

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun rak *server* pintar berbasis IoT dengan fitur pengendalian suhu menggunakan logika *fuzzy* sehingga menghasilkan output kecepatan putaran kipas DC serta pemantauan energi listrik berupa arus, tegangan, daya, energi, frekuensi dan faktor daya. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pengendali utama yang terintegrasi dengan sensor SHT30 untuk membaca suhu dan kelembaban, serta sensor PZEM004T untuk memantau energi listrik. Data yang dihasilkan akan diunggah dan disimpan dalam platform *website* Firebase sehingga dapat dipantau secara waktu nyata.

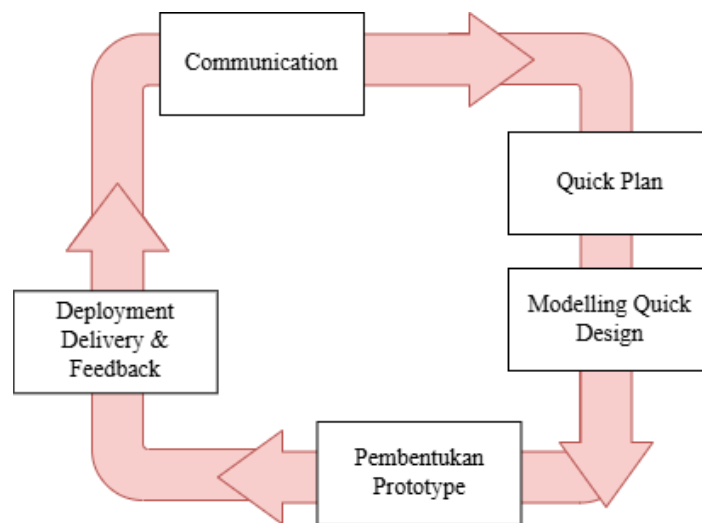
3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Jenis Penelitian dan Metode yang digunakan

Penelitian ini menggunakan desain penelitian berupa metode kuantitatif. Menurut (Sugiyono, 2020) penelitian kuantitatif adalah suatu metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, dianggap sebagai metode ilmiah atau ilmiah karena memenuhi kriteria ilmiah yang bersifat konkret, empiris, obyektif, terukur, rasional, dan sistematis. Pendekatan kuantitatif dalam penelitian ini fokus pada analisis data numerik (angka) dan kemudian dianalisis menggunakan metode statistik yang sesuai.

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan yang dapat digunakan sebagai solusi dalam merancang suatu sistem adalah berupa model prototipe. Metode *prototyping* adalah pendekatan inovatif dalam pengembangan sistem dan aplikasi. Metode ini bukan hanya merupakan perkembangan dari metode pengembangan sistem informasi yang telah ada sebelumnya, tetapi juga membawa perubahan besar sebagai revolusi dalam cara sistem informasi dikembangkan (Sahfitri, 2019). Prototipe ini bertujuan untuk mengeksplorasi serta menghasilkan sistem yang akan dirancang dari berbagai aspek. Terdapat jenis pengumpulan data

yang dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Pada metode prototipe ini digunakan untuk mengolah suatu ide menjadi sebuah sistem yang berwujud fisik. Terdapat lima tahapan yang harus dikerjakan pada metode prototipe yaitu *Communication*, *Quick Plan*, *Modelling Quick Design*, *Pembentukan prototipe*, *Deployment Delivery & Feedback* (Aditya, Pranatawijaya, & Putra, 2021).



Gambar 3.1 Metode Prototype

3.2.2 Operasionalisasi Variabel

Menurut buku Metodologi Penelitian yang dikembangkan oleh (Pasaribu, 2022), operasionalisasi variabel merujuk pada transformasi variabel menjadi parameter penelitian yang ditetapkan oleh peneliti. Tujuan dari operasionalisasi ini adalah untuk menyelidiki informasi yang telah terkumpul sehingga memungkinkan penarikan kesimpulan dari data yang telah diperoleh. Terdapat dua aspek utama dalam proses operasionalisasi variabel. Pertama, variabel independen, yang merupakan faktor bebas dengan potensi untuk memengaruhi variabel dependen atau terikat. Dalam konteks penelitian ini, langkah-langkah operasionalisasi variabel yang diterapkan akan diuraikan.

Tabel 3.1 Operasionalisasi Variabel

No	Variabel	Definisi	Indikator	Cara Ukur	Alat Ukur
1.	Penggunaan Mikrokontroler ESP32	Penggunaan potensi teknologi <i>WiFi</i> pada modul ESP32 untuk menghubungkan dan mentransmisikan data dari sensor suhu, kelembaban, dan energi listrik	Kemampuan ESP32 dalam mengirimkan perintah yang sesuai dengan instruksi dengan memanfaatkan program tertentu	Melakukan pembuktian langsung dengan indikator: 1. Berhasil, sesuai dengan hipotesis dan tujuan 2. Gagal, tidak sesuai dengan hipotesis dan tujuan	Skala Rasio
2	Integrasi Teknologi IoT	Penggunaan operasi pada protokol IoT sebagai transmisi mengirim data	Tingkat keberhasilan dalam transmisi pengiriman data	Melakukan pembuktian langsung dengan indikator : 1. Berhasil, sesuai dengan hipotesis	Skala Rasio

No	Variabel	Definisi	Indikator	Cara Ukur	Alat Ukur
				dan tujuan	
				2. Gagal, tidak sesuai dengan hipotesis dan tujuan	
3	Keberhasilan penerapan <i>Fuzzy Logic</i>	Implementasi Logika <i>Fuzzy</i> Mamdani dalam menciptakan proses yang lebih komprehensif	Tingkat keberhasilan dalam pengambilan keputusan respons terhadap perubahan suhu dan kelembaban	Melakukan pembuktian langsung dengan indikator : 1. Berhasil, sesuai dengan hipotesis dan tujuan 2. Gagal, tidak sesuai dengan hipotesis dan tujuan	Skala Rasio

No	Variabel	Definisi	Indikator	Cara Ukur	Alat Ukur
4	Transmisi data ke platform Firebase	Proses pengiriman data suhu dan kelembaban serta data energi listrik ke platform Firebase.	Tingkat keberhasilan dalam pengambilan kecepatan respons sebelum transmisi pengiriman data menuju platform Firebase	Melakukan pembuktian langsung dengan indikator : 1. Berhasil, sesuai dengan hipotesis dan tujuan 2. Gagal, tidak sesuai dengan hipotesis dan tujuan	Skala Rasio

3.2.3 Jenis dan Sumber Data

Peneliti akan menggunakan data kuantitatif, yang merujuk pada informasi yang dapat diukur secara statistik atau matematis. Setelah mengumpulkan data, langkah selanjutnya adalah menganalisisnya untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Data kuantitatif memberikan angka atau nilai numerik untuk menggambarkan fenomena atau variabel yang diamati, memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis statistik yang lebih terstruktur dan obyektif. Sumber data dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori utama: data primer dan data sekunder.

3.2.3.1 Data Primer

Data primer adalah informasi yang diperoleh secara langsung dari individu atau kelompok tertentu melalui teknik observasi dan wawancara. Pengumpulan data observasi melibatkan pengamatan sistematis terhadap fenomena, sementara wawancara melibatkan interaksi langsung dengan responden untuk mendapatkan informasi mendalam. Dalam konteks penelitian ini terbagi kedalam dua kategori yaitu data suhu dan kelembaban, dan data energi listrik. Data suhu dan kelembaban berguna untuk memprediksi kecepatan kipas DC menggunakan *fuzzy logic*, data suhu terbagi kedalam tiga kategori yaitu dingin, normal dan panas. Pada data kelembaban memiliki tiga kategori serupa yaitu kering, lembab, dan basah. Sedangkan pada energi listrik berfungsi untuk melakukan pemantauan konsumsi listrik pada perangkat keras yang memiliki beberapa data yaitu arus, tegangan, energi, frekuensi, daya, dan *power factor*. Penelitian ini untuk mendapatkan pemahaman yang lebih akurat dan kontekstual tentang fenomena yang diteliti, serta perspektif langsung dari individu atau kelompok terkait. Dengan demikian, data primer menjadi dasar utama untuk analisis dan interpretasi yang lebih mendalam terkait dengan objek penelitian. Data yang diperoleh haruslah sesuai dengan penelitian yang sedang dilakukan.

3.2.3.2 Data Sekunder

Pada penelitian ini, penulis mengumpulkan data dan informasi dari berbagai sumber yang dapat diandalkan, seperti jurnal, artikel ilmiah, dan sumber relevan lainnya terkait dengan topik penelitian. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis mendalam terhadap setiap referensi yang telah terhimpun. Proses analisis ini mencakup pembacaan menyeluruh dan pemahaman konten dari setiap studi literatur, mencatat temuan-temuan kunci, serta mengidentifikasi kerangka pemikiran dan metodologi yang digunakan dalam penelitian sebelumnya. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai implementasi sistem pengendalian suhu dan kelembaban dan pemantauan energi listrik menggunakan mikrokontroler yang ada dengan memanfaatkan platform Firebase. Peneliti dapat memeriksa konsep integrasi kedua

platform tersebut, menentukan kelebihan dan kekurangan penggunaan keduanya, mengevaluasi kinerja dan kehandalan dalam transmisi pengiriman data, serta menemukan temuan-temuan penting dari penelitian-penelitian sebelumnya.

3.2.4 Tahap Pengembangan Sistem

Pada Tahap Pengembangan sistem ini, peneliti melakukan suatu rancangan sistem dengan menggunakan metode prototipe yang akan diimplementasikan pada penelitian ini.

3.2.4.1 Komunikasi

Pada tahap metode prototipe, Tahap komunikasi merupakan langkah analisis kebutuhan sebagai langkah awal untuk melakukan proses identifikasi kebutuhan yang sesuaikan dengan kebutuhan pengguna yang dimana sistem akan diimplementasikan. Proses analisis kebutuhan ini melibatkan pihak-pihak dalam mencari informasi relevan studi literatur, seperti jurnal ilmiah dan buku yang berkaitan dengan masalah pengendalian suhu dan kelembaban, dan pemantuan energi listrik di dalam ruangan rak *server*.

Setelah mengumpulkan informasi, langkah selanjutnya adalah diskusi mendalam dengan para ahli dan spesialis di bidang penelitian tertentu. Hal ini sering kali mencakup pertemuan dengan dosen pembimbing skripsi, di mana masalah yang timbul terkait sistem pemantauan suhu dan kelembaban dibahas secara rinci. Diskusi ini bertujuan untuk menganalisis masalah lebih lanjut, mengevaluasi berbagai solusi yang diusulkan, dan mengembangkan solusi yang diuji dalam proses pengembangan prototipe.

Adapun kebutuhan sebuah sistem yang dibangun yakni mengharuskan sistem mewakili fitur:

- Pembacaan data suhu
- Pembacaan data kelembaban
- Pembacaan data arus
- Pembacaan data tegangan
- Pembacaan data daya
- Pembacaan data energi

- Pembacaan data frekuensi
- Pembacaan data faktor daya
- Hasil dari PWM kecepatan putaran kipas

Selain itu sebuah sistem yang dibangun berbasis IoT yang mengharuskan sistem dapat mengakses internet dan melakukan tugas-tugas sesuai dengan skala prioritasnya sehingga sistem dapat meliputi fitur:

- *Internet Of Things*
- *Fuzzy Logic*
- FreeRTOS
- Firebase

3.2.4.2 Perencanaan Cepat

Penelitian ini dilakukan dengan estimasi jadwal selama kurang lebih 12 bulan. Terhitung mulai dari bulan Februari 2024 hingga Januari 2025. Tujuan pembuatan jadwal ini agar peneliti dapat melakukan secara teratur dan terjadwal. Berikut adalah jadwal penelitian yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan											
		Feb' 24	Mar' 24	Apr' 24	Mei' 24	Jun' 24	Jul' 24	Agt' 24	Sep' 24	Okt' 24	Nov' 24	Des' 24	Jan' 25
1	Identifikasi masalah												
2	Studi Literatur												
3	Perancangan Sistem												
4	Pembuatan Alat												
5	Integrasi Alat												
6	Pengujian												
7	Pembuatan Laporan												

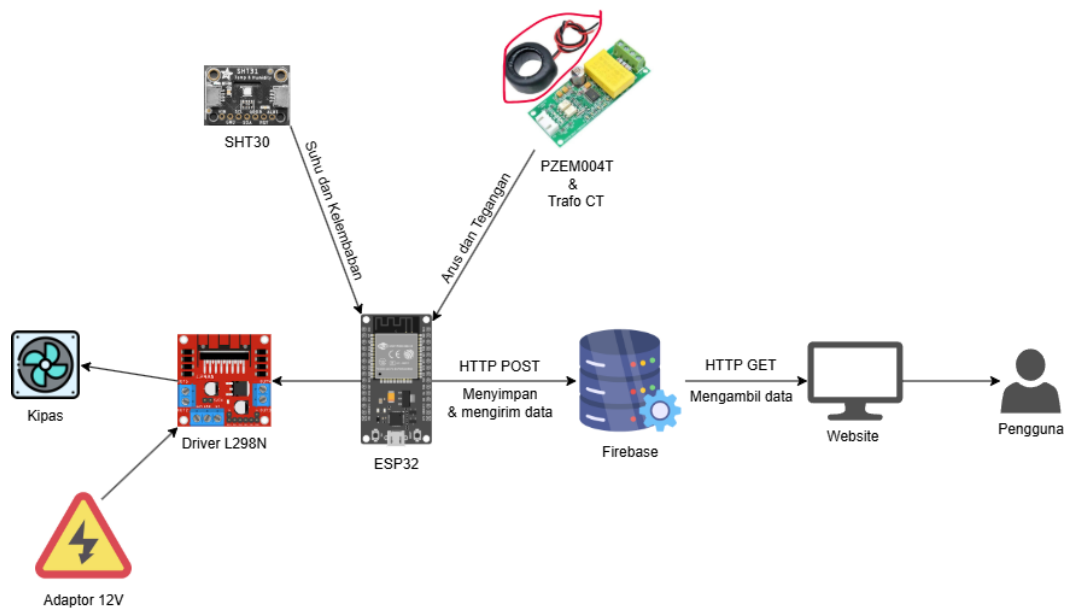
Adapun tahap pengembangan sistem secara keseluruhan ini mencakup berbagai perangkat keras dan perangkat lunak. Keseluruhan proses ini dilakukan dengan menggunakan perangkat keras berupa laptop dan solder. Laptop yang digunakan dengan detail spesifikasi *Processor* AMD Ryzen 5 5625U, GPU AMD Radeon Series, RAM 8GB dan penyimpanan SSD 512GB. Selain perangkat keras terdapat aspek perangkat lunak berupa sistem operasi Windows 11 Pro 64-bit. Aplikasi Visual Studio Code sebagai IDE yang digunakan untuk pengembangan dan kode program. Microsoft Excel 2021 untuk proses analisis data dan perhitungan kesalahan. Aplikasi MATLAB digunakan untuk pengolahan data dan komputasi numerik.

3.2.4.3 Desain dan Pemodelan

Tahap Desain dan pemodelan pada metode prototipe merupakan tahapan yang dilakukan untuk menyusun suatu model sistem yang mencakup integrasi dari seluruh sensor yang akan diwujudkan dalam sistem pengendalian suhu dan pemantuan energi listrik.

Proses ini melibatkan serangkaian langkah yang terstruktur dan sistematis, termasuk perancangan, pembuatan skema, serta desain arsitektur sistem. Sistem dirancang untuk membaca data suhu dan data listrik, yang kemudian dikirim ke platform Firebase. Data tersebut akan ditampilkan melalui aplikasi berbasis web, sehingga pengguna dapat melihat dan memantau perubahan suhu, kelembaban, serta konsumsi energi listrik dari mana saja. Tahapan ini bertujuan untuk memudahkan perancangan tata letak dan integrasi seluruh sistem, memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan optimal.

Pada tahap penelitian ini dilakukan suatu rancangan dari sistem yang nantinya akan diterapkan pada sistem rancang bangun rak server pintar ini berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Dimana pada bagian ini membahas mengenai perancangan perangkat keras dan perancangan logika *fuzzy*. Adapun untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan dapat diwakili melalui sebuah desain arsitektur diagram. Arsitektur Diagram yang terintegrasi Internet of Things dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut.



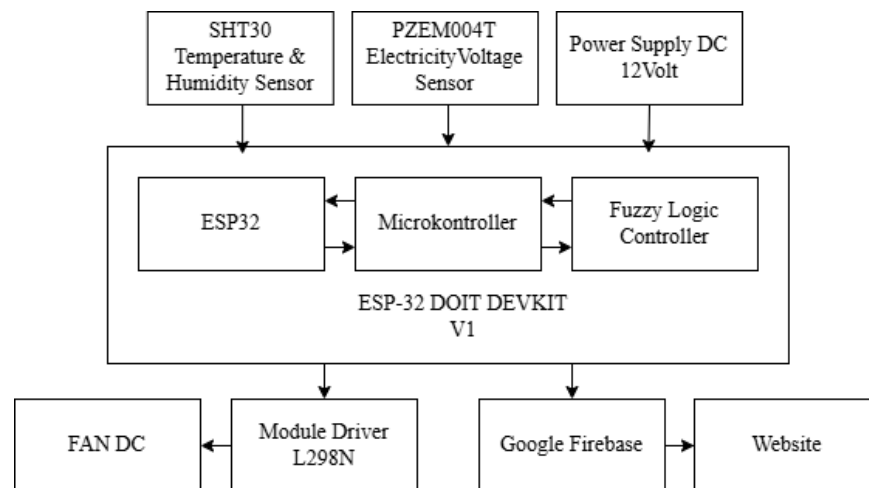
Gambar 3.2 Arsitektur Diagram

Gambar 3.2 arsitektur diagram menunjukkan sensor SHT30 berfungsi sebagai masukan utama untuk melakukan pembacaan data suhu dan kelembaban yang akan diproses oleh mikrokontroler ESP32, data tersebut kemudian diolah menggunakan logika *fuzzy* Mamdani untuk menghasilkan keluaran berupa sinyal PWM. Kemudian terdapat sensor PZEM004T yang berfungsi sebagai pembacaan data listrik seperti arus, tegangan, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya yang diproses oleh mikrokontroler ESP32. Setelah mendapatkan pembacaan data dari kedua sensor yang telah terintegrasi dengan internet kemudian mengirimkan data ke *database server* melalui protokol HTTP dan disimpan pada Firebase agar dapat melakukan pemantauan melalui *website* dan analisis terhadap kondisi ruangan pada rak server. *Website* yang dirancang memungkinkan pengguna untuk dapat mengakses data ruangan pada proses monitoring.

1. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras, terdapat beberapa komponen yang diperlukan untuk merancang sebuah sistem. ESP32 DOIT DEVKIT V1 akan bekerja sebagai mikrokontroler atau pengendali utama pada seluruh komponen yang terhubung ke dalam sistem untuk menerima masukan dari sensor SHT30 sebagai sensor utama yang digunakan untuk proses pengendalian suhu dan

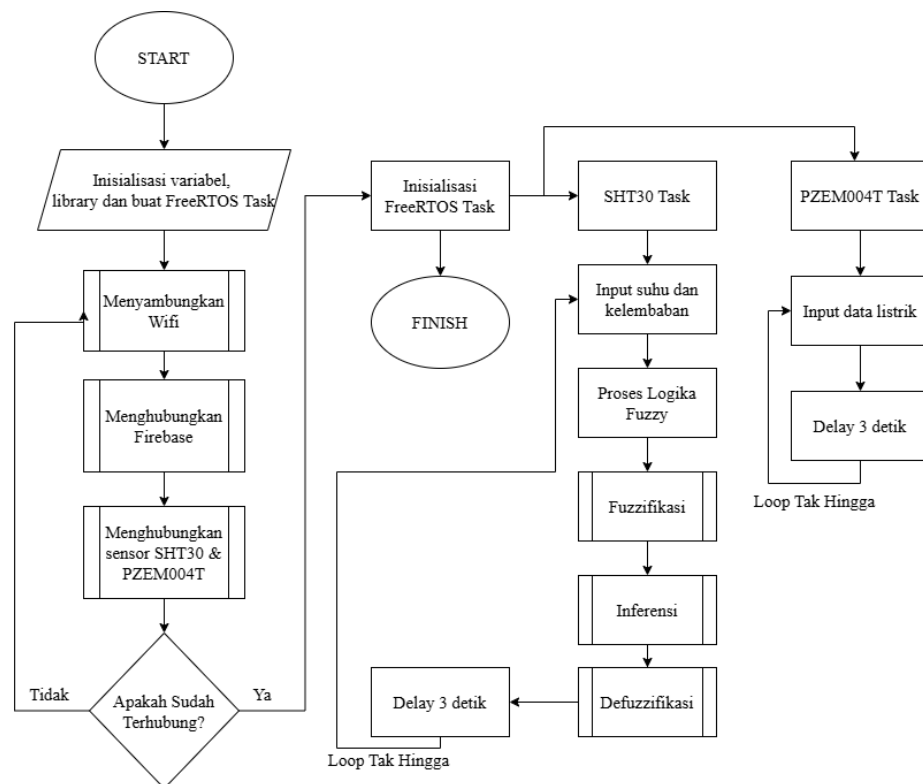
kelembaban lalu memasukkannya ke dalam logika *fuzzy* untuk mengatur kecepatan putaran kipas. Kemudian sensor PZEM004T digunakan untuk melakukan pemantauan konsumsi energi listrik. Beberapa komponen tersebut dapat dilihat berdasarkan blok diagram sistem pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem

Diagram alir merupakan representasi visual yang digunakan untuk memetakan alur atau langkah-langkah dalam suatu proses atau program. Dengan memanfaatkan simbol-simbol grafis, diagram alir menggambarkan tahapan, pengambilan keputusan, atau operasi yang terjadi dalam suatu sistem. Fungsi utama dari diagram alir adalah menyajikan pemahaman yang jelas, sistematis, dan mudah diinterpretasikan mengenai cara kerja suatu proses atau sistem (Rahmanto, Rifaini, Samsugi, & Riskiono, 2020)

Pada gambar 3.4, menunjukkan diagram alir sistem perangkat keras bahwa terdapat dua tugas yang sudah terintegrasi ke dalam sistem operasi ini. Integrasi serta pelaksanaan tugas-tugas menjadi lebih terjamin oleh implementasi FreeRTOS ke dalam sistem tersebut.



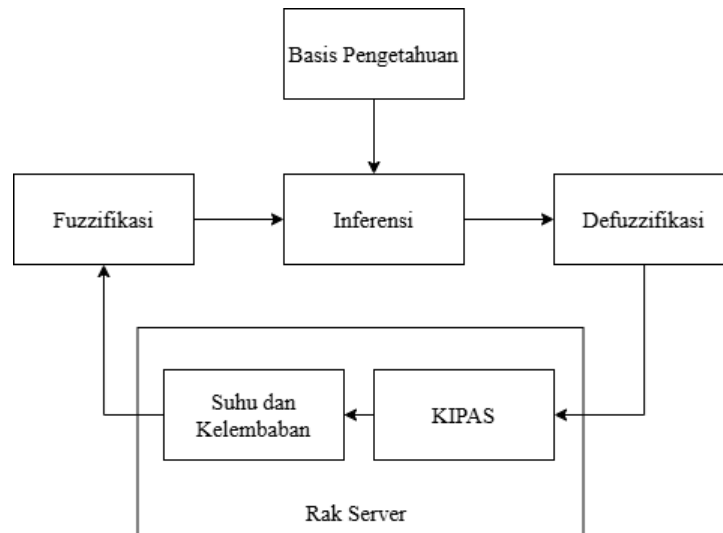
Gambar 3.4 Diagram Alir Sistem Perangkat Keras

Pada sistem operasi FreeRTOS ini, tugas prioritas utama adalah membaca data dari sensor SHT30, yang mencakup pengukuran data suhu dan kelembaban. Kemudian pada tugas prioritas kedua melakukan pembacaan data dari sensor PZEM004T, yang mencakup pengukuran parameter listrik seperti arus, tegangan, daya, frekuensi, energi dan faktor daya. Proses pembacaan data suhu dan data listrik yang telah diukur, kemudian dikirimkan menuju platform Firebase untuk proses penyimpanan data, yang dimana proses tersebut merupakan proses untuk melakukan pemantauan.

2. Perancangan Fuzzy Logic

Pada perancangan *fuzzy logic*, metode yang digunakan pada sistem ini adalah menggunakan metode logika *fuzzy* mamdani. Perhitungan logika *fuzzy* mamdani diimplementasikan untuk mengatur kecepatan putaran kipas. *Fuzzy* mamdani merupakan metode *fuzzy* yang sering digunakan dan termasuk mudah diaplikasikan dibandingkan dengan metode *fuzzy* lainnya. Proses yang terdapat pada metode mamdani ini memiliki tiga tahapan meliputi fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi

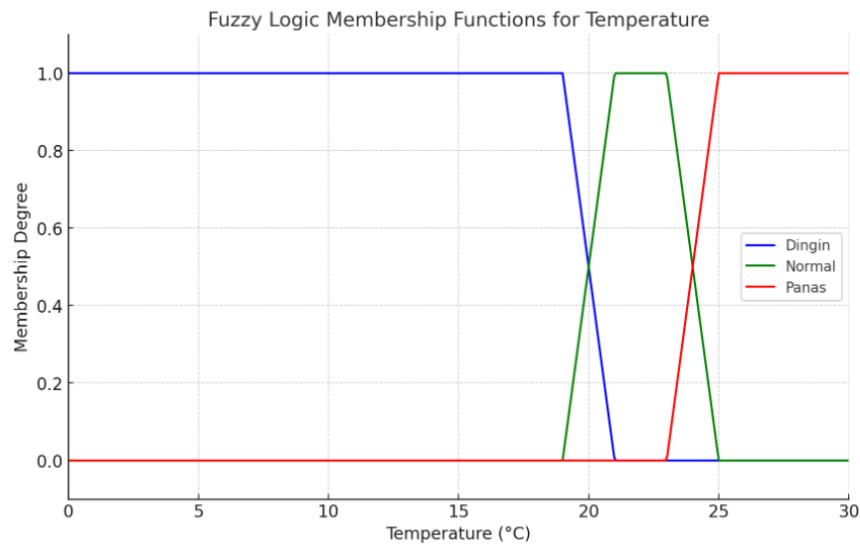
dengan menggunakan pusat defuzzifikasi dengan menggunakan metode *Center Of Area* (COA) (Yusuf & Pratama, 2023).



Gambar 3.5 Desain Kendali *Fuzzy*

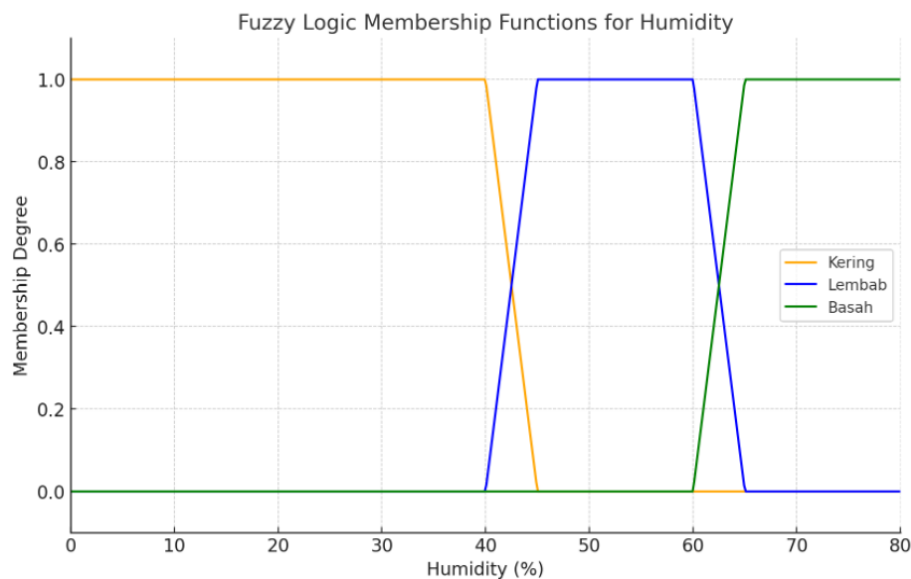
Fuzzifikasi adalah tahapan awal dalam logika *fuzzy*. Tahap ini bertujuan untuk menerjemahkan *input* data ke dalam himpunan *fuzzy* dengan cara menentukan derajat keanggotaan. Sistem yang diterapkan menggunakan 2 variabel meliputi variabel suhu dan variabel kelembaban. Variabel suhu memiliki 3 nilai keanggotaan *fuzzy* dalam bentuk dingin, normal, dan panas. Di sisi lain, variabel kelembaban memiliki 3 nilai keanggotaan *fuzzy*, yaitu kering, lembab, dan basah. Rentang nilai keanggotaan variabel suhu berkisar dari 0 hingga 30 dan rentang nilai keanggotaan variabel kelembaban berkisar dari 0 hingga 80.

Pada himpunan *fuzzy* suhu dengan rentang nilai 0 hingga 30. memiliki nilai keanggotaan dingin dengan domain pada nilai 0, 19, dan 21. Himpunan *fuzzy* keanggotaan normal mencakup nilai 19, 21, 23, dan 25. Sementara, himpunan *fuzzy* keanggotaan panas memiliki domain pada nilai 23, 25, dan 30. Rentang nilai ini menggambarkan nilai suhu pada ruangan rak *server* dinyatakan dalam derajat *celcius*. Grafik fungsi keanggotaan variabel suhu yang menggambarkan ketiga himpunan *fuzzy* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Nilai Keanggotaan Variabel Suhu

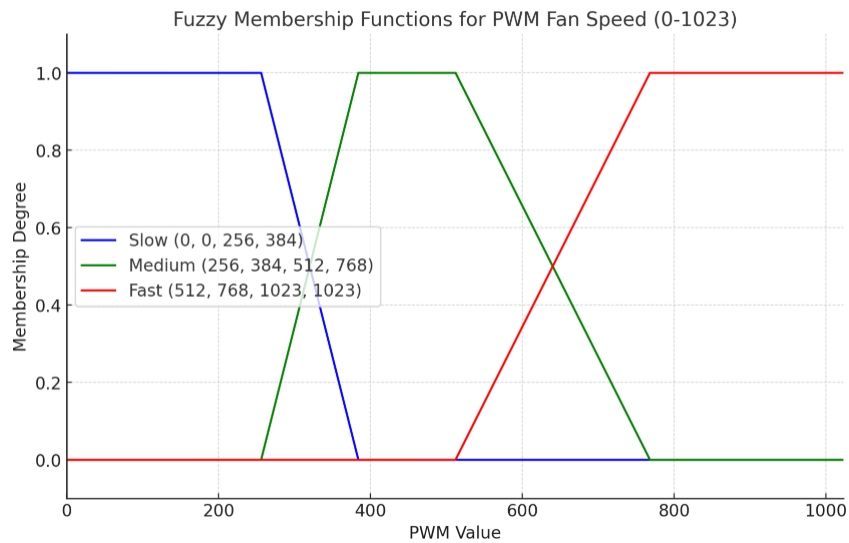
Himpunan variabel kelembaban, sebagaimana digambarkan dalam grafik fungsi keanggotaan pada Gambar 3.7 memiliki rentang nilai 0 hingga 80. Variabel kelembaban dijelaskan memiliki 3 fungsi keanggotaan *fuzzy*, yaitu kering, lembab, dan basah. Himpunan keanggotaan kering memiliki domain pada nilai 0, 40, dan 45. Selanjutnya, himpunan dengan keanggotaan lembab mencakup nilai 40, 45, 60 dan 65. Selain itu, himpunan dengan keanggotaan basah memiliki domain pada nilai 60, 65, 80. Analisis ini memberikan data kelembaban jelas tentang karakteristik kelembaban dan sejauh mana kuantitas yang mewakili konsentrasi uap air dari ketiga tingkatan keanggotaan tersebut. Penjelasan ini terperinci pada aspek fuzzifikasi yang melibatkan definisi keanggotaan serta domain nilai untuk setiap variabel *input*, menciptakan dasar bagi sistem *fuzzy* untuk memproses kecepatan putaran pada kipas.



Gambar 3.7 Nilai Keanggotaan Variabel Kelembaban

Variabel *output* dalam penelitian ini memiliki peran penting dalam memprediksi kecepatan putaran kipas berdasarkan data suhu dan kelembaban yang terukur. Rentang nilai variabel *output* ditentukan antara 0 hingga 1023, sesuai dengan skala PWM 10-bit, dan diklasifikasikan ke dalam tiga fungsi keanggotaan *fuzzy*, yaitu pelan, sedang, dan cepat. Himpunan *fuzzy* untuk keanggotaan pelan didefinisikan dengan domain nilai 0, 0, 256, dan 384. Sementara itu, himpunan *fuzzy* keanggotaan sedang mencakup domain nilai 256, 384, 512, dan 768, sedangkan himpunan *fuzzy* keanggotaan cepat memiliki domain nilai 512, 768, dan 1023.

Pendekatan ini menunjukkan bahwa variabel *output* memberikan informasi yang terstruktur terkait tingkat kecepatan putaran kipas, yang dikategorikan sebagai pelan, sedang, atau cepat, berdasarkan pembacaan suhu dan kelembaban. Pembagian rentang nilai ini menciptakan pengelompokan yang jelas dan bermakna, memungkinkan interpretasi yang lebih efektif terhadap perilaku sistem. Representasi visual dari grafik fungsi keanggotaan variabel *output*, yang ditampilkan pada Gambar 3.8, memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait tingkat keanggotaan dan mendukung analisis kecepatan putaran kipas secara lebih efektif dan akurat.



Gambar 3.8 Nilai Keanggotaan Variabel *Output* Putaran Kipas

Variabel Suhu (S) dan kelembaban (K) diidentifikasi sebagai variabel *input* dalam model logika *fuzzy* yang diimplementasikan, sedangkan variabel *output* digunakan untuk memodelkan kecepatan putaran kipas yang dalam konteks *fuzzy logic* ini dinyatakan sebagai (KP). Hubungan antara variabel *input* dan *output* dalam sistem ini dirumuskan melalui aturan-aturan logika *fuzzy* yang dirangkum secara sistematis dalam Tabel 3.3. Aturan-aturan ini memberikan kerangka kerja terstruktur untuk memetakan variabel *input* ke dalam variabel *output*.

Pendekatan ini dirancang untuk memodelkan hubungan kompleks antara variabel-variabel tersebut secara efektif, sehingga memungkinkan sistem *fuzzy* menghasilkan prediksi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dengan demikian, aturan logika *fuzzy* yang diimplementasikan menjadi dasar penting dalam mendukung pengendalian sistem secara efisien dan presisi.

Tabel 3.3 Tabel Pemetaan Hubungan *Input-Output Fuzzy Logic*

Suhu \ Kelembaban	Kelembaban		
	Kering	Lembab	Basah
Dingin	Lambat	Sedang	Lambat
Normal	Lambat	Sedang	Lambat
Panas	Cepat	Cepat	Cepat

Berdasarkan pemetaan diatas dibuatkan sebuah aturan yang tertera pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Aturan-Aturan Logika *Fuzzy*

RULE	Aturan Fuzzy
R[1]	IF S = Dingin AND K = Kering THEN KP = Lambat
R[2]	IF S = Dingin AND K = Lembab THEN KP = Sedang
R[3]	IF S = Dingin AND K = Basah THEN KP = Lambat
R[4]	IF S = Normal AND K = Kering THEN KP = Lambat
R[5]	IF S = Normal AND K = Lembab THEN KP = Sedang
R[6]	IF S = Normal AND K = Basah THEN KP = Lambat
R[7]	IF S = Panas AND K = Kering THEN KP = Cepat
R[8]	IF S = Panas AND K = Lembab THEN KP = Cepat
R[9]	IF S = Panas AND K = Basah THEN KP = Cepat

3.2.4.4 Pembentukan Prototype

Tahap pengembangan prototipe dalam metode *prototype* merupakan elemen esensial dalam proses perancangan perangkat yang mencakup integrasi sensor, aktuator, mikrokontroler, pengiriman data yang kemudian disimpan pada platform Firebase, serta implementasi algoritma berbasis logika *fuzzy*. Pada tahapan ini, seluruh komponen yang telah dirancang akan dilakukan perangkaian secara terstruktur agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah dirumuskan. Proses pengembangan diawali dengan desain sistem yang mengintegrasikan sensor, aktuator, dan mikrokontroler melalui penyusunan perangkat keras dan pemrograman perangkat lunak.

3.2.4.5 Deployment

Tahap Deployment pada metode prototipe merupakan proses pengembangan dan pengujian akan dilakukan dengan fokus pada evaluasi fungsionalitas yang komprehensif. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi sejauh mana tingkat kesesuaian antara berbagai komponen sistem, termasuk fungsionalitas alat, penerapan logika *fuzzy*, integrasi sistem ke Firebase, serta keseluruhan kinerja sistem. Pengujian yang diterapkan melibatkan berbagai aspek, mulai dari validasi fungsi perangkat keras, integrasi Firebase, hingga penerapan logika *fuzzy* yang memastikan integrasi terpadu antara setiap elemen sistem tersebut. Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap keseluruhan sistem yang telah dibangun menggunakan metode uji fungsionalitas. Uji fungsionalitas adalah metode

pengujian kualitas perangkat untuk mengidentifikasi fungsi yang tidak berjalan dengan baik, kesalahan pada antarmuka, struktur data, performa, serta masalah pada proses inisialisasi dan terminasi. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa setiap proses dalam sistem sudah berjalan sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan. Dalam pengujian ini, penguji dapat menentukan himpunan kondisi masukan dan menguji fungsi tertentu dalam sistem. Oleh karena itu, pengujian ini merupakan cara untuk menjalankan program guna mendeteksi kesalahan atau error, yang kemudian diperbaiki agar sistem dinyatakan layak digunakan (Wijaya, 2021).

Tabel 3.5 Skenario Pengujian Pada Keseluruhan Sistem

No.	Skenario pengujian	Target yang diharapkan	Hasil yang didapatkan
1.	Pembacaan nilai suhu ruangan rak server	Sensor sistem dapat membaca suhu pada rak server	Sensor dapat membaca data suhu
2.	Pembacaan nilai kelembaban ruangan rak server	Sensor sistem dapat membaca kelembaban pada rak server	Sensor dapat membaca data kelembaban
3.	Pembacaan nilai arus listrik rak server	Sensor sistem dapat membaca nilai arus listrik pada rak server	Sensor dapat membaca data arus
4.	Pembacaan nilai tegangan listrik rak server	Sensor sistem dapat membaca tegangan listrik pada rak server	Sensor dapat membaca data tegangan
5	Pembacaan nilai daya listrik rak server	Sensor dapat membaca daya listrik pada rak server	Sensor dapat membaca data daya listrik

No.	Skenario pengujian	Target yang diharapkan	Hasil yang didapatkan
6	Pembacaan nilai energi listrik rak server	Sensor dapat membaca energi listrik pada rak server	Sensor dapat membaca data energi listrik
7	Pembacaan nilai frekuensi listrik rak server	Sensor dapat membaca frekuensi pada rak server	Sensor dapat membaca data frekuensi
8	Pembacaan nilai faktor daya listrik rak server	Sensor dapat membaca faktor daya pada rak server	Sensor dapat membaca data faktor daya
9.	Pengendalian Kipas pada rak server	Kecepatan putaran kipas dapat berputar sesuai dengan fuzzy logic pada suhu dan kelembaban pada rak server	Kipas dapat berputar berdasarkan logika <i>fuzzy</i> data suhu dan kelembaban
10.	Pengiriman data suhu ke Firebase	Nilai data suhu dapat dikirimkan ke Firebase	Sistem dapat mengirimkan data suhu ke Firebase
11.	Pengiriman data kelembaban ke Firebase	Nilai data kelembaban dapat dikirimkan ke Firebase	Sistem dapat mengirimkan data kelembaban ke Firebase
12.	Pengiriman data arus ke Firebase	Nilai data arus dapat dikirimkan ke Firebase	Sistem dapat mengirimkan data arus ke Firebase

No.	Skenario pengujian	Target yang diharapkan	Hasil yang didapatkan
13.	Pengiriman data tegangan ke firebase	Nilai data kelembaban dapat dikirimkan ke Firebase	Sistem dapat mengirimkan data tegangan ke Firebase
14.	Pengiriman data daya ke firebase	Nilai data kelembaban dapat dikirimkan ke Firebase	Sistem dapat mengirimkan data daya ke Firebase
15	Pengiriman data energi ke firebase	Nilai data kelembaban dapat dikirimkan ke Firebase	Sistem dapat mengirimkan data energi ke Firebase
16	Pengiriman data frekuensi ke firebase	Nilai data kelembaban dapat dikirimkan ke Firebase	Sistem dapat mengirimkan data frekuensi ke Firebase
17	Pengiriman data faktor daya ke firebase	Nilai data faktor daya dapat dikirimkan ke Firebase	Sistem dapat mengirimkan data faktor daya ke Firebase
18	Skala prioritas oleh FreeRTOS	Pembagian tugas sensor berdasarkan skala prioritasnya	Sistem operasi dapat melakukan tugas sesuai dengan skala prioritas