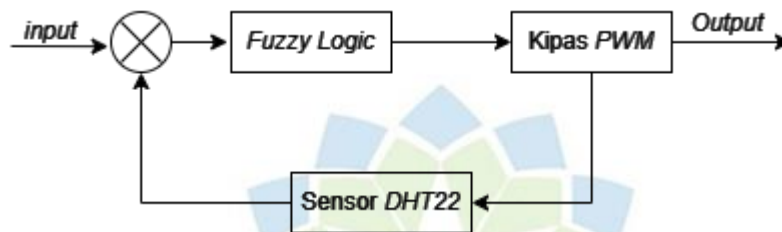


BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

4.1. Perancangan Sistem

Pada bab perancangan sistem ini akan menguraikan secara detail bagaimana sistem pendingin menggunakan kipas PWM pada motor induksi dirancang. Berikut komponen yang terlibat dalam perancangan ini untuk mencapai tujuan sistem yang diinginkan terdapat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Perancangan sistem.

4.2. Perancangan Perangkat Keras

Pada tahap perancangan ini menjelaskan bagaimana perancangan perangkat keras (*Hardware*) untuk kebutuhan yang digunakan terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kebutuhan perangkat keras.

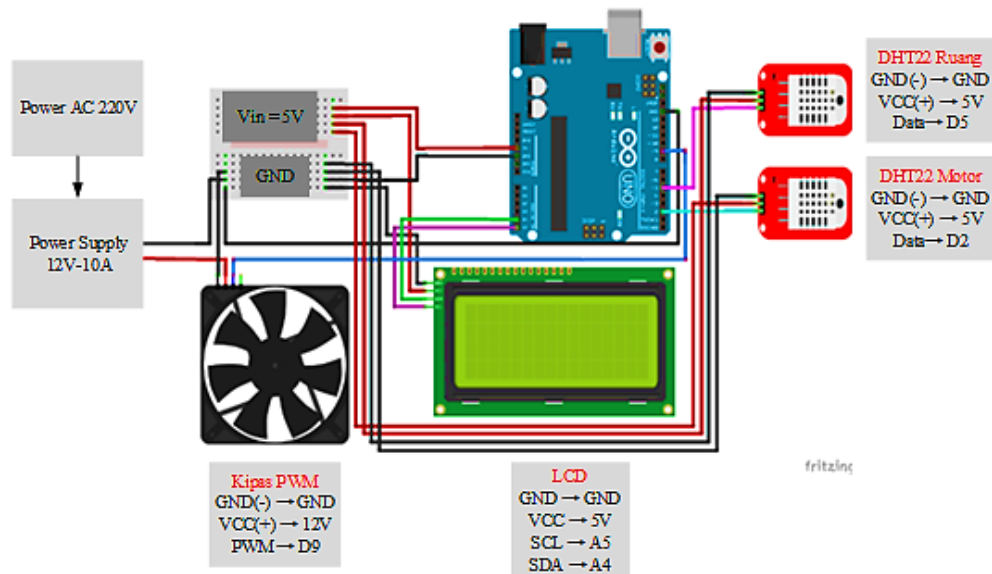
Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	Nama Alat	Jumlah	Keterangan
	1. Motor Induksi	1 buah	1 fasa, tipe B-200, 220V/50Hz, <i>Current</i> 1,1A <i>Speed</i> 2800 R.P.M
	2. Kipas PWM	1 buah	
	3. Sensor Temperatur motor dan ruang	2 buah	DHT 22
	4. Arduino UNO	1 buah	
	5. LCD	1 buah	Ukuran 20x4
	6. Kabel <i>Jumper</i>	Secukupnya	
	7. <i>Tachometer</i>	1 buah	
	8. <i>Thermogun</i>	1 buah	

Pada bagian *input*, terdapat tiga komponen utama yang berfungsi sebagai sumber daya dan masukan sistem. Komponen pertama adalah sumber daya AC 220 V yang diambil dari listrik PLN untuk memberikan pasokan utama dan tegangan AC 220 V yang diperlukan untuk menjalankan seluruh sistem. Komponen kedua adalah *power supply* 12 V yang bertugas mengonversi tegangan AC menjadi tegangan DC yang stabil, dengan *output* 12 V. Komponen ketiga adalah tegangan 5 V yang berfungsi untuk menghubungkan mikrokontroler Arduino Uno.

Sementara itu, pada bagian *plant*, terdapat kipas PWM yang akan mendinginkan. Motor induksi menghasilkan panas saat beroperasi, sehingga temperatur kerjanya perlu dijaga di bawah batas aman. Kipas PWM mengatur kecepatan putaran kipas secara proporsional dengan sinyal keluaran dari pengolah data Arduino Uno. Dengan demikian, kecepatan kipas dapat diatur untuk menjaga temperatur motor induksi sesuai dengan yang diinginkan.

Selanjutnya, bagian pengolahan data mencakup penggunaan Arduino Uno sebagai pengolah data inti sistem. Arduino Uno menerima data temperatur dari sensor DHT22 dan melakukan perhitungan *Fuzzy logic* berdasarkan perbedaan temperatur aktual motor dan set point temperatur (50°C). Sinyal kontrol dikirim ke kipas PWM untuk mengatur kecepatan putaran kipas secara otomatis. Untuk bagian *feedback*, sistem pendingin ini menggunakan sensor DHT22. Sensor ini secara terus-menerus mengukur temperatur motor induksi dan temperatur ruangan, dan data yang diperoleh dikirim ke Arduino Uno untuk proses kontrol PID. Dengan adanya *feedback* dari sensor DHT22, sistem dapat beroperasi secara real-time dan mengoptimalkan responsnya terhadap perubahan temperatur.

Komponen *output* dari sistem ini adalah PWM dan LCD (*Liquid Crystal Display*) yang menampilkan informasi temperatur aktual motor dan temperatur ruangan. Hal ini memudahkan pemantauan kinerja sistem dan memastikan bahwa temperatur motor induksi tetap berada dalam kisaran temperatur yang diinginkan. Untuk skematik rangkaian nya dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Skematik rangkaian.

Untuk komponen dan pin yang digunakan dapat Dilihat pada Tabel 4.2 Instalasi pin pada Arduino.

Tabel 4. 2 Instalasi pin pada Arduino.

Nama Komponen	Pin Komponen	Instalasi
DHT22 Pada motor	VCC	Pin 5V Arduino UNO
	GND	Pin GND Arduino UNO
	<i>OUTPUT</i>	Pin D2 Arduino UNO
DHT22 Pada Ruangan	VCC	Pin 5V Arduino UNO
	GND	Pin GND Arduino UNO
	<i>OUTPUT</i>	Pin D5 Arduino UNO
LCD 20X4	VCC	Pin 5V Arduino UNO
	GND	Pin GND Arduino UNO
	SDA	Pin A4 Arduino UNO
	SCL	Pin A5 Arduino UNO
Kipas PWM	VCC	Power supply 12V (+ dan -)
	GND	Pin GND Arduino UNO
	TACHOMETER	(Tidak digunakan)
	PWM	Pin D9 Arduino UNO

Pada perancangan sistem ini digunakan beberapa komponen elektronik maupun non-elektronik pendukung. Dapat dilihat pada Tabel 4.3 nama dan jumlah komponen dan perangkat yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 4. 3 Komponen sistem.

No.	Nama	Jumlah
1.	Arduino UNO	1 buah
2.	Motor Induksi tipe B	1 buah
3.	Kipas PWM	1 buah
4.	Sensor DHT22	2 buah
5.	LCD 20x4	1 buah
6.	Power Supply 12V	1 buah
7.	Kabel Jumper	Secukupnya

4.3. Perancangan *Fuzzy logic*

Pada penelitian ini perangkat lunak Arduino IDE digunakan untuk memrogram Arduino UNO yang berbasis *fuzzy logic*.

4.3.1. Membentuk Himpunan Fuzzy (*Membership Function*)

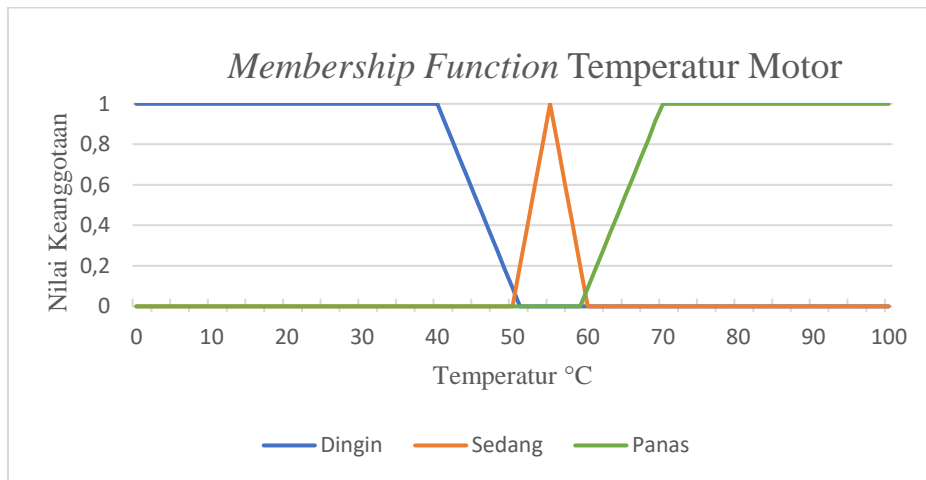
A. Membentuk Himpunan Fuzzy *Input*

Pada sistem ini *input* yang digunakan hanya 1, yaitu sensor temperatur DHT22, dan dibutuhkan variabel dan dibutuhkannya istilah linguistic untuk memudahkan perancangan sistem kendali pada penelitian ini. Istilah linguistic pada fungsi keanggotaan sensor DHT22 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Linguistik *input* sensor temperatur motor DHT22.

Istilah Linguistik	Temperatur Motor (°)
Dingin	[0 0 40 51]
Sedang	[50 55 60]
Panas	[59 70 100 100]

Pada proses *Fuzzy logic* ditentukan sebuah himpunan Fuzzy yang dibuat secara manual dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Grafik *membership function* temperatur motor.

Berdasarkan pada Gambar 4.3 didapat persamaan sebagai berikut:

$$\mu_{dingin}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 40; \\ \frac{51 - x}{51 - 40}, & 40 < x < 51; \\ 0, & x \geq 51 \end{cases} \quad 4.1$$

$$\mu_{sedang}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 50 \text{ atau } x \geq 60; \\ \frac{x - 50}{55 - 50}, & 50 < x < 55; \\ \frac{60 - x}{60 - 55}, & 55 < x < 60; \\ 1, & x = 55 \end{cases} \quad 4.2$$

$$\mu_{panas}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 59; \\ \frac{x - 59}{70 - 59}, & 59 < x < 70; \\ 1, & x \leq 100 \end{cases} \quad 4.3$$

Fungsi keanggotaan untuk variabel sensor temperatur DHT22 diatur dengan range [0 0 40 52]. Fungsi keanggotaan diubah namanya menjadi Dingin, menggunakan tipe trimf (fungsi keanggotaan trapesium), dan kemudian memasukkan nilai [50 55 60] Fungsi keanggotaan diubah namanya menjadi Sedang, menggunakan tipe trimf (fungsi keanggotaan segitiga), kemudian memasukkan nilai [50 70 100 100] Fungsi keanggotaan diubah namanya menjadi

Panas, menggunakan tipe trapf (fungsi keanggotaan trapesium) Persamaan fungsi keanggotaan sensor temperatur DHT22 dapat dilihat pada Persamaan 4.1, 4.2 dan 4.3. Berdasarkan pada Persamaan 4.1 yang telah dijabarkan sebelumnya, maka diperoleh persamaan 4.4.

$$\mu_{sedang}(53^{\circ}) = 0,6 \quad 4.4$$

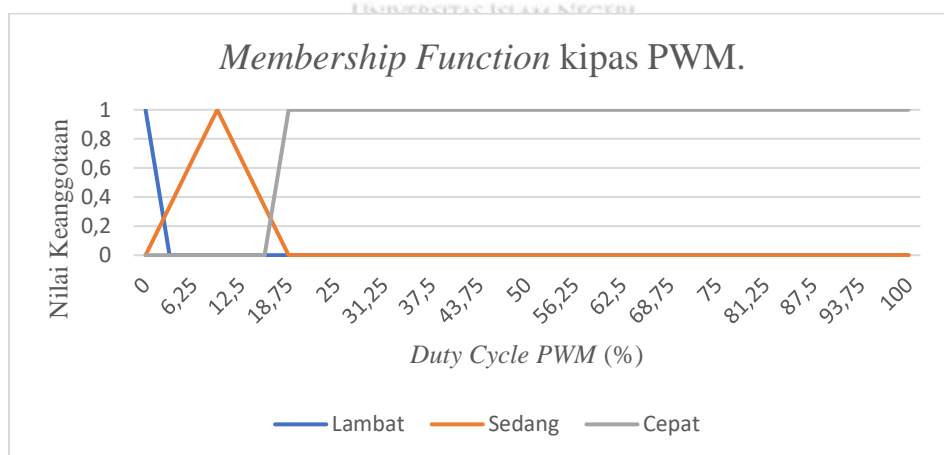
B. Membership Function Output

Pada sistem ini dibuat *membership function* pada sistem pendingin yaitu kipas PWM. Karena banyak variabel yang digunakan, istilah linguistik harus digunakan untuk memudahkan sistem kendali yang dirancang dalam penelitian ini seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Linguistik *output* kipas PWM.

Istilah Linguistik	Duty Cycle PWM (%)
Lambat	[0 0 0 6,25]
Sedang	[0 9,68 18,75]
Cepat	[15,6 18,75 100 100]

Pada proses *Fuzzy logic* ditentukan sebuah himpunan secara manual yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 menunjukkan grafik *membership function* dari kipas PWM.



Gambar 4. 4 Grafik *membership function* kipas PWM.

Berdasarkan pada Gambar 4.4 didapat persamaan sebagai berikut

$$\mu_{lambat}[x] = \begin{cases} 1, & x = 0; \\ \frac{6,25 - x}{6,25 - 0}, & 0 < x < 6,25; \\ 0, & x \geq 6,25 \end{cases} \quad 4.6$$

$$\mu_{sedang}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 18,75; \\ \frac{x - 0}{9,68 - 0}, & 0 < x < 9,68; \\ \frac{18,75 - x}{18,75 - 9,68}, & 9,68 < x < 18,75; \\ 1, & x = 9,68 \end{cases} \quad 4.7$$

$$\mu_{cepat}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 15,6; \\ \frac{x - 15,6}{18,75 - 15,6}, & 15,6 < x < 18,75; \\ 1, & x \geq 18,75 \end{cases} \quad 4.8$$

Fungsi keanggotaan untuk variabel kipas PWM diatur dengan range [0 0 0 6,25]. Fungsi keanggotaan diubah namanya menjadi Lambat, menggunakan tipe trimf (fungsi keanggotaan trapesium), dan kemudian memasukkan nilai [0 9,68 18,75] Fungsi keanggotaan diubah namanya menjadi Sedang, menggunakan tipe trimf (fungsi keanggotaan segitiga), kemudian memasukkan nilai [15,6 18,75 100] Fungsi keanggotaan diubah namanya menjadi Cepat, menggunakan tipe trapf (fungsi keanggotaan trapesium) Persamaan fungsi keanggotaan kipas PWM dapat dilihat pada Persamaan 4.6, 4.7 dan 4.8.

4.3.2. Aplikasi Fungsi Implikasi (*Rules*)

Setelah pendefinisian *membership function* pada sensor temperatur motor DHT22 serta kipas PWM sebagai *input* dan *output* dari sistem tersebut, maka aturan fuzzy didefinisikan sebagai probabilitas sensor dan motor yang menjadi parameter untuk proses penentuan *output*. Pada Tabel 4.6 terdapat tiga kemungkinan yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 4. 6 *Fuzzy rule base*.

Rule	Input	Output
	Temperatur Motor DHT22	Kipas PWM
R1	Dingin	Lambat
R2	Sedang	Sedang
R3	Panas	Cepat

Pada Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa ketika temperatur dingin, maka kipas akan diatur berputar dengan kecepatan lambat untuk menghindari kedinginan yang berlebihan lalu jika temperatur sedang, maka kecepatan kipas akan diatur sedang agar lingkungan tetap nyaman dan stabil selanjutnya temperatur panas, maka kipas akan diatur berputar dengan kecepatan cepat untuk mendinginkan lingkungan dengan lebih efisien dan menyediakan kesejukan yang diperlukan.

Fungsi implikasi yang digunakan dalam proses ini adalah fungsi *MIN* karena *rule base Fuzzy* yang dibangun adalah fungsi *AND*. Dengan fungsi *MIN* maka diambil ° keanggotaan minimum dari variabel *input* sebagai *outputnya*. Berdasarkan *rule base* yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 kondisi pada kasus ini menunjukkan ada 2 aturan yang memberikan nilai (memenuhi) yaitu [R2].

[R2] = Jika temperatur motor sedang maka kipas PWM bergerak sedang.

$$\lambda[R2] = \mu_{sedang}$$

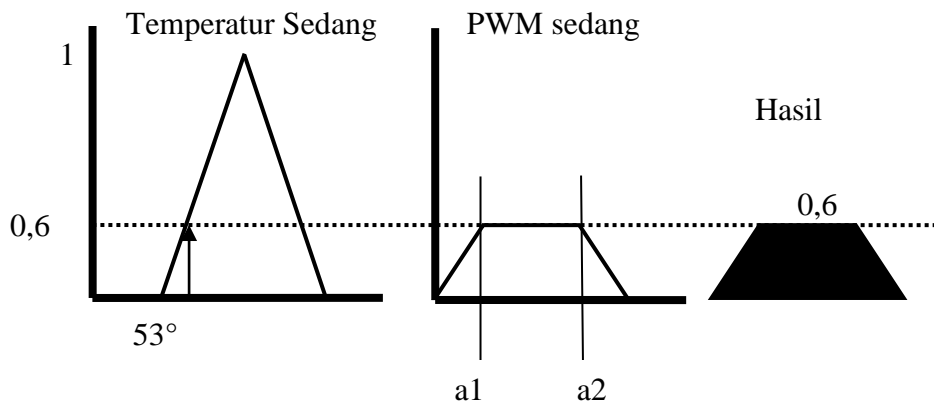
$$\lambda[R2] = \min\{0,6\}$$

4.10

$$\lambda[R2] = 0,6$$

4.3.3. Komposisi Aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Hasilnya seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hasil daerah komposisi.

Pada Gambar 4.5 daerah hasil komposisi dari membership function dan rules yang telah dibuat sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah mencari nilai a_1 dengan persamaan:

$$0.6 = \frac{a_1 - 0}{9,68 - 0} \rightarrow a_1 = 5,808 \quad 4.11$$

$$0,6 = \frac{18,75 - a_2}{18,75 - 9,68} \rightarrow a_2 = 13,3 \quad 4.12$$

Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah:

$$\mu[z] = \begin{cases} \frac{z - 0}{9,68 - 0}, & x < 5,808; \\ 0,6, & 5,808 < x < 13,3 \\ \frac{18,75 - z}{9,68 - 0}, & x > 13,3 \end{cases} \quad 4.13$$

4.3.4. Penegasan (Defuzifikasi)

Metode penegasan yang akan digunakan adalah metode *centroid*. Untuk itu, kita hitung momen untuk setiap daerah.

$$M_1 = \int_0^{5,808} \left(\frac{z}{9,68}\right)z dz = 6,74 \quad 4.14$$

$$M_2 = \int_{5,808}^{13,3} 0,6 z dz = 42,9 \quad 4.15$$

$$M_3 = \int_{13,3}^{18,75} \frac{18,75 - z}{9,68} z \, dz = 23,2 \quad 4.16$$

Kemudian kita hitung untuk setiap daerah nya:

$$A_1 = \frac{5,808 \times 0,6}{2} = 1,7424 \quad 4.17$$

$$A_2 = (13,3 - 5,808) \times 0,6 = 4,4952 \quad 4.18$$

$$A_3 = \frac{18,75 - 13,3}{2} \times 0,6 = 1,635 \quad 4.19$$

Titik pusat dapat diperoleh dari:

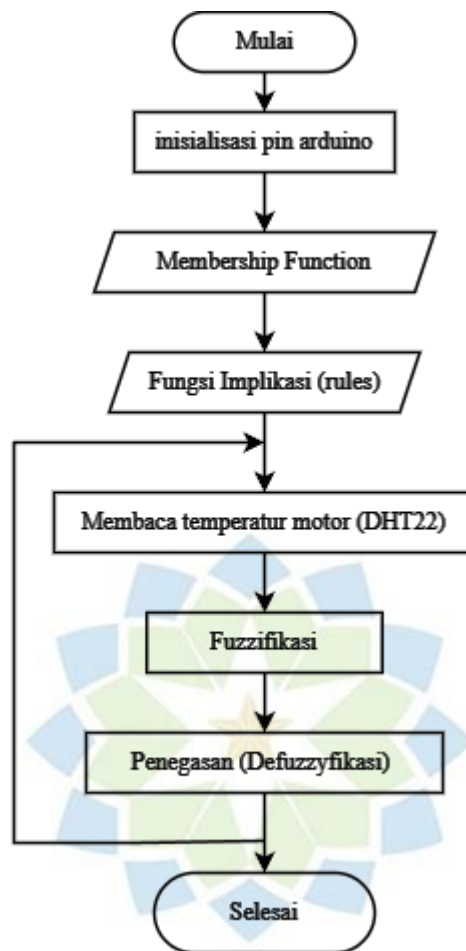
$$z = \frac{6,74 + 42,9 + 23,2}{1,7424 + 4,4952 + 1,635} = \frac{72,85}{7,8726} = 9,25 \quad 4.20$$

4.4. Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini ada beberapa kebutuhan perangkat lunak dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan perangkat lunak Arduino IDE digunakan untuk memrogram Arduino UNO yang berbasis *fuzzy logic* dan *flowchart* membuat *source code* dijelaskan pada Gambar 4.6.

Tabel 4. 7 Kebutuhan perangkat lunak.

Perangkat	Nama	Jumlah	Keterangan
Lunak (Software)	1. Arduino IDE	1 buah	Digunakan untuk membuat program pada Perangkat lunak Arduino Uno dan mengirimkan hasil kompilasi ke Arduino Uno.
	2. Fritzing	1 buah	Untuk membuat skematik rangkaian
	3. PLX	1 buah	Untuk merekam temperatur pada motor diap 1 detik.



Gambar 4. 6 *Flowchart* perancangan perangkat lunak.

Berikut adalah penjelasan rinci mengenai *flowchart* dari tahapan-tahapan yang telah disebutkan pada Gambar 4.6:

1. Membuat Himpunan Fuzzy (*Membership Function*)

Berdasarkan metode Mamdani, variabel *input* dan *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan Fuzzy, dan setiap variabel *input* dan *output* memiliki variable linguistik. Fungsi keanggotaan adalah kurva yang menunjukkan penetapan titik masukan data dalam nilai keanggotaannya dengan interval antara 0 dan 1.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Setelah variabel *input* dan *output* didapatkan, langkah selanjutnya pada metode Mamdani adalah menentukan aplikasi fungsi implikasi. Fungsi implikasi

adalah struktur logis yang terdiri dari seperangkat premis dan kesimpulan. Fungsi implikasi berguna untuk mengetahui hubungan antara premis dan kesimpulan.

3. Komposisi Aturan

Setelah didapatkan hasil dari fungsi implikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan komposisi dari setiap aturan dan metode yang digunakan untuk melakukan inferensi sistem Fuzzy yaitu metode MAX.

4. Penegasan (Defuzifikasi)

Proses defuzzifikasi dipergunakan untuk menafsirkan nilai keanggotaan Fuzzy menjadi keputusan tertentu atau bilangan real. *Input* dari proses defuzzifikasi adalah himpunan Fuzzy, sedangkan *output* yang dihasilkan berupa bilangan pada domain himpunan Fuzzy.

4.5. Implementasi Sistem

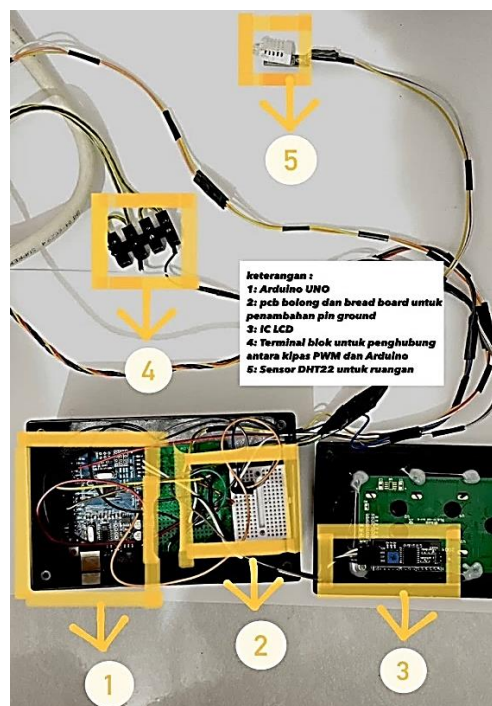
Implementasi pada penelitian ini merupakan realisasi dari hasil yang telah dibahas sebelumnya, yang mengarah pada tindakan, aktivitas, atau mekanisme yang dirancang secara terperinci dan telah disusun secara matang. Hasil implementasi Perangkat keras tersebut kemudian diterapkan pada Perangkat lunak yang saling terhubung menjadi sebuah sistem.

4.6. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras untuk sistem pendingin menggunakan kipas PWM pada motor induksi berbasis *fuzzy logic*. Mamdani melibatkan sejumlah komponen krusial. Komponen-komponen yang digunakan dalam sistem ini mencakup motor induksi 1 fasa, dua sensor temperatur DHT22 yang bertugas untuk mengukur temperatur pada motor dan ruangan. Penempatan sensor DHT22 pada motor dapat dilihat pada Gambar 4.7 serta penempatan DHT22 pada ruangan pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 7 Penempatan sensor DHT22 pada motor induksi.



Gambar 4. 8 Implementasi perangkat keras.

Arduino Uno sebagai otak dari sistem pengendalian, Kipas PWM yang berfungsi sebagai perangkat untuk mengatur kecepatan kipas secara presisi, LCD 20x4 sebagai alat untuk menampilkan informasi temperatur dan pengaturan kipas, dan *power supply* yang menyediakan sumber daya untuk mengoperasikan kipa

Proses implementasi dimulai dengan menyambungkan sensor temperatur DHT22 pada motor induksi dan di ruangan pengujian untuk mengambil bacaan temperatur dari kedua sumber. Data temperatur yang diperoleh dari kedua sensor akan diproses oleh Arduino Uno dengan menggunakan *fuzzy logic* Mamdani yang

telah dirancang sebelumnya untuk menentukan tingkat kecepatan yang optimal pada Kipas PWM.

Kipas PWM dihubungkan ke power supply untuk memastikan pasokan daya yang stabil dan akan diatur menggunakan sinyal PWM yang dihasilkan oleh Arduino Uno berdasarkan hasil perhitungan *fuzzy logic*. Selanjutnya, kecepatan kipas yang diatur akan ditampilkan pada LCD 20x4 untuk memudahkan pemantauan temperatur dan status kipas dalam sistem. Dengan adanya implementasi perangkat keras ini, sistem pendingin berbasis kipas PWM pada motor induksi berbasis *fuzzy logic* Mamdani dapat beroperasi secara otomatis, mengontrol kecepatan kipas secara tepat sesuai dengan perubahan temperatur yang diukur oleh kedua sensor temperatur, dan menyajikan informasi temperatur dan pengaturan kipas dengan jelas melalui LCD.

4.7. Implementasi Perangkat Lunak.

Implementasi perangkat lunak dalam konteks pengembangan software memiliki peran penting dalam mewujudkan tahapan realisasi dari perancangan yang telah dirancang sebelumnya. Arduino IDE, sebagai alat yang sangat berguna dalam implementasi ini, memberikan fasilitas untuk menulis, mengedit, dan mengelola kode program yang berhubungan langsung dengan seluruh rangkaian proses, mulai dari tahap *input* hingga mencapai tahap *output* dalam konteks penggunaan *fuzzy logic*.

Dalam aplikasi ini, program dikembangkan untuk mengatur proses pada *input* dan menghasilkan *output* sesuai dengan keinginan. Proses pengimplementasian perangkat lunak pada sistem ini mencakup dua tahap utama. Pertama, dilakukan pembuatan *source code* pada Arduino IDE, yang merupakan langkah kritis dalam mengimplementasikan algoritma *Fuzzy logic* yang telah dirancang. Kedua, dilakukan pemodelan *Fuzzy logic*, di mana program dikembangkan untuk mengatur proses pada *input* dan menghasilkan *output* yang diinginkan. Dengan demikian, pengimplementasian Perangkat lunak pada penelitian ini melibatkan pengembangan program mikrokontroler menggunakan Arduino IDE dan penerapan model *Fuzzy logic* yang telah direncanakan sebelumnya.

Fuzzy logic, sebagai metode yang digunakan dalam proses ini, dilihat pada Lampiran 1. Fuzzy memungkinkan untuk memperlakukan ketidakpastian dan keambiguan dalam data dengan lebih fleksibel. Oleh karena itu, implementasi perangkat lunak dalam hal ini mengarah pada pemanfaatan *fuzzy logic* untuk mengolah data masukan menjadi keluaran yang lebih adaptif dan relevan. Bahasa pemrograman yang digunakan, mulai dari C hingga C++, memberikan kerangka kerja untuk mengkodekan berbagai aturan-aturan fuzzy, melakukan operasi matematika yang diperlukan untuk memproses data masukan, dan menghasilkan keluaran yang sesuai. Source code ini menggunakan library yang di unduh dari web git.hub <https://github.com/alvesoj/eFLL/> .

