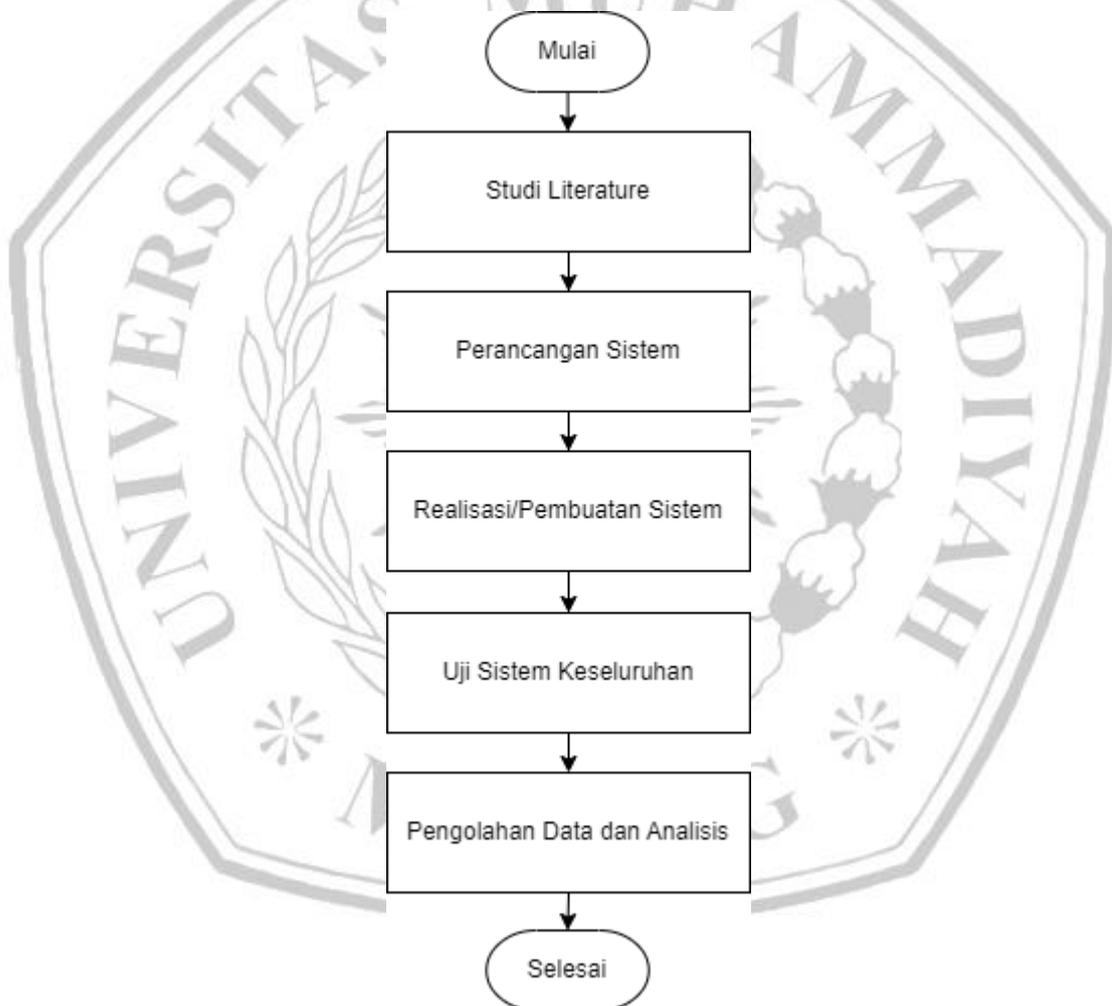


### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian dengan judul sistem monitoring kondisi motor induksi berbasis Internet of Things (IoT). Metode yang digunakan yaitu eksperimen, dimana dimulai dari Studi Literatur, Perancangan sistem, Realisasi/pembuatan Sistem, Uji Sistem keseluruhan Pengolahan data dan analisis. Untuk mengetahui alur dari penelitian ini dapat dilihat dalam gambar 3.1.



**Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian**

### **3.1 Studi Literatur**

Studi literatur ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan tinjauan menyeluruh terhadap penelitian dan karya ilmiah terkait dengan sistem monitoring kondisi motor induksi berbasis Internet of Things (IoT). Studi literatur untuk mengumpulkan informasi yang relevan dari berbagai sumber yang telah dipublikasikan sebelumnya. Dalam studi literatur ini, penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan berbagai jurnal ilmiah, konferensi, buku, dan sumber-sumber online terpercaya.

Studi literatur ini mengidentifikasi beberapa topik utama yang berkaitan dengan sistem monitoring kondisi motor induksi berbasis IoT. Pertama, tinjauan dilakukan terhadap prinsip dasar motor induksi, komponen-komponennya, dan parameter-parameter yang perlu dipantau untuk mengamati kondisi operasional motor. Selanjutnya, tinjauan dilakukan terhadap konsep Internet of Things (IoT), arsitektur IoT, serta teknologi dan standar yang relevan dengan implementasi IoT pada motor induksi.

Selain itu, dalam studi literatur ini juga mempelajari bagaimana cara membuat perangkat yang dapat mengetahui kondisi yang baik untuk motor induksi, termasuk didalamnya yaitu parameter kecepatan dan suhu yang ideal untuk motor induksi. Dalam studi literatur juga dipelajari tentang algoritma fuzzy yang berfungsi sebagai pengambil keputusan dalam menentukan kondisi motor induksi yang digunakan.

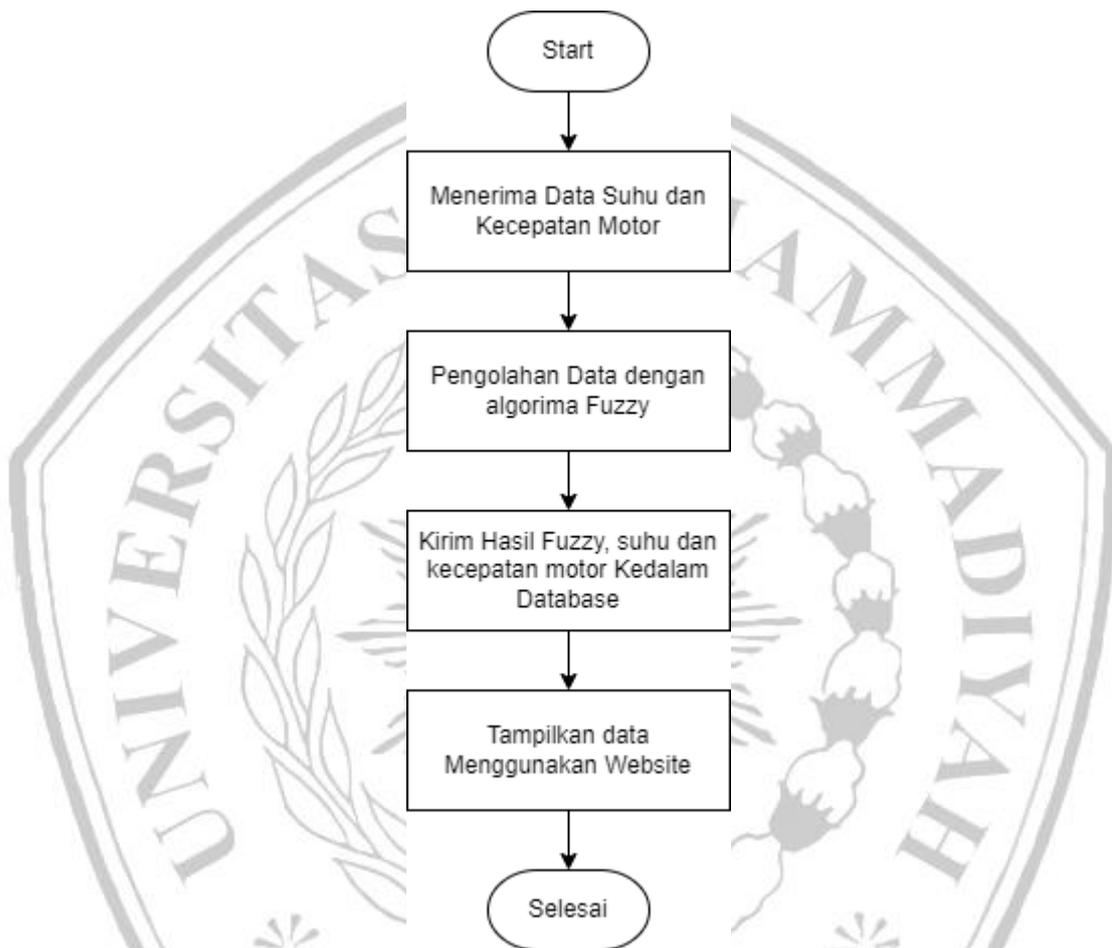
### **3.2 Perancangan Sistem**

Perancangan perangkat bertujuan untuk mempermudah dalam melaksanakan penelitian. Dalam perancangan ini akan dibagi menjadi beberapa bagian diantaranya, prinsip kerja alat, diagram blok sistem, skematik perangkat, algoritma fuzzy dan desain interface.

#### **3.2.1 Prinsip Kerja**

Prinsip Kerja dalam perancangan sistem yang dimaksud yaitu menggambarkan secara menyeluruh cara kerja dari sistem yang dirancang, penggambaran dari Prinsip kerja sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.2. Gambar tersebut merupakan Diagram alir yang menjelaskan bagaimana sistem berjalan,

dimulai dari Penerimaan data yang dikirim oleh Mikrokontroler lain, kemudian data yang yang diterima akan di pisahkan untuk mendapat data Suhu dan Kecepatan motor. Dua data tersebut akan diolah untuk mengambil keputusan dengan menggunakan Algoritma fuzzy, Hasil dari fuzzy tersebut akan dikirimkan ke *internet* dan akan ditampilkan dalam website.

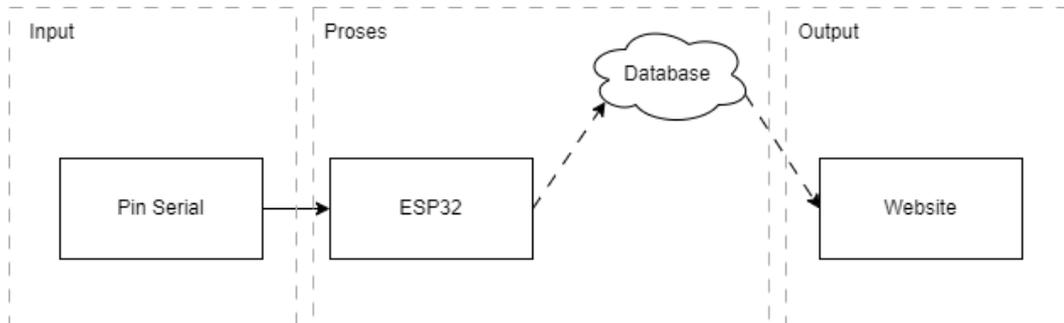


**Gambar 3. 2 Diagram alur prinsip kerja sistem**

### 3.2.2 Diagram Blok Sistem

Sistem yang dibuat akan dijelaskan dalam diagram blok sistem yang dapat dilihat pada gambar 3.3. Pada gambar tersebut diperlihatkan 3 bagian yang ada pada sistem yang dibuat, yaitu input, proses dan output. Pada input terdapat pin serial yang berfungsi untuk menerima suhu dan kecepatan motor dari mikrokontroler lain, komunikasi yang dilakukan yaitu menggunakan komunikasi serial. Kemudian input tersebut akan diolah pada blok proses, dimana pada proses menggunakan mikrokontroler ESP32, mikrokontroler ini digunakan untuk mengolah data dan

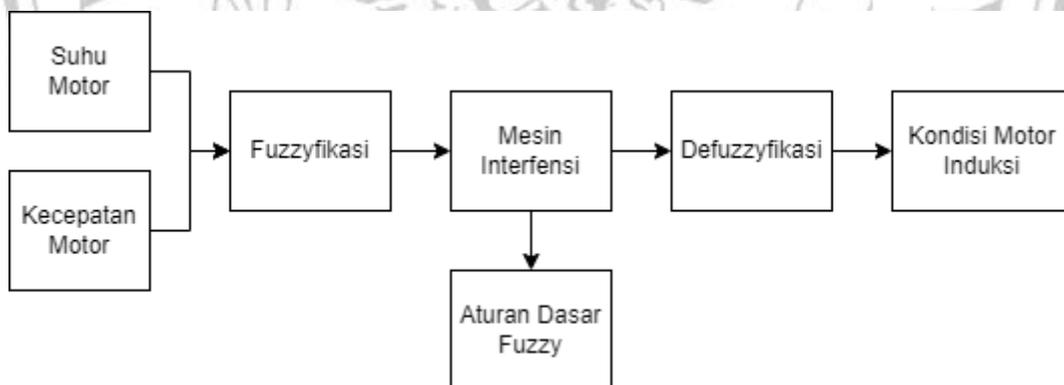
mengambil keputusan kondisi motor dengan menggunakan logika Fuzzy, selain itu mikrokontroler ini juga berfungsi sebagai pengirim data kedalam database internet. Kemudian data yang sudah dikirimkan ke database akan ditampilkan menggunakan Website.



**Gambar 3.3 Diagram blok**

### 3.2.3 Algoritma Fuzzy

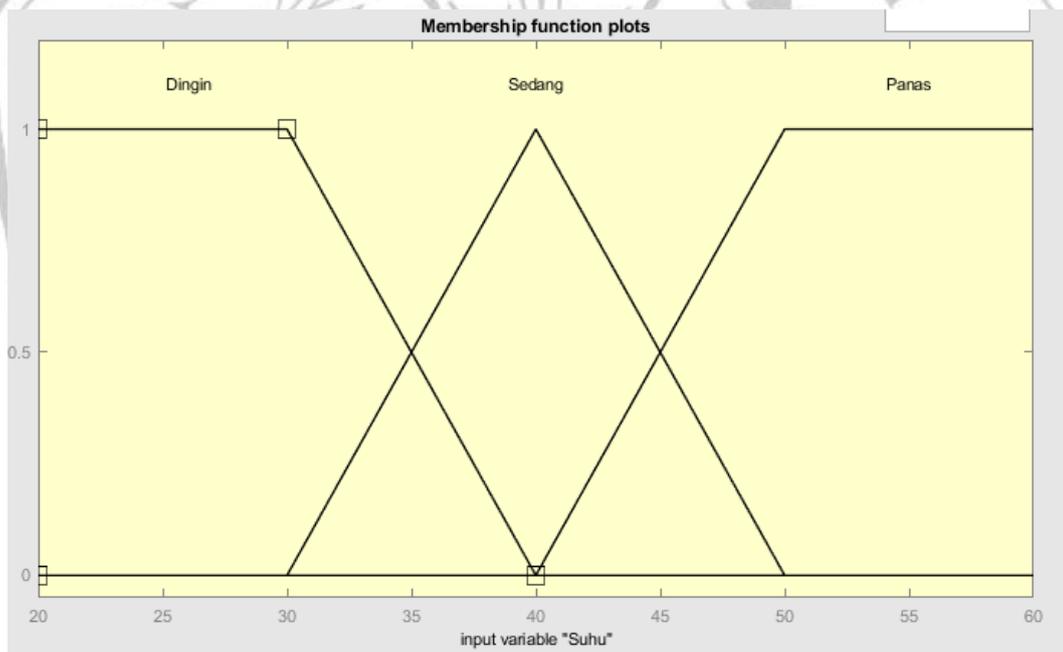
Dalam penelitian ini algoritma Fuzzy yang digunakan yaitu menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Metode ini digunakan untuk mengambil keputusan kondisi Motor induksi. Gambar 3.4 menunjukkan blok diagram perancangan sistem Fuzzy Sugeno yang digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 3.4 Diagram blok perancangan fuzzy**

Dalam sistem fuzzy seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.4, proses fuzzy dimulai dengan menentukan masukan berupa suhu motor dan kecepatan motor. Kedua masukan ini kemudian dikenai proses fuzzyfikasi, di mana fungsi keanggotaan segitiga dan bahu digunakan untuk menggambarkan kondisi suhu (dingin, normal, dan panas) serta kecepatan motor (pelan, normal, dan cepat).

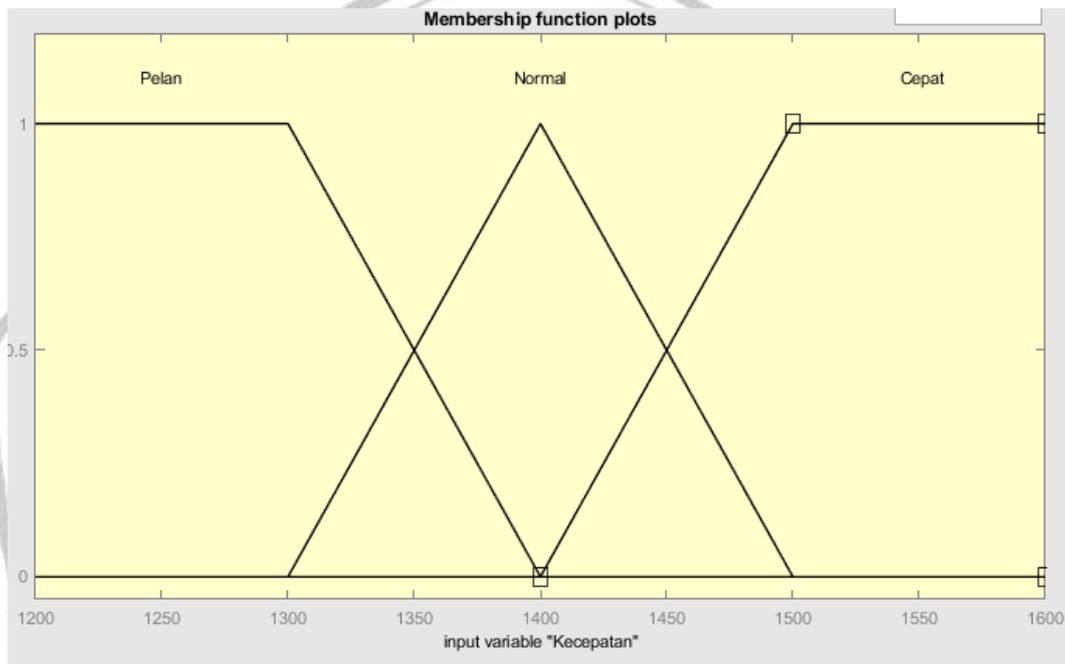
Fungsi keanggotaan dari masukan suhu motor induksi dalam sistem ini dapat dilihat pada gambar 3.5. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan Suhu motor induksi diukur dalam keadaan normal tanpa beban memiliki rata-rata sebesar  $30^{\circ}\text{C}$ , sedangkan dalam kondisi beban penuh suhu motor induksi dapat mencapai  $50^{\circ}\text{C}$ . Sehingga dapat dilihat dari penelitian terdahulu tersebut dapat diasumsikan suhu normal motor induksi adalah antara rentang 30 hingga 50 derajat. Selain itu menurut penelitian lain kisaran suhu operasional motor induksi adalah antara  $-20$  hingga  $40$  derajat. Beberapa motor juga saat dijalankan dapat mencapai suhu  $80$  derajat, namun suhu tersebut sebisa mungkin dicegah agar kejenuhan motor induksi tidak terjadi. Dari parameter tersebut dapat dijadikan acuan untuk menentukan membership function dari masukan fuzzy suhu, dimana untuk kondisi motor tidak bekerja adalah  $20-40$  derajat, kondisi normal adalah antara  $30$  hingga  $50$  derajat, kondisi rusak antara  $40$  hingga  $> 60$  derajat.



**Gambar 3. 5 Fungsi keanggotaan suhu motor**

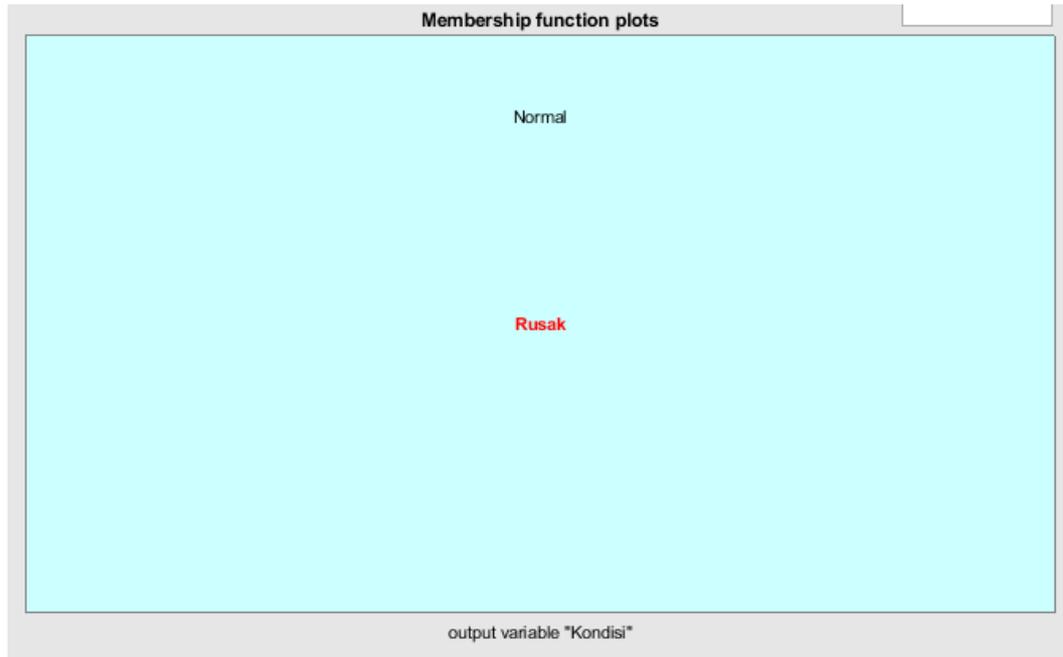
Sedangkan fungsi keanggotaan dari masukan kecepatan motor dapat dilihat pada gambar 3.6. Spesifikasi dari motor induksi yang digunakan adalah memiliki kecepatan putaran sebesar  $1400\text{rpm}$ . Sebuah motor induksi dikatakan normal jika dalam keadaan tanpa beban mampu berputar dengan kecepatan maksimumnya, sedangkan kondisi dengan beban, pada umumnya kecepatan motor induksi

berkurang. Perbedaan kecerpatan tanpa beban dan dengan beban disebut slip. Slip pada motor induksi 1 phase berkisar antara 3-5% dari kecepatan maksimal. Sehingga dapat disimpulkan jika motor 1 phase memiliki kecepatan diatas maksimum yaitu 1500rpm, dan kecepatan menurun dibawah 1300 maka motor dapat dikatakan rusak. Sehingga dari parameter tersebut dapat dibangun membership function dengan mengacu parameter diatas yaitu, untuk kondisi Rusak\_pelan <1300, normal >1300<1400, dan Rusak\_cepat > 1500rpm.



**Gambar 3. 6 Fungsi keanggotaan kecepatan motor**

Untuk luaran fuzzy hanya menggunakan dua membership function yaitu motor normal dan motor rusak, dimana untuk normal memiliki nilai 0, dan 1 mewakili nilai motor rusak. Membership function dari output dapat dilihat pada gambar 3.7.



**Gambar 3. 7 Fungsi keanggotaan kondisi motor**

Setelah proses fuzzyfikasi, langkah selanjutnya adalah mesin inferensi. Pada tahap ini, metode Sugeno digunakan dengan aturan dasar fuzzy yang terdiri dari 9 aturan, yang diperoleh dari kombinasi dua masukan dan tiga fungsi keanggotaan. Metode Sugeno memungkinkan penentuan keluaran berdasarkan fungsi linier pada variabel keluaran, yang dapat memperhitungkan kontribusi dari setiap aturan fuzzy.

**Tabel 3. 1 Penentuan inference rules tabel**

Fuzzy		Kecepatan		
		Pelan	Normal	Cepat
Suhu	Dingin	Rusak	Normal	Normal
	Normal	Rusak	Normal	Normal
	Panas	Rusak	Rusak	Rusak

Dalam tabel 3.1 aturan yang dipakai dalam penentuan inference memiliki 9 aturan dimana:

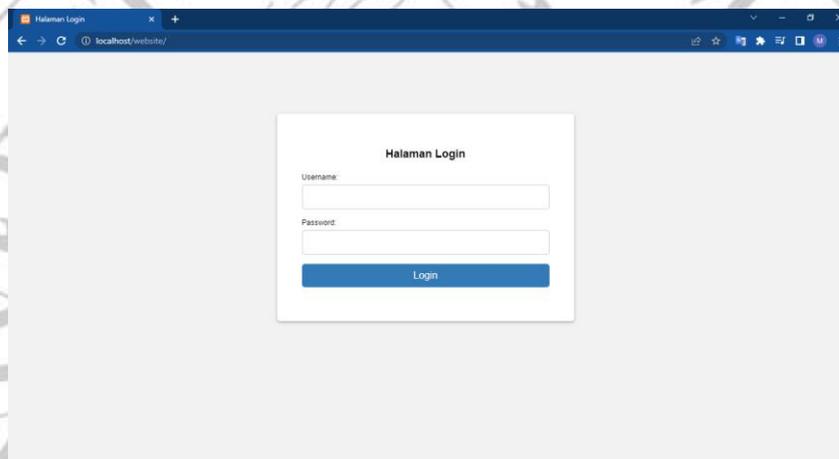
- Jika masukan Suhu “Dingin” dan kecepatan “Pelan” maka keluaran Fuzzynya “Rusak”
- Jika masukan Suhu “Dingin” dan kecepatan “Normal” maka keluaran Fuzzynya “Normal”
- Jika masukan Suhu “Dingin” dan kecepatan “Cepat” maka keluaran Fuzzynya “Normal”
- Jika masukan Suhu “Normal” dan kecepatan “Pelan” maka keluaran Fuzzynya “Rusak”
- Jika masukan Suhu “Normal” dan kecepatan “Normal” maka keluaran Fuzzynya “Normal”
- Jika masukan Suhu “Normal” dan kecepatan “Cepat” maka keluaran Fuzzynya “Normal”
- Jika masukan Suhu “Panas” dan kecepatan “Pelan” maka keluaran Fuzzynya “Rusak”
- Jika masukan Suhu “Panas” dan kecepatan “Normal” maka keluaran Fuzzynya “Rusak”
- Jika masukan Suhu “Panas” dan kecepatan “Cepat” maka keluaran Fuzzynya “Rusak”

Setelah tahap inferensi fuzzy, proses defuzzifikasi dilakukan untuk mengubah hasil inferensi fuzzy menjadi nilai crisp atau numerik. Salah satu metode defuzzifikasi yang dapat digunakan adalah metode weighted average, di mana bobot konklusi digunakan untuk menghitung nilai defuzzifikasi. Nilai defuzzifikasi ini kemudian digunakan untuk menentukan luaran sistem, yaitu kondisi motor apakah normal atau rusak.

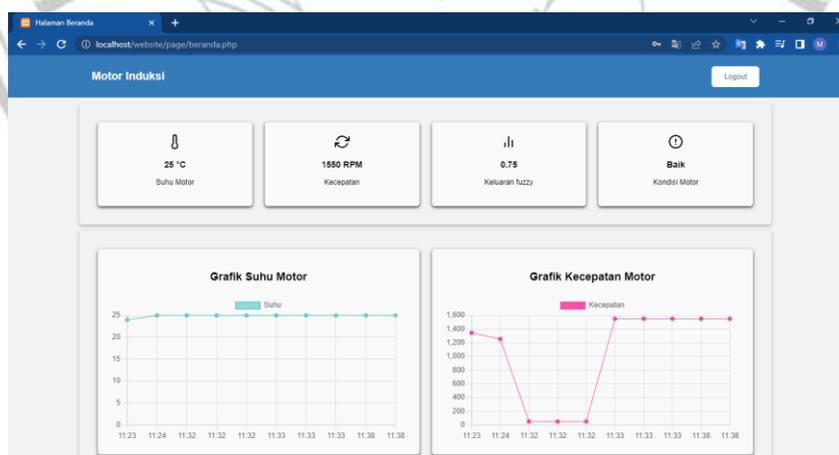
Dengan menggunakan langkah-langkah ini, sistem fuzzy dapat memberikan luaran yang berdasarkan penilaian kondisi suhu dan kecepatan motor, sehingga dapat membantu dalam mendeteksi apakah motor dalam kondisi normal atau rusak.

### 3.2.4 Desain Interface

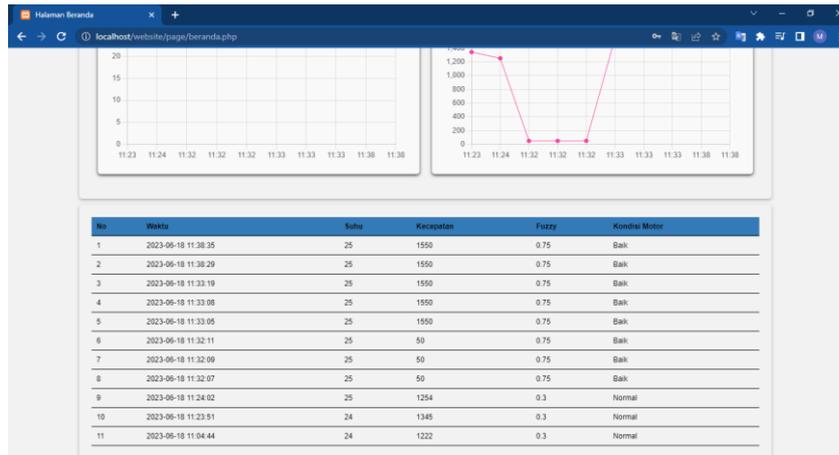
Interface dalam sistem yang dirancang menggunakan website. Interface yang digunakan untuk memudahkan dalam pemantauan kondisi dari motor Induksi. Website yang akan digunakan memiliki dua halaman, yaitu halaman login dan halaman utama. Halaman login didesain untuk keamanan sistem supaya tidak semua orang dapat mengakses, hanya orang yang memiliki akses yang dapat melihat kondisi motor induksi, gambar rancangan halaman login dapat dilihat pada gambar 3.8. Selanjutnya halaman utama, halaman ini berisi kondisi suhu dan kecepatan motor saat ini, serta terdapat grafik dan table untuk mengetahui kinerja dari motor induksi. Gambar 3.9 merupakan tampilan dari rancangan halaman utama dari interface sistem.



**Gambar 3. 8 Rancangan halaman login website**



(a)



(b)

**Gambar 3. 9 (a) dan (b) Rancangan halaman utama website**

### 3.3 Realisasi / Pembuatan Sistem

Tahap metodologi penelitian ini bertujuan untuk mewujudkan rancangan yang telah dibuat. Beberapa hal yang perlu dilakukan untuk membuat rancangan menjadi terwujud, diantaranya:

1. Pembuatan Perangkat keras berupa board PCB untuk peletakan komponen yang diperlukan, serta case untuk melindungi komponen, juga pengkabelan dari rangkaian yang telah dirancang.
2. Pembuatan Perangkat Lunak, seperti program yang dibuat menggunakan Bahasa C++ untuk memprogram mikrokontroler Arduino UNO dan ESP32 sebagai mikrokontroler utama.
3. Pembuatan Antarmuka, berupa website untuk melihat dan memonitor kondisi motor induksi yang dibuat berdasarkan rancangan menggunakan HTML dan PHP.

### 3.4 Uji Sistem Keseluruhan

Setelah sistem berhasil dibuat berdasarkan perancangan yang telah dibuat, Langkah selanjutnya yaitu menguji apakah sistem dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan rancangan. Pengujian ini meliputi :

#### 3.4.1 Pengujian Komunikasi data antar Mikrokontroler Arduino Uno dan ESP32.

Pengujian ini dilakukan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dengan ESP32 untuk mengetahui pengiriman data serial antar kedua mikrokontroler

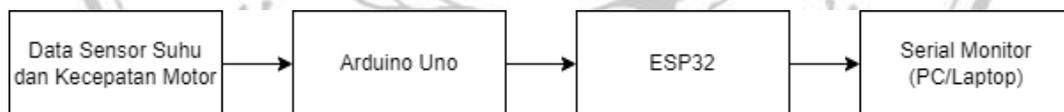
tersebut. Data yang akan dikirim menggunakan Arduino Uno berupa data sensor suhu dan kecepatan motor, untuk mengetahui keberhasilan dari pengiriman data ini dapat dilihat dalam serial monitor yang terdapat pada ESP32 berupa data yang sudah diparsing sesuai dengan penamaan yang telah dikirim oleh Arduino Uno

Untuk melakukan pengujian komunikasi serial antara Arduino Uno dan ESP32 maka diperlukan peralatan penunjang. Beberapa komponen dan peralatan penunjang dapat dilihat dalam tabel 3.2.

**Tabel 3. 2 Alat dan bahan pengujian pengiriman data**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	PC/Laptop	1 buah
2	ESP32	1 buah
3	Arduino UNO R3	1 buah
4	Project board	1 buah
5	Kabel jumper	4 buah

Dalam melakukan pengujian komponen dan peralatan penunjang ini harus dihubungkan secara benar. Untuk mengetahui sambungan yang sesuai untuk melakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 3.10. Dalam gambar Data yang akan dikirim berupa data sensor suhu dan kecepatan Motor, data tersebut dikirim menggunakan Arduino Uno kemudian akan diterima oleh ESP32, data yang diterima akan diparsing dan ditampilkan dalam serial monitor menggunakan PC/Laptop.



**Gambar 3. 10 Blok pengujian komunikasi serial Arduino uno dan ESP32**

Dalam Pengujian Komunikasi Data Arduino Uno dan ESP32, sambungan PIN untuk mengirim data dapat dilihat pada tabel 3.3. komunikasi Serial dapat dilakukan dengan menghubungkan Pin D0 Arduino dengan GPIO16 ESP32 dan Pin D1 Arduino dengan GPIO17 ESP32.

**Tabel 3. 3 Konfigurasi pin Arduino UNO dengan ESP32**

No	Pin Arduino UNO	Pin ESP32
1	5 V	VIN
2	GND	GND
3	D0 (RX)	GPIO16 (TX)
4	D1 (TX)	GPIO17 (RX)

Langkah Pengujian untuk mengetahui apakah Arduino Uno dengan ESP32 dapat berkomunikasi serial, berikut langkah yang harus dilakukan

1. Siapkan komponen dan peralatan penunjang seperti yang ada di tabel 3.2.
2. Hubungkan Arduino Uno dan ESP32 sesuai dengan konfigurasi Pin tabel 3.3.
3. Buka program Arduino IDE pada PC/Laptop
4. Hubungkan PC/laptop dengan Arduino Uno, kemudian upload program untuk mengirim data serial sesuai dengan lampiran 1.
5. Lepas sambungan Arduino Uno dengan PC/laptop, kemudian hubungkan PC/laptop dengan ESP32, kemudian upload program untuk menerima data serial sesuai dengan lampiran 2.
6. Buka Serial Monitor pada program Arduino IDE
7. Amati data dan catat hasil dari komunikasi data antara Arduino Uno dengan ESP32

#### **3.4.2 Pengujian Fuzzy Sugeno.**

Pengujian Fuzzy dilakukan dengan membandingkan antar hasil simulasi menggunakan MATLAB dan hasil program fuzzy Sugeno di Arduino. Selain itu tujuan dari pengujian fuzzy untuk melihat selisih error antara program fuzzy dengan simulasi di MATLAB. Untuk mendukung pengujian fuzzy ini dibutuhkan peralatan seperti pada tabel 3.4 berikut:

**Tabel 3. 4 Alat dan bahan pengujian fuzzy**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	PC/Laptop	1 buah
2	Software MATLAB	1 buah
3	Arduino Uno	1 buah
4	ESP32	1 buah

Tahapan pengujian ini dilakukan dengan menerima input dari Arduino Uno melalui komunikasi serial kemudian ESP32 akan menerima data tersebut dan diolah menggunakan fuzzy sugeno. Setelah itu hasil akan ditampilkan pada serial monitor yang berada pada PC/laptop, sedangkan untuk simulasi MATLAB input akan langsung dimasukkan dalam simulasi. Berikut prosedur pengujian fuzzy:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan sesuai pada tabel 3.4.
2. Siapkan PC/laptop yang sudah berisi software Arduino IDE.
3. Hubungkan mikrokontroler arduino ke *software* Arduino IDE, kemudian upload program khusus untuk board arduino sesuai lampiran.
4. Hubungkan ESP32 ke *software* Arduino IDE, kemudian upload program khusus untuk board ESP32 sesuai lampiran.
5. Amati nilai sensor suhu dan kecepatan yang dikirim, Selain itu amati pula hasil defuzzyfikasi dari sistem fuzzy pada ESP32.
6. Ambil data pengujian secara random, dan catat untuk disimulasikan kedalam MATLAB.
7. Buka software MATLAB pada PC/laptop.
8. Buka software simulasi fuzzy pada MATLAB, setelah terbuka kemudian masukkan model fuzzy yang telah dibuat kedalam software MATLAB.
9. Masukkan nilai suhu dan kecepatan yang telah didapatkan kedalam software simulasi MATLAB. Catat hasil simulasi dan program fuzzy pada arduino.
10. Bandingkan hasil simulasi dan program fuzzy pada arduino.
11. Analisa hasil pengujian yang telah didapatkan.

### 3.4.3 Pengujian Koneksi ESP32 ke WiFi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan konektivitas ESP32 dengan Wifi yang digunakan untuk menghubungkan ke Internet. Pengujian dilakukan dengan menguji kekuatan sinyal WiFi dengan jarak saat pengujian. Peralatan yang dibutuhkan dalam melakukan uji coba ini dapat dilihat pada Tabel 3.5.

**Tabel 3. 5 Peralatan pengujian koneksi ESP32 dengan WIFI**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	PC/Laptop	1 buah
2	ESP32	1 buah
3	Router	1 buah
4	Penggaris/Alat ukur jarak	1 buah

Langkah – Langkah untuk melakukan pengujian koneksi ESP32 dengan WiFi dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan yang disediakan dengan mengikuti prosedur berikut:

1. Siapkan Peralatan yang ada pada tabel 3.5
2. Hidupkan Router dan pastikan dapat terdeteksi oleh perangkat lain
3. Buka Arduino IDE pada PC/Laptop
4. Hubungkan ESP32 dan PC/Laptop, kemudian upload program untuk menghitung kekuatan sinyal WiFi (RSSI) seperti pada Lampiran
5. Siapkan jarak dengan menggunakan alat ukur jarak
6. Setiap jarak 1 meter dari router catat hasil RSSI

### 3.4.4 Pengujian Pengiriman Data ke Database

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data dari ESP32 menuju ke database. Data dari ESP32 yang akan dikirim berupa data string yang berisi data suhu, kecepatan motor, fuzzy dan kondisi dari motor induksi. kemudian data akan di parsing oleh database menjadi bentuk tabel. Untuk melakukan pengujian ini diperlukan beberapa perangkat sebagai berikut:

**Tabel 3. 6 Peralatan pengujian pengiriman data ke database**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	PC/Laptop	1 buah
2	ESP32	1 buah
3	Router	1 buah
4	Database	1 buah

Langkah – Langkah dalam menguji pengiriman data dari ESP32 ke Database dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Siapkan Peralatan yang ada pada tabel 3.6
2. Hubungkan ESP32 ke PC/Laptop, buka Arduino IDE dan upload program sesuai dengan lampiran
3. Pastikan ESP32 terhubung dengan router yang memiliki akses internet
4. Data akan secara otomatis terkirim berdasarkan program
5. Buka database dan lihat data yang terkirim.

#### **3.4.5 Pengujian Antarmuka Website untuk Monitoring Motor Induksi.**

Pengujian antarmuka website ini bertujuan untuk membuktikan apakah website yang sudah dibangun sudah sesuai dengan rancangan. Selain itu menguji apakah data yang terdapat dalam database dapat ditampilkan dengan benar. Data yang harus ditampilkan dalam website berupa data Suhu dan kecepatan Motor, nilai fuzzy dan kondisi motor induksi. Terdapat grafik untuk mempermudah pemantauan dengan melihat data sebelumnya yang ditampilkan lebih menarik, selain itu juga terdapat Tabel untuk mempermudah membandingkan data sekarang dan data sebelumnya.

Untuk melakukan percobaan website ini diperlukan peralatan pendukung. Peralatan pendukung ini akan dijelaskan dalam tabel 3.7

**Tabel 3. 7 Peralatan pengujian website**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	PC/Laptop	1 buah
2	SmartPhone	1 buah
3	Router	1 buah

Untuk melakukan pengujian dapat mengikuti Langkah – Langkah berikut:

1. Siapkan peralatan seperti pada tabel 3.7
2. Pastikan Router memiliki akses internet
3. Kemudian buka website “monitoringsistem.my.id” menggunakan PC/laptop atau menggunakan Smartphone
4. Halaman yang akan Muncul pertama kali adalah halaman login, masukan ID = “admin” dan password = “admin” untuk melanjutkan masuk ke halaman monitoring.
5. Amati data yang berada pada website, kemudian bandingkan data yang berada pada database

Dalam pengujian ini akan dilakukan beberapa pengulangan untuk mendapatkan data yang diperlukan serta mengetahui keakuratan dari sistem yang dibuat. Data yang didapat akan dicatat untuk keperluan pengolahan dan analisis data.

### **3.5 Pengolahan data dan Analisis**

Tahap terakhir dari penelitian ini yaitu pengolahan data dan analisis. Dari data yang didapat, pengolahan data diperlukan dengan membandingkan data dengan alat ukur yang cocok untuk kasus yang dihadapi. Kemudian data akan dianalisis dan dievaluasi untuk mendapatkan hasil akhir yang sesuai dengan perancangan. Dari hasil tersebut akan mendapatkan sebuah kesimpulan dari sistem yang dirancang sesuai dengan studi kasus yang dihadapi, yaitu untuk pembuatan sistem monitoring kondisi motor induksi berbasis Internet of Things (IoT).