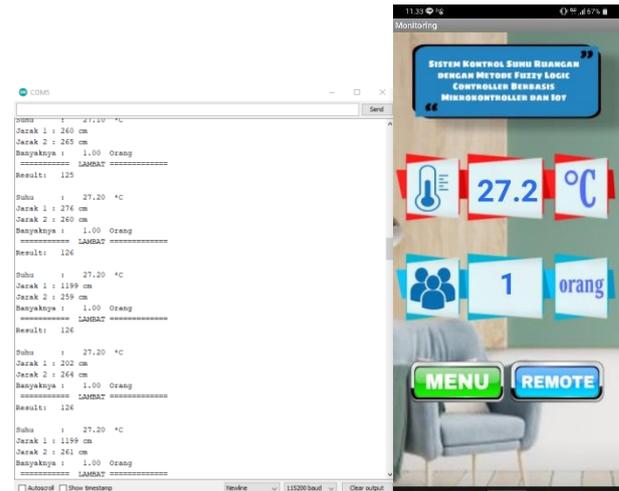
Dari data yang diperoleh pada Tabel 4 dapat dijelaskan bahwa jarak yang dapat dijangkau IR Transmitter dalam mengirimkan IR Code menuju Air Cooler adalah 6 meter. Sedangkan untuk jarak user interface dalam melakukan pemantauan dan pengendalian AC tidak terbatas, dengan syarat masih berada dalam jangkauan jaringan wifi UMS.

E. Pengujian MIT App Inventor 2

Pengujian aplikasi MIT App Inventor dilakukan dengan cara mengakses setiap screen, kemudian menguji setiap button yang terdapat di ketiga screen untuk mengetahui kesesuaian button dengan fungsinya dan menguji tampilan monitoring pada screen 2 untuk melihat kesesuaian data antara tampilan pada aplikasi dan tampilan pada serial monitor. Hasil pengujian Screen 1 dapat dilihat pada Gambar 10, Hasil pengujian Screen 2 dapat dilihat pada Gambar 11, dan Hasil pengujian Screen 3 dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 10. Hasil Pengujian Screen 1



Gambar 11. Hasil Pengujian Screen 2



Gambar 12. Hasil Pengujian Screen 3

Dari gambar 10 – gambar 12, setiap button pada screen dapat bekerja sesuai dengan fungsinya dan pada screen 2 hasil pembacaan pada aplikasi sudah sesuai dengan pembacaan pada serial monitor pada aplikasi Arduino ide. Aplikasi MIT App Inventor dapat bekerja dengan sangat baik sesuai dengan rancangan.

F. Analisis Kerja Sistem Kontrol

Untuk mengetahui sistem kontrol di dalam ruangan dapat mengendalikan suhu diantara 25°C – 28°C maka diperlukan pengujian. Pengujian dilakukan pada siang hari karena membutuhkan suhu ruangan yang hangat atau panas untuk melihat apakah sistem kontrol dapat mengontrol suhu ruangan sesuai yang diinginkan. Pencatatan data dilakukan secara manual sebanyak 10 kali dimulai pada pukul 12.00 dengan rentang waktu 10 menit. Hasil pengolahan data pengamatan suhu ruangan terkontrol dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengamatan Suhu Ruang Terkontrol

No.	Waktu	Jumlah Orang	Kecepatan Angin	Set Point (°C)	Suhu Ruangan (°C)	Error (%)
1	12:00	1	Sedang	28	29.8	6.2
2	12:10	2	Sedang	28	28.1	0.3
3	12:20	3	Sedang	27	27.7	2.5
4	12:30	4	Sedang	27	27.4	1.4
5	12:40	5	Sedang	27	27.3	1.1
6	12:50	5	Sedang	27	27.2	0.7
7	13:00	4	Sedang	26	27.2	4.6
8	13:10	3	Sedang	26	27.1	4.2
9	13:20	2	lambat	25	27.1	8.4
10	13:30	1	lambat	25	26.8	7.2
Rata-rata						3.6

Dari tabel 5, dapat dilihat bahwa suhu ruangan terjadi penurunan yang cukup signifikan pukul 12:00 ke 12:10, hal itu dikarenakan suhu ruangan cukup hangat ketika air cooler belum ON yaitu sebelum dilakukan pengujian pada pukul 12:00. Setelah terdeteksi keberadaan orang di dalam ruangan, Air Cooler, mulai ON dan menyesuaikan kecepatan anginnya berdasarkan masukan suhu ruangan dan jumlah orang di dalam ruangan. Setelah 30 menit berjalan, suhu di dalam ruangan menjadi cukup stabil, hal itu dikarenakan suhu keluaran dari Air Cooler tidak terjadi perubahan. Kemudian dapat dilihat, setelah jumlah orang di dalam ruangan semakin sedikit terjadi penurunan suhu ruangan. Pada analisis pengujian sistem ini juga digunakan setpoint pada setiap pengujian suhunya, kemudian setpoint dibandingkan dengan suhu yang terukur dan didapat nilai error sebesar 3.6%.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil analisis dengan menggunakan data pengujian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dalam perancangan sistem kontrol suhu ruangan menggunakan metode fuzzy logic controller berbasis mikrokontroler ESP32 berhasil dirancang. Sistem dapat mempertahankan suhu ruangan pada suhu 26.8°C – 28.1°C sehingga masih terdapat error sebesar 3.6%.
2. Perancangan sistem monitoring suhu ruangan berbasis internet of Things dengan visualisasi smartphone android berhasil dirancang dan berjalan dengan cukup baik. Aplikasi MIT App Inventor pada smartphone android dapat digunakan sebagai user interface untuk

memantau suhu ruangan dan dapat digunakan sebagai remote control air cooler.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menambahkan input lain yang mempengaruhi keadaan suhu ruangan seperti suhu di luar ruangan, dan diperlukan juga satu output lagi karena Ketika suhu terlalu rendah maka diperlukan pemanas ruangan. Selain itu perlu dicoba menggunakan aplikasi *smartphone* yang lain untuk user interface pemantauan suhu ruangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung, melalui wakil Direktur Akademik atas bantuan pendanaan dengan SK nomor B/402/PL1.R1/EP.00.08/2021 kelompok A1.

REFERENSI

- [1] T. H. Karyono, "KENYAMANAN TERMAL DALAM ARSITEKTUR TROPIS," hlm. 9.
- [2] A. Sarinda, "ANALISIS PERUBAHAN SUHU RUANGAN TERHADAP KENYAMANAN TERMAL DI GEDUNG 3 FKIP UNIVERSITAS JEMBER," hlm. 7.
- [3] Kartina Diah KW dan Zulfa Noviard, "Penerapan Inferensi Fuzzy Untuk Kendali Suhu Ruangan Pada Pendingin Ruangan (AC)," dalam Seminar Nasional Informatika 2010 (semnasIF 2010), Yogyakarta, Mei 2010,
- [4] A. Jurenoks dan L. Novickis, "Fuzzy logic control method for autonomous heating system in energy efficient homes," dalam 2017 2nd IEEE International Conference on Integrated Circuits and Microsystems (ICICM), Nanjing,

- Nov 2017, hlm. 236–240. doi: 10.1109/ICAM.2017.8242176.
- [5] G. Yanto, “FUZZY LOGIC CONTROL OF AIR-CONDITIONING SYSTEM IN LECTURER ROOM OF STMIK INDONESIA PADANG,” FISITEK, vol. 1, no. 2, hlm. 23, Jan 2018, doi: 10.30821/fisitek.v1i2.1412.
- [6] S. Widaningsih, “Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur,” infomans, vol. 11, no. 1, hlm. 51–65, Mei 2017, doi: 10.33481/infomans.v11i1.21.
- [7] W. H. Allen, A. Rubaai, dan R. Chawla, “Fuzzy Neural Network-Based Health Monitoring for HVAC System Variable-Air-Volume Unit,” IEEE Trans. on Ind. Applicat., vol. 52, no. 3, hlm. 2513–2524, Mei 2016, doi: 10.1109/TIA.2015.2511160.
- [8] R. E. Lestari dan A. M. Abadi, “Aplikasi Fuzzy Logic Pada Pengaturan Air Cooler Untuk Ruang,” hlm. 8, 2015.
- [9] F. Wahab, A. Sumardiono, A. R. Al Tahtawi, dan A. F. A. Mulayari, “Desain dan Purwarupa Fuzzy Logic Control untuk Pengendalian Suhu Ruang,” JTERA, vol. 2, no. 1, hlm. 1, Jul 2017, doi: 10.31544/jtera.v2.i1.2017.1-8.
- [10] E. Ardiansyah, H. Fitriyah, dan D. Syauqy, “Sistem Penghitung Jumlah Orang Otomatis Pada Pintu Masuk Berbasis Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroler Arduino Uno dengan Metode Bayes,” hlm. 6.
- [11] M. A. Afandi, S. Nurandi, dan I. K. A. Enriko, “Automated Air Conditioner Controller and Monitoring Based on Internet of Things,” vol. 11, no. 1, hlm. 10, 2021.
- [12] Q. Syadza dan A. G. Permana, “PENGONTROLAN DAN MONITORING PROTOTYPE GREEN HOUSE MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER DAN FIREBASE,” hlm. 6.
- [13] V. Pravalika dan C. R. Prasad, “Internet of Things Based Home Monitoring and Device Control Using Esp32,” vol. 8, no. 1, hlm. 6, 2019.