



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PENGIMPLEMENTASIAN SISTEM KONTROL SUHU DAN KELEMBAPAN BERBASIS *FUZZY LOGIC* PADA RUANG RAK SERVER

Sub Judul:

Implementasi Kontrol Suhu Berbasis *Fuzzy Logic* Pada Ruang Rak Server Untuk Mencegah *Overheating*

SKRIPSI

Frida Khoirinnisa Wildana

2103431019

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI KONTROL INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PENGIMPLEMENTASIAN SISTEM KONTROL SUHU DAN
KELEMBAPAN BERBASIS *FUZZY LOGIC* PADA RUANG
RAK SERVER**

Sub Judul:

**Implementasi Kontrol Suhu Berbasis *Fuzzy Logic* Pada Ruang Rak Server
Untuk Mencegah *Overheating***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Terapan**

Frida Khoirinnisa Wildana

2103431019

PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI KONTROL INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Frida Khoirinnisa Wildana

NIM : 2103431019

Tanda Tangan : 

Tanggal : 04 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Frida Khoirinnisa Wildana
NIM : 2103431019
Program Studi : Instrumentasi Kontrol Industri
Judul Skripsi : Implementasi Kontrol Suhu Berbasis *Fuzzy Logic* Pada Ruang Rak Server Untuk Mencegah *Overheating*

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 24 Juni 2025 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing 1 : Elita Bestri Agustina Siregar, S.S.,M.A
NIP. 198608262022032004

Pembimbing 2 : Britantyo Wicaksono, S.Si., M.Eng
NIP. 198404242018031001

Depok, 8 Juli

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro


Dr. Murie Dwiyantri, S. T.,M. T.
NIP. 197803312003122002

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur tak henti penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Implementasi Kontrol Suhu Berbasis *Fuzzy Logic* Pada Ruang Rak Server Untuk Mencegah *Overheating*”. Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Murie Dwiyanti, S. T.,M. T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis setiawati, S.Pd., M.Eng , selaku ketua program studi Teknik instrumentasi dan kontrol industri;
3. Elita Bestri Agustina Siregar, S.S.,M.A, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
4. Britantyo Wicaksono, S.Si., M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
5. Ryana Nur Asy-Syifa, selaku rekan satu tim skripsi yang telah membantu, mendukung dan bersabar dengan penulis dalam pengerjaan skripsi ini;
6. Seluruh keluarga penulis yang telah memberikan cinta dan kasih sayang, dukungan materi serta doa yang sangat luar biasa tiada habisnya kepada penulis selama pengerjaan skripsi;
7. Kedua orang tua Ryana Nur Asy-Syifa dan Radhitya Nugraha, yang telah membantu dan mendukung penulis dalam pengerjaan skripsi ini.

Akhir kata, penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berusaha membantu dalam penyusunan skripsi ini, dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kedepannya.

Depok, 22 Juni 2025

Penulis



Implementasi Kontrol Suhu Berbasis Fuzzy Logic Pada Ruang Rak Server Untuk Mencegah Overheating

Abstrak

Ruang rak server memerlukan pengendalian suhu yang stabil untuk mencegah overheating dan menjaga kinerja perangkat. Penelitian ini merancang sistem kontrol suhu otomatis berbasis logika fuzzy Sugeno menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor DHT22 sebagai pendeteksi suhu. Hasil inferensi fuzzy digunakan untuk mengendalikan aktuator seperti Peltier, kipas, heater, dan dehumidifier. Sistem juga dilengkapi fitur monitoring suhu secara real-time berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan Firebase Realtime Database dan aplikasi Android berbasis MIT App Inventor. Pengujian dilakukan terhadap tiga aspek utama, yaitu akurasi sensor, performa kontrol fuzzy, dan kinerja sistem monitoring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki selisih rata-rata $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ dibanding termometer digital. Sistem fuzzy dapat mengaktifkan aktuator secara otomatis sesuai kondisi suhu, misalnya mengaktifkan Peltier saat suhu panas dan heater saat suhu dingin. Sistem monitoring mampu mengirimkan data ke Firebase dan menampilkannya di aplikasi Android dengan rata-rata delay 1–2 detik. Dengan integrasi kontrol cerdas dan IoT, sistem ini efektif dalam menjaga suhu ruang rak server tetap stabil serta memungkinkan pemantauan jarak jauh secara real-time melalui perangkat mobile.

Kata kunci: Fuzzy Sugeno, ESP32, DHT22, IoT, Firebase, kontrol suhu, ruang server.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Implementasi Kontrol Suhu Berbasis Fuzzy Logic Pada Ruang Rak Server Untuk Mencegah Overheating

Abstract

Server rack rooms require stable temperature control to prevent overheating and maintain device performance. This research designs a Sugeno fuzzy logic-based automatic temperature control system using ESP32 microcontroller and DHT22 sensor as temperature and humidity detector. The fuzzy inference results are used to control actuators such as Peltier, fan, heater, and dehumidifier. The system is also equipped with an Internet of Things (IoT)-based real-time temperature monitoring feature using Firebase Realtime Database and an Android application based on MIT App Inventor. Testing is carried out on three main aspects, namely sensor accuracy, fuzzy control performance, and monitoring system performance. The test results show that the DHT22 sensor has an average difference of $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ compared to a digital thermometer. The fuzzy system can activate actuators automatically according to temperature conditions, for example activating Peltier when the temperature is hot and heater when the temperature is cold. The monitoring system is able to send data to Firebase and display it on the Android application with an average delay of 1-2 seconds. With the integration of smart control and IoT, this system is effective in keeping the temperature of the server rack room stable and allowing real-time remote monitoring via mobile devices.

Keywords: fuzzy sugeno, ESP32, DHT22, IoT, Firebase, Temperature Control, Server room

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
Abstrak	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	i
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Luaran.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 State of The Art	5
2.2 Ruang Rak Server	11
2.3 Pengaruh Suhu terhadap Ruang Rak Server.....	11
2.4 Sistem Kontrol Suhu	12
2.5 Pengimplemtasian Logika Fuzzy Sugeno	13
2.6 Monitoring Suhu Berbasis IoT.....	14
2.7 Firebase Real-time Database	15
2.8 Komponen.....	16
2.8.1 Mikrokontroler ESP32.....	16
2.8.2 Sensor DHT22.....	17
2.8.3 Peltier Cooling sistem Kit TEC1-12706	17
2.8.4 Heater	18
2.8.5 Fan DC	18
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI.....	19
3.1 Metode Penelitian	19
3.2 Rancangan Alat	19
3.2.1 Deskripsi Alat	21
3.2.2 Cara Kerja Alat.....	24
3.2.3 Spesifikasi Alat	25



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2.4	Cara Kerja Alat Sub-Sistem	31
3.2.5	Diagram Blok Sistem.....	33
3.2.6	Diagram Blok Sub-Sistem Kontrol Suhu.....	34
3.3	Realisasi Alat	35
3.3.1	Rancang Bangun Alat	35
3.3.2	Flowchart Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan	36
3.3.3	Pembuatan Membership Fuction Input Dan Output	37
3.3.4	Pembuatan Rule Base.....	40
3.3.5	Realisasi Program Logika Fuzzy	42
3.3.6	Flowchart Sistem Monitoring	50
3.3.7	Skema dan Alur Komunikasi	51
3.3.8	Sistem Monitoring MIT App Inventor.....	52
BAB IV	PEMBAHASAN.....	52
4.1	Pengujian Sensor DHT22.....	52
4.1.1	Deskripsi Pengujian.....	52
4.1.2	Daftar Peralatan Pengujian Sensor.....	52
4.1.3	Prosedur Pengujian Sensor.....	53
4.1.4	Data Hasil Pengujian Sensor Suhu.....	53
4.1.5	Analisis Data Hasil Pengujian	54
4.2	Pengujian Sistem Pengendalian Suhu Berbasis Fuzzy Sugeno	55
4.2.1	Deskripsi Pengujian.....	55
4.2.2	Daftar Peralatan.....	55
4.2.3	Prosedur Pengujian.....	56
4.2.4	Data Hasil Pengujian.....	56
4.2.5	Analisis Data Hasil Pengujian	60
4.3	Pengujian Monitoring Suhu	61
4.3.1	Deskripsi pengujian.....	61
4.3.2	Daftar Peralatan.....	61
4.3.3	Prosedur Pengujian.....	62
4.3.4	Data Hasil Pengujian.....	62
4.3.5	Analisis Data Hasil Pengujian	64
BAB V	PENUTUP.....	65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	65



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA.....	x
Lampiran	xii
Daftar Riwayat Hidup	xii
Dokumentasi Alat.....	xiii
Source Code Sistem.....	xiv





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pinout ESP32.....	16
Gambar 2. 2 Sensor DHT22	17
Gambar 2. 3 Peltier Cooling Sistem Kit TEC1-12706	18
Gambar 2. 4 Heater	18
Gambar 3. 1 Flowchart Perancangan Alat.....	21
Gambar 3. 2 Desain Prototype Ruang Rak Server.....	23
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem Kontrol Suhu Menggunakan Logika Fuzzy.....	31
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sistem Alat.....	33
Gambar 3. 5 Diagram Blok Sub Sistem Kontrol	34
Gambar 3. 6 Bagian-bagian Ruang Rak Server.....	35
Gambar 3. 7 Flowchart Kontrol Suhu dan Kelembapan	36
Gambar 3. 8 Membership Function Suhu pada Software Matlab 2015	37
Gambar 3. 9 Membership Function kelembapan pada software Matlab 2015	38
Gambar 3. 10 Membership Function Output pada Software Matlab 2015	40
Gambar 3. 11 Rule base pada software Matlab 2015	41
Gambar 3. 12 File Header	43
Gambar 3. 13 File Implementasi	46
Gambar 3. 14 Implementasi pada Arduino IDE	47
Gambar 3. 15 koneksi WiFi dan Firebase	48
Gambar 3. 16 konfigurasi WiFi dan Firebase.....	48
Gambar 3. 17 Pembacaan Mode Kontrol	49
Gambar 3. 18 Kirim Data ke Firebase	50
Gambar 3. 19 Flowchart sistem monitoring	50
Gambar 3. 20 Skema dan Jalur Komunikasi	51
Gambar 3. 21 tampilan pada MIT App Inventor	52
Gambar 3. 22 Homescreen aplikasi.....	53
Gambar 3. 23 Monitoring aplikasi	53
Gambar 3. 24 Screen About	54
Gambar 3. 25 screen kontrol aplikasi	55
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan sensor dan termometer	54
Gambar 4. 2 Grafik suhu Tanpa Kontrol.....	58
Gambar 4. 3 Grafik Suhu Dengan Kontrol Fuzzy Sugeno	59
Gambar 4. 4 Tampilan pada Firebase.....	63
Gambar 4. 5 Tampilan pada MIT App Inventor.....	63

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu oleh (Parma et al., 2020).....	5
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu oleh (Heba et al., 2023)	6
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu oleh (Kevin et al., 2023)	7
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu oleh (Risam et al., 2023).....	9
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu oleh (Dede et al., 2021)	10
Tabel 3. 1 Spesifikasi Komponen Fisik Yang digunakan	25
Tabel 3. 2 Spesifikasi Konmponen Hardware	27
Tabel 3. 3 Rule Base Fuzzy.....	41
Tabel 4. 1 Tabel pengujian sensor suhu	52
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian sensor suhu.....	53
Tabel 4. 3 Daftar Peralatan uji perbandingan	55
Tabel 4. 4 Tabel Uji Coba Tanpa Kontrol	56
Tabel 4. 5 Pengujian dengan metode Fuzzy	58
Tabel 4. 6 Peralatan Monitoring Suhu.....	61
Tabel 4. 7 Data hasil pengujian Monitoring	62

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan digitalisasi sangat cepat, dengan meningkatnya kebutuhan akan pengolahan dan penyimpanan data dalam skala besar. Salah satu infrastruktur penting yang menunjang hal tersebut adalah ruang rak server, yaitu ruangan khusus yang digunakan untuk menyimpan dan mengatur perangkat-perangkat server dalam konfigurasi terstandarisasi dan mudah dikontrol. Rak server berisi komponen elektronik seperti server utama, switch jaringan, storage, router dan alat komunikasi lainnya yang bekerja selama 24 jam dan menghasilkan panas selama beroperasi. Penggunaan ruang rak server menjadi elemen penting dalam sistem jaringan dan pusat data yang menyebabkan peningkatan kebutuhan akan penyimpanan dan pengolahan data secara cepat dan aman.

Stabilitas dan keamanan operasional server sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di dalam ruang tersebut, terutama suhu. Setiap perangkat yang beroperasi akan menghasilkan panas, dan tanpa pengaturan suhu yang baik, panas ini akan terakumulasi dan menyebabkan peningkatan suhu yang berlebihan di dalam ruangan. Apabila suhu dalam ruang rak server tidak dikendalikan dengan baik, dapat terjadi overheating yang berpotensi menurunkan performa perangkat, mempercepat kerusakan komponen dan jika panas yang berlebihan yang terakumulasi dapat menyebabkan shutdown otomatis dan kehilangan data penting. Oleh karena itu, sistem pengendalian suhu yang andal sangat dibutuhkan untuk memastikan kestabilan dan keandalan operasional ruang rak server.

Berdasarkan (ASHRAE, 2016), suhu ideal ruang server berada pada kisaran 18°C hingga 27°C, namun dalam praktiknya, masih banyak ruang rak server yang belum dilengkapi dengan sistem pengendalian suhu otomatis. Umumnya, pengaturan suhu masih mengandalkan pendingin konvensional seperti AC, yang bekerja dengan prinsip threshold (batas atas-batas bawah) dan tidak responsif terhadap perubahan suhu yang dinamis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kondisi ini membuka peluang terjadinya lonjakan suhu tiba-tiba yang tidak tertangani secara cepat. Dan selama ini pengaturan suhu AC kebanyakan hanya menggunakan remote control. Situasi ini menyulitkan setiap kali terjadi perubahan suhu yang harus diatur ulang dengan remote kontrol AC (Agus Rohimat et al., 2024).

Dengan berkembangnya teknologi, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem pemantauan suhu berbasis Internet of Things. Penelitian oleh (Hadi Rantelinggi, 2020) mengembangkan sistem monitoring suhu menggunakan NodeMCU dan platform Cayenne. Namun sistem tersebut hanya berfungsi untuk pemantauan tanpa pengembalian keputusan otomatis. Penelitian lainnya oleh (Santosa et al., 2023) menggunakan buzzer sebagai peringatan, tetapi juga belum mengimplementasikan kontrol aktif. Dengan kata lain, sebagai besar sistem yang ada masih bersifat pasif dan tidak mengambil tindakan pengendalian secara otomatis.

penelitian yang lebih maju, seperti yang dilakukan oleh (Al-Talb et al., 2023) sudah menggabungkan logika fuzzy dan IoT untuk pengendalian suhu dan kelembapan. Namun, fokusnya belum secara khusus diarahkan untuk menangani kondisi kritis pada ruang rak server, serta masih menggunakan sensor seperti DHT11 yang memiliki akurasi rendah. Sensor yang digunakan juga beragam, seperti BME280 dan PZEM, tetapi belum menunjukn integrasi yang sederhana dan presisi tinggi seperti kombinasi DHT22 dan ESP32. Sensor DHT22 telah terbukti memberikan hasil pengukuran suhu dan kelembapan yang lebih akurat dibandingkan DHT11. Penelitian oleh (Maulia et al., 2024) menunjukkan bahwa DHT22 mampu membaca suhu secara akurat dan memberikan output otomatis ke aktuator seperti relay dan LED. Hal ini menunjukkan bahwa DHT22 bisa digunakan dalam sistem kontrol suhu otomatis berbasis mikrokontroler.

Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa masih terdapat pengembangan dalam sistem yang tidak hanya mampu memantau suhu, tetapi juga mengambil keputusan secara otomatis untuk mencegah overheating. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mengembangkan sistem kontrol suhu otomatis berbasis logika fuzzy sugeno menggunakan sensor DHT22 dan mikrokontroler ESP32, serta mengintegrasikan sistem dengan firebase untuk pemantauan suhu secara real-time. Dengan menggabungkan metode kontrol berbasis fuzzy logic dan teknologi IoT, sistem diharapkan dapat menjadi solusi adaptif, efisien dan presisi tinggi untuk menjaga suhu ruang rak server tetap stabil, serta mencegah potensi gangguan akibat overheating.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang sebelumnya maka dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- a Bagaimana merancang sistem kontrol suhu otomatis untuk ruang rak server untuk mencegah overheating?
- b Bagaimana menerapkan metode logika fuzzy sugeno untuk menentukan aksi pengendalian suhu secara adaptif?
- c Bagaimana mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dengan sensor DHT22 dan aktuator dalam sistem kontrol suhu otomatis?
- d Bagaimana memanfaatkan teknologi Internet of Things dan firebase untuk melakukan monitoring suhu ruang rak server secara real-time?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a Merancang sistem kontrol suhu otomatis pada ruang rak server untuk mencegah terjadinya overheating.
- b Menerapkan metode logika fuzzy Sugeno dalam pengambilan keputusan pengendalian suhu secara adaptif.
- c Mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dengan sensor DHT22 dan aktuator untuk mewujudkan sistem kontrol suhu yang bekerja secara otomatis.
- d Membangun sistem monitoring suhu secara real-time berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan platform Firebase.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.4 Batasan Masalah

Batasan ini dibuat untuk menyederhanakan proses perangkat keras, waktu, dan skala pengujian. Adapun Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sistem yang dirancang merupakan prototipe simulasi miniature ruang rak server, sehingga belum diuji secara langsung dalam lingkungan rak server asli berskala besar.
- b. Sistem hanya menggunakan satu jenis sensor, yaitu DHT22, untuk membaca suhu dan kelembapan secara real-time.
- c. Aplikasi mobile hanya berfungsi untuk menampilkan data suhu, kelembapan, dan status aktuator dari Firebase, serta terdapat mode manual dan otomatis untuk mengirim setpoint.
- d. Kontrol aktuator dilakukan secara otomatis berdasarkan logika fuzzy Sugeno.

1.5 Luaran

Luaran dari pembuatan skripsi ini adalah:

- a. laporan skripsi
- b. publikasi jurnal
- c. sistem monitoring suhu berbasis Internet of Things yang mengirim data ke firebase realtime database dan dapat diakses secara jarak jauh melalui perangkat berbasis seluler
- d. sistem kontrol suhu otomatis berbasis logika fuzzy sugeno yang mampu menyesuaikan aksi aktuator seperti peltier, fan dan heater berdasarkan kondisi suhu lingkungan secara real-time

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan Analisa yang sudah dilakukan:

- Sistem berhasil mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dengan sensor DHT22 dan aktuator seperti peltier, kipas, dan heater Melalui metode fuzzy Sugeno, sistem mampu mengontrol aktuator secara otomatis berdasarkan kondisi suhu yang terdeteksi, dengan logika keputusan yang fleksibel terhadap perubahan suhu.
- Monitoring Suhu secara real-time berhasil dilakukan dengan mengirim data dari ESP32 ke Firebase Realtime Database dan menampilkannya melalui aplikasi Android yang dibuat menggunakan MIT App Inventor. Data suhu yang ditampilkan di aplikasi memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan selisih yang sangat kecil dibanding pembacaan sensor secara langsung.
- Hasil pengujian menunjukkan sistem memiliki kinerja yang baik, dengan respon cepat terhadap perubahan suhu, rata-rata selisih pembacaan suhu kurang dari $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, serta waktu tunda tampilan data di aplikasi mobile sekitar 1–2 detik. Hal ini menunjukkan sistem dapat diandalkan untuk menjaga suhu ruang server tetap stabil dan memungkinkan pemantauan jarak jauh secara efektif.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diambil dari hasil pengujian dan Analisa yang sudah dilakukan:

- Diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap efektivitas pendinginan dan pemanasan, terutama apabila suhu tidak berhasil mencapai set point yang telah ditentukan. Hal ini bisa disebabkan oleh keterbatasan daya peltier atau efisiensi perpindahan panas di dalam prototipe, sehingga diperlukan perbaikan pada desain mekanik, tata letak aktuator, atau kapasitas pendingin.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Pasang sistem pendingin pasif tambahan untuk mencegah peltier bekerja terlalu berat, bisa dipertimbangkan menambah ventilasi pasif, heatsink
- Pengembangan fitur logging dan notifikasi pada sistem monitoring, seperti menyimpan riwayat suhu ke Google Sheets atau mengirimkan notifikasi ke smartphone saat suhu melebihi ambang batas tertentu, dapat meningkatkan nilai praktis sistem.
- Perlu dilakukan pengujian jangka panjang untuk mengukur kestabilan dan daya tahan sistem dalam pemakaian nyata pada ruang server sebenarnya, termasuk ketahanan ESP32 dan sensor terhadap suhu tinggi dan kelembapan dalam waktu lama.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Rohimat, Fithri Multiawati, & Yuggo Afrianto. (2024). Sistem Monitoring Suhu Berbasis Iot Pada Ruangan Server. *JuTEKS (Jurnal Teknik Elektro Dan Sains)*, 10(2), 73–77. <https://doi.org/10.32832/juteks.v10i2.15901>
- Al-Talb, H. N. Y., Al-Faydi, S. N. M., Fathi, T. A., & Al-Adwany, M. A. S. (2023). A Fuzzy Logic IoT- Based Temperature and Humidity Control System for Smart Buildings. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 13(1), 139–147. <https://doi.org/10.12785/ijcds/13011>
- ASHRAE. (2016). *Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices: Whitepaper created by ASHRAE Technical Committee (TC) 9.9 Mission Critical Facilities, Data Centers, Technology Spaces, and Electronic Equipment*. 10–16. https://tc0909.ashraetcs.org/documents/ASHRAE_TC0909_Power_White_Paper_22_June_2016_REVISED.pdf
- Burhanuddin, A. (2023). Analisis Komparatif Inferensi Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno Terhadap Produktivitas Padi di Indonesia. *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology*, 2(1), 48–57.
- Effendi, S. Z., & Oktawati, U. Y. (2022). Implementation and Performance Analysis of Temperature and Humidity Monitoring System for Server Room Conditions on Lora-Based Networks. *Journal of Internet and Software Engineering*, 3(1), 20–25. <https://doi.org/10.22146/jise.v3i1.4834>
- Hadi Rantelinggi, P. (2020). Pemantau Suhu Menggunakan NodeMcu, IoT dan Cayenne pada Rack Server. *Telematika*, 13(2), 80–90. <https://doi.org/10.35671/telematika.v13i2.1001>
- Ichsan, R. N. (2023). Sistem Pemantauan dan Pengendali Suhu Ruangan Server Berbasis Internet Of Things Dengan Notifikasi Alarm dan Telegram. *Jurnal Elektro Kontrol (ELKON)*, 3(2), 11–24. <https://doi.org/10.24176/elkon.v3i2.10864>
- Maulia, A., Baihaqi, N., Faiz, N. F., Rizki, M., & Aribowo, D. (2024). *Simulasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Ruangan Menggunakan Arduino Uno dan DHT22 pada Wokwi*.
- Santosa, R., Sari, P. A., & Sasongko, A. T. (2023). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT (Internet of Thing) pada Gudang Penyimpanan PT Sakafarma Laboratories. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 5(4), 391–400. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i4.943>
- Sihombing, F. A. (2024). Kajian Fuzzy Metode Mamdani dan Fuzzy Metode Sugeno serta Implementasinya. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 4940–4955.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Imagine*, 2(1), 35–40.
<https://doi.org/10.35886/imagine.v2i1.329>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran

Daftar Riwayat Hidup



Penulis bernama Frida Khoirinnisa Wildana, anak kedua dari dua bersaudara. Lahir di Depok, 07 Desember 2002. Lulus dari SDN Duren Seribu 04, SMP N 14 Depok, SMA N 1 Ciseeng pada tahun 2021 dan kemudian melanjutkan kuliah Sarja Terapan (S. Tr.) di Politeknik Negeri Jakarta, jurusan Teknik Elektro, Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri (2021-sekarang)

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Dokumentasi Alat

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Politeknik
Negeri
Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Source Code Sistem

```
1  #include <WiFi.h>
2  #include <Firebase_ESP_Client.h>
3  #include <DHT.h>
4  #include <SugenoLIB.h>
5  #include "addons/TokenHelper.h"
6  #include "addons/RTDBHelper.h"
7
8  // ----- Konfigurasi WiFi & Firebase -----
9  #define WIFI_SSID "Ryry"
10 #define WIFI_PASSWORD "ryanapakey"
11 #define API_KEY "AIzaSyA71cJontUaRLCnT3069TkQNZwxx03u7eI"
12 #define DATABASE_URL "https://kirim-nerima-data-default-rtdb.firebaseio.com/"
13 #define USER_EMAIL "fridawildana712@gmail.com"
14 #define USER_PASSWORD "87654321"
15
16 FirebaseData fbdo;
17 FirebaseAuth auth;
18 FirebaseConfig config;
19
20 // ----- Pin Sensor & Aktuator -----
21 #define DHTPIN 18
22 #define DHTTYPE DHT22
23 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
24
25 #define RELAY_HEATER 14
26 #define RELAY_DEHUMIDIFIER 19
27 #define RELAY_PELTIER 22
28 #define RELAY_FAN 23
29 #define FAN_ENA 27
30 #define FAN_IN1 26
31 #define FAN_IN2 33
32
33 #define PWM_CHANNEL 0
34 #define PWM_FREQ 25000
35 #define PWM_RES 8
36
37 SugenoLIB fuzzy(true);
38 unsigned long lastSend = 0;
39 const int interval = 5000; // kirim data ke Firebase setiap 5 detik
40
41 void setup() {
42   Serial.begin(115200);
43   dht.begin();
44
45   pinMode(RELAY_HEATER, OUTPUT);
46   pinMode(RELAY_DEHUMIDIFIER, OUTPUT);
47   pinMode(RELAY_PELTIER, OUTPUT);
48   pinMode(RELAY_FAN, OUTPUT);
49   pinMode(FAN_IN1, OUTPUT);
50   pinMode(FAN_IN2, OUTPUT);
51 }
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
52 // PWM Fan
53 ledcSetup(PWM_CHANNEL, PWM_FREQ, PWM_RES);
54 ledcAttachPin(FAN_ENA, PWM_CHANNEL);
55
56 // Heater selalu ON sebagai gangguan
57 digitalWrite(RELAY_HEATER, LOW);
58
59 // Koneksi WiFi
60 WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
61 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
62     Serial.print(".");
63     delay(500);
64 }
65 Serial.println("\n✅ WiFi Terhubung");
66
67 // Firebase
68 config.api_key = API_KEY;
69 config.database_url = DATABASE_URL;
70 auth.user.email = USER_EMAIL;
71 auth.user.password = USER_PASSWORD;
72 config.token_status_callback = tokenStatusCallback;
73 Firebase.begin(&config, &auth);
74 Firebase.reconnectWiFi(true);
75 }
76
77 void loop() {
78     float suhu = dht.readTemperature();
79     float hum = dht.readHumidity();
```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
80
81 if (isnan(suhu) || isnan(hum)) {
82     Serial.println("✖ Sensor Error!");
83     delay(2000);
84     return;
85 }
86
87 // ===== Baca Mode (manual / auto) =====
88 String mode = "";
89 if (Firebase.RTDB.getString(&fbdo, "/rekserver/mode")) {
90     mode = fbdo.stringData();
91     mode.trim();
92     mode.toLowerCase();
93 }
94
95 if (mode != "manual" && mode != "auto") {
96     Serial.println("⚠ Mode belum dipilih. Program tidak berjalan.");
97     delay(2000);
98     return;
99 }
100
101 float inputSuhu = suhu;
102 float inputHum = hum;
103
104 if (mode == "manual") {
105     float setSuhu = suhu;
106     float setHum = hum;
107     if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo, "/rekserver/setpoint suhu"))
108         setSuhu = fbdo.floatData();
109     if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo, "/rekserver/setpoint kelembapan"))
110         setHum = fbdo.floatData();
111
112     // MODE MANUAL: gunakan nilai SETPOINT langsung sebagai input fuzzy
113     inputSuhu = setSuhu;
114     inputHum = setHum;
115     Serial.println("⚙ MODE MANUAL: Fuzzy dijalankan berdasarkan SETPOINT.");
116 } else {
117     Serial.println("⚙ MODE OTOMATIS: Fuzzy dijalankan dari pembacaan sensor.");
118 }
119
120 // ===== Fuzzy Logic Sugeno =====
121 float sD = fuzzy.Suhu_Dingin(inputSuhu);
122 float sN = fuzzy.Suhu_Normal(inputSuhu);
123 float sP = fuzzy.Suhu_Panas(inputSuhu);
124 float kK = fuzzy.Kelembapan_Kering(inputHum);
125 float kN = fuzzy.Kelembapan_Normal(inputHum);
126 float kL = fuzzy.Kelembapan_Lembap(inputHum);
127
128 float z = fuzzy.defuzzifikasi(
129     fuzzy.implikasi1(sD, kK),
130     fuzzy.implikasi2(sD, kN),
131     fuzzy.implikasi3(sD, kL),
132     fuzzy.implikasi4(sN, kK),
133     fuzzy.implikasi5(sN, kN),
134     fuzzy.implikasi6(sN, kL),
135     fuzzy.implikasi7(sP, kK),
```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
136     fuzzy.implikasi8(sP, kN),
137     fuzzy.implikasi9(sP, kL)
138 );
139
140 // ===== Kontrol Aktuator =====
141 int pwmValue = 0;
142 int fanStatus = 1, peltierStatus = 1, dehumStatus = 1;
143
144 if (z < 60) {
145     digitalWrite(RELAY_PELTIER, HIGH);
146     digitalWrite(RELAY_DEHUMIDIFIER, HIGH);
147     digitalWrite(RELAY_FAN, HIGH);
148     digitalWrite(FAN_IN1, LOW);
149     digitalWrite(FAN_IN2, LOW);
150     pwmValue = 0;
151 } else if (z < 90) {
152     digitalWrite(RELAY_PELTIER, LOW);
153     digitalWrite(RELAY_DEHUMIDIFIER, HIGH);
154     digitalWrite(RELAY_FAN, LOW);
155     digitalWrite(FAN_IN1, HIGH);
156     digitalWrite(FAN_IN2, LOW);
157     pwmValue = 26;
158     peltierStatus = 0;
159     fanStatus = 0;
160 } else {
161     digitalWrite(RELAY_PELTIER, LOW);
162     digitalWrite(RELAY_DEHUMIDIFIER, LOW);
163     digitalWrite(RELAY_FAN, LOW);
164     digitalWrite(FAN_IN1, HIGH);
165     digitalWrite(FAN_IN2, LOW);
166     pwmValue = 51;
167     peltierStatus = 0;
168     fanStatus = 0;
169     dehumStatus = 0;
170 }
171
172 ledcWrite(PWM_CHANNEL, pwmValue);
173
174 // ===== Kirim Data ke Firebase =====
175 if (Firebase.ready() && millis() - lastSend > interval) {
176     lastSend = millis();
177     FirebaseJson json;
178     json.set("Suhu", suhu);
179     json.set("Kelembapan", hum);
180     json.set("Z", z);
181     json.set("PWM", pwmValue);
182     json.set("Fan", fanStatus == 0 ? "ON" : "OFF");
183     json.set("Peltier", peltierStatus == 0 ? "ON" : "OFF");
184     json.set("Heater", digitalRead(RELAY_HEATER) == LOW ? "ON" : "OFF");
185     json.set("Dehumidifier", dehumStatus == 0 ? "ON" : "OFF");
186
187     if (Firebase.RTDB.setJSON(&fbdo, "/rekserver/KontrolFuzzy", &json)) {
188         Serial.println("✅ Data dikirim ke Firebase");
189     } else {
190         Serial.print("❌ Firebase error: ");
191         Serial.println(fbdo.errorReason());
192     }
193 }
```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
192     }  
193 }  
194  
195 // ===== Tampilkan ke Serial Monitor =====  
196 Serial.print(" 🌡 Suhu: ");  
197 Serial.print(suhu);  
198 Serial.print(" °C | 💧 Kelembapan: ");  
199 Serial.print(hum);  
200 Serial.print(" % | 📶 Z: ");  
201 Serial.print(z);  
202 Serial.print(" | PWM: ");  
203 Serial.println(pwmValue);  
204  
205 delay(2000);  
206 }  
207
```

