

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Penyusunan skripsi ini merupakan penelitian yang berdasar pada masalah produktivitas pada dunia pertanian. Dengan merancang suatu pengontrol suhu pada alat pengering biji kopi, diharapkan proses pengeringan dapat berjalan dengan baik dan mendapatkan biji kopi yang berkualitas, serta sesuai dengan kadar air yang diharapkan.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Penentuan spesifikasi alat
2. Studi Literatur
3. Perancangan dan pembuatan alat
4. Deskripsi cara kerja sistem
5. Pengujian alat
6. Pengambilan kesimpulan

3.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara keseluruhan harus ditentukan terlebih dahulu agar didapatkan kinerja system yang efektif dan sesuai yang diinginkan. Spesifikasi alat yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

1. Alat pengering biji kopi yang digunakan memiliki panjang 30 cm, lebar 30 cm , tinggi 45 cm dengan bahan multiplek.
2. Sensor suhu yang digunakan adalah SHT11.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino uno.
4. Kontroler yang digunakan adalah Kontrol Logika Fuzzy.
5. *Software* yang digunakan untuk pemrograman adalah arduino 1.6.11.
6. Aktuator berupa 2 buah lampu pijar 100 watt, dan 2 buah kipas DC.
7. Nilai dari M_p (*maximum overshoot*) dan E_{ss} (*error steady state*) tidak melebihi 5 %
8. Kadar air dari biji kopi setelah dipanaskan maksimal adalah 13 %
9. Lama waktu pemanasan biji kopi adalah 10 jam.
10. Kelembaban di dalam box pengering setelah dipanaskan maksimal sebesar 30 %

3.2 Studi Literatur

Pada penyusunan skripsi ini, studi literatur dilakukan untuk pengumpulan data dan pengetahuan dasar tentang segala sesuatu yang mendukung perancangan serta perealisasiian alat pengontrol suhupada proses pengeringan biji kopi. Data-data yang dibutuhkan dalam pembuatan alat ini diambil dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian dan situs-situs di internet untuk mengetahui karakteristik komponen, prinsip kerja serta teori yang menunjang. Adapun teori-teori yang dikaji adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik biji kopi robusta
2. Hal-hal yang berhubungan dengan proses pengeringan biji kopi robusta
3. Karakteristik sensorSHT11
4. Sistem kerja mikrokontroler arduino uno
5. Cara pemrograman bahasa C++ pada *software* arduino 1.6.11
6. Prinsip kerja kontroler logika Fuzzy
7. Prinsip kerja pengendalian motor dc dalam perubahan nilai pwm
8. Prinsip kerja relay

3.3 Perancangan Alat

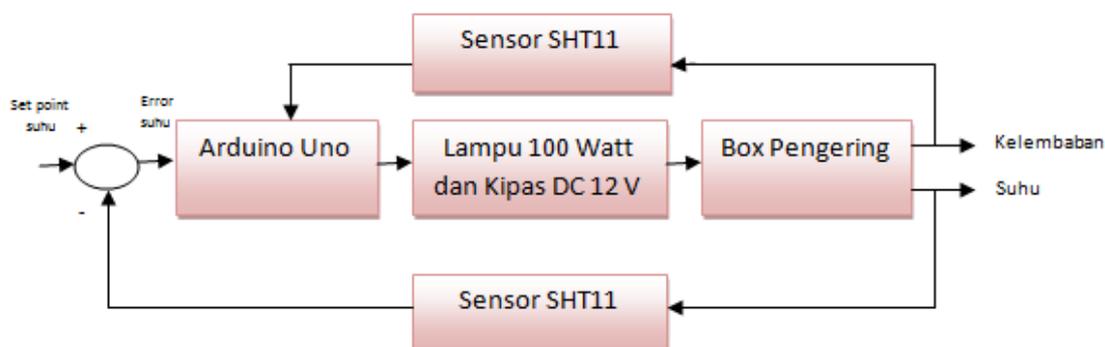
Perancangan ini bertujuan untuk mendeskripsikan cara kerja sistem secara keseluruhan sehingga memudahkan dalam proses perancangan alat pengering biji kopi. Sensor suhu diletakkan di dalam alat pengering yang akan membaca kondisi suhu, kemudian memberikan sinyal informasi. Sensor suhu yang digunakan adalah sensor SHT11 yang memiliki keluaran Digital. *Output* sensor berupa informasi yang dapat langsung dikirim ke mikrokontroler arduino uno, kemudian akan diolah dan diproses menggunakan kontrol logika Fuzzy. Suhu di dalam alat pengering biji kopi akan dijaga konstan pada *setpoint* 55°C dengan memanfaatkan 2 lampu pijar 100 watt, 2 buah kipas DC 12V.

Apabila sensor SHT11 mendeteksi tingkat perubahan suhu yang tidak sesuai dengan *setpoint*, sensor akan mengirim sinyal ke mikrokontroler sehingga program pada mikrokontroler mulai dieksekusi, kemudian aktuator yang dibutuhkan akan menyala sampai suhumencapai *setpoint* yang diinginkan.

Kontrol logika Fuzzy yang terdapat pada sistem berfungsi sebagai pengolah nilai masukan dari sensor yang akan menggerakkan aktuator untuk mencapai *setpoint* yang sudah ditentukan dengan waktu tercepat. Respon yang dikeluarkan oleh mikrokontroler berupa sinyal 1 atau 0 sebagai input relay yang akan mengaktifkan lampu, serta sinyal PWM akan dimasukkan ke input *driver* motor yang berfungsi sebagai pengontrol kecepatan motor kipas DC.

3.3.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok perancangan sistem ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

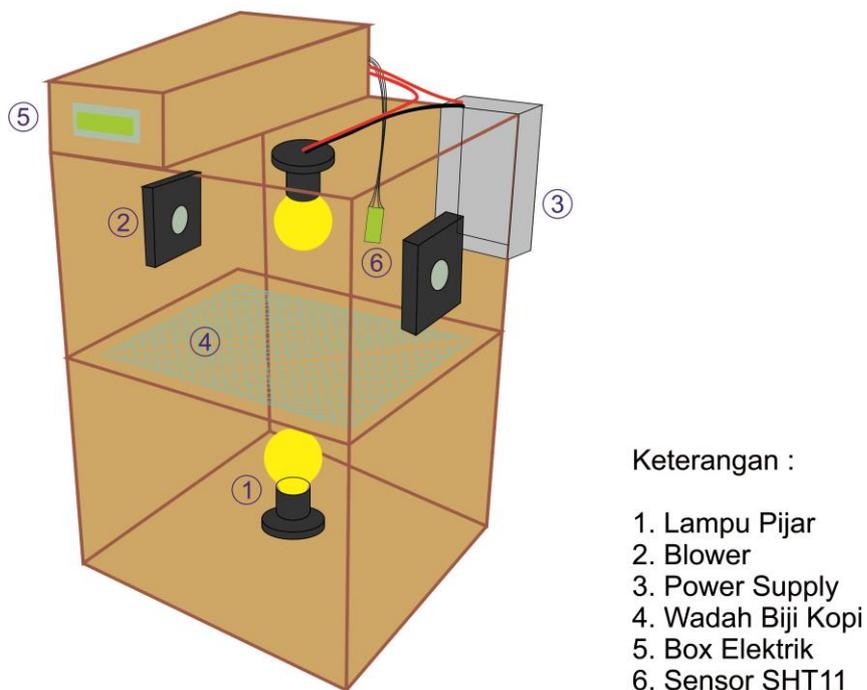
Keterangan blok diagram Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

1. Sensor SHT11 berfungsi membaca kondisi suhu pada alat pengering dan sebagai *input* untuk mikrokontroler arduino uno.
2. Aktuator pengendali suhu yang digunakan adalah 2 lampu pijar 100 watt yang akan menyala bila suhu terbaca dibawah *set point* dan akan mati jika suhu yang terbaca berada diatas *set point* serta 2 buah kipas DC di mana kipas pertama mengeluarkan udara panas dari dalam dan kipas kedua mengambil udara dingin dari luar ruangan tempat pengeringan yang dikendalikan dengan Kontrol Logika Fuzzy.
3. *Driver* motor L298N digunakan sebagai perantara control dengan masukan PWM dan keluaran analog.
4. Mikrokontroler arduino uno digunakan sebagai pengontrol utama dan akses untuk seluruh sistem.
5. Output sistem berupa suhu dan kelembaban

3.3.2 Perancangan Perangkat Keras

Skema perancangan sistem dapat dilihat dalam Gambar 3.2

Desain Alat Pengering Biji Kopi



Gambar 3.2 Skema Keseluruhan Sistem (Perancangan)

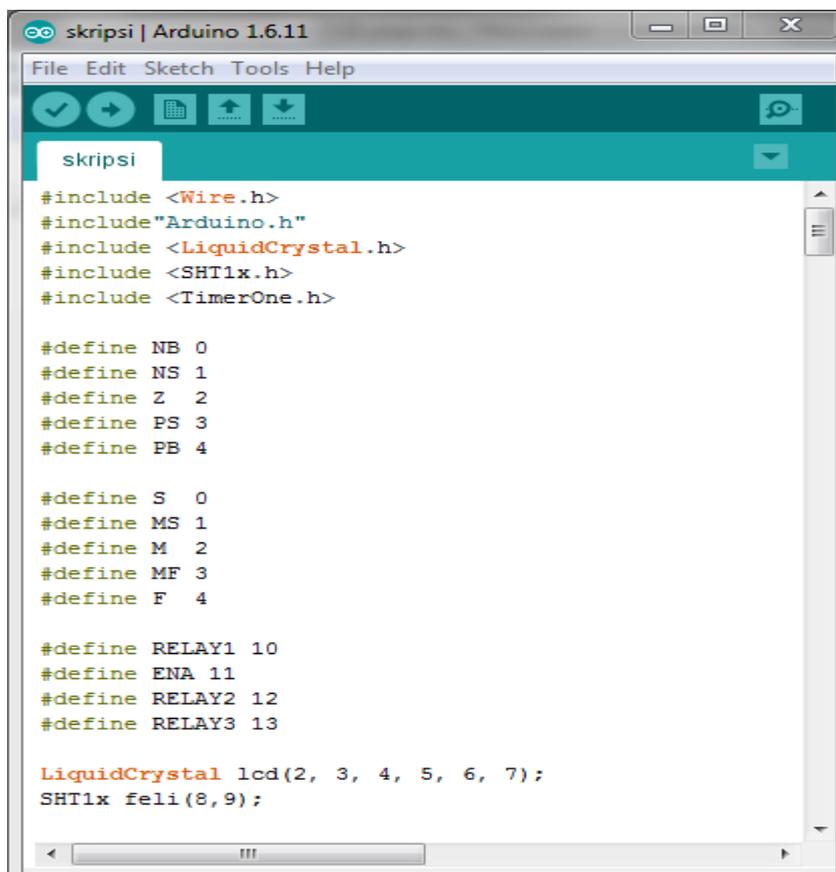
Berdasarkan skema keseluruhan sistem yang telah disusun, maka komponen perangkat keras yang digunakan meliputi:

- a. Lampu pijar 100 Watt
- b. Sensor SHT11
- c. Kipas DC 12V
- d. LCD
- e. *Driver*
- f. Mikrokontroler Arduino Uno
- g. *Relay*
- h. *Power supply*
- i. Potensiometer

3.3.3 Perancangan Perangkat Lunak

a. Perancangan Program Bahasa C++ Pada Arduino

Perancangan perangkat lunak pada alat ini menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan menggunakan *software* Arduino 1.6.11. Contoh listing program C++ pada *software* arduino seperti terlihat dalam Gambar 3.3.



```

#include <Wire.h>
#include "Arduino.h"
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SHT1x.h>
#include <TimerOne.h>

#define NB 0
#define NS 1
#define Z 2
#define PS 3
#define PB 4

#define S 0
#define MS 1
#define M 2
#define MF 3
#define F 4

#define RELAY1 10
#define ENA 11
#define RELAY2 12
#define RELAY3 13

LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
SHT1x feli(8,9);

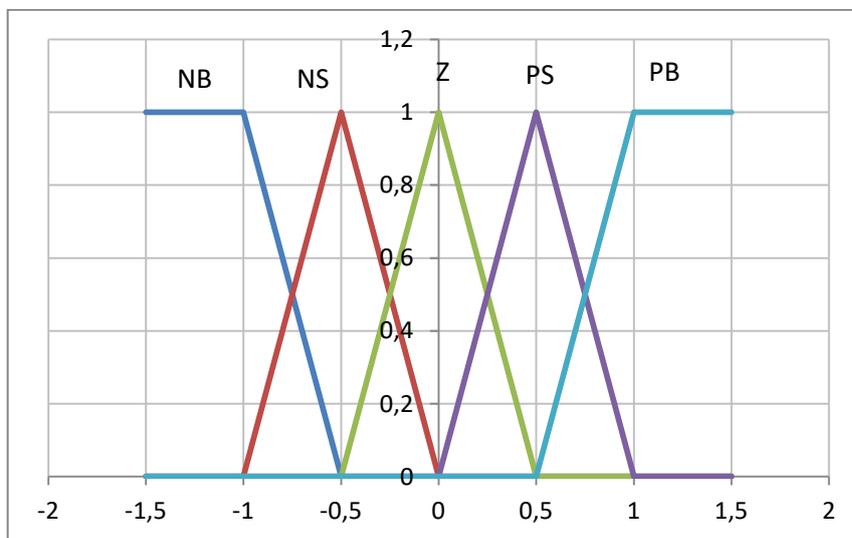
```

Gambar 3.3 Listing Program C++ pada *software* Arduino 1.6.11

b. Perancangan Kontroler Logika Fuzzy

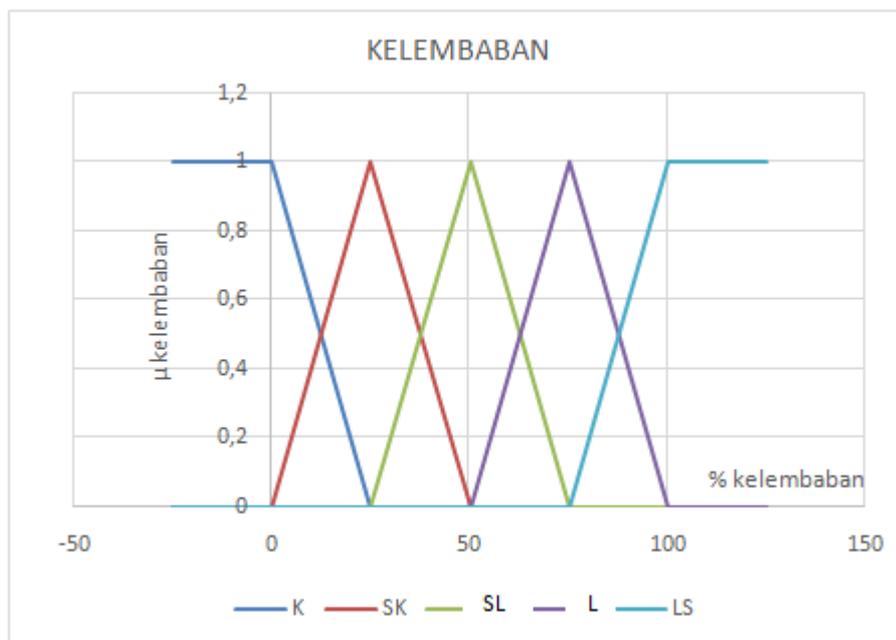
Kelebihan dari Logika Fuzzy yaitu karena memiliki konsep matematis yang sederhana dan mudah dimengerti. Selain itu, kontroler ini memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat. Maka dari itu pada alat ini metode yang digunakan adalah metode kontrol logika Fuzzy. Untuk mendapatkan hasil atau keluaran yang diinginkan dari perhitungan Fuzzy maka harus di buat fungsi keanggotaan masukan dari nilai *error* suhu dan kelembaban serta membuat *Fuzzy rule* terlebih dahulu untuk menentukan keluaran dari proses Fuzzy yang akan menentukan tingkat tinggi dan rendahnya suhu, seta menggerakkan kecepatan motor dc pada kipas. Dimana nilai *error* suhu adalah nilai *set point* dikurangi *present value* atau suhu sekarang. Gambar 3.4 merupakan gambar fungsi keanggotaan nilai masukan Fuzzy *error* suhu, Gambar 3.5 fungsi keanggotaan nilai masukan Fuzzy kelembaban, Tabel 3.1 merupakan *Fuzzy rule*. Fungsi keanggotaan

keluaran adalah nilai PWM yang merupakan *output* mikrokontroler Arduino uno melalui hasil perhitungan dengan metode *defuzzifikasi weighted average* yang telah dibulatkan dalam program yang ditunjukkan dalam Gambar 3.6



Gambar 3.4 Fungsi Keanggotaan nilai masukan Fuzzy *error* suhu

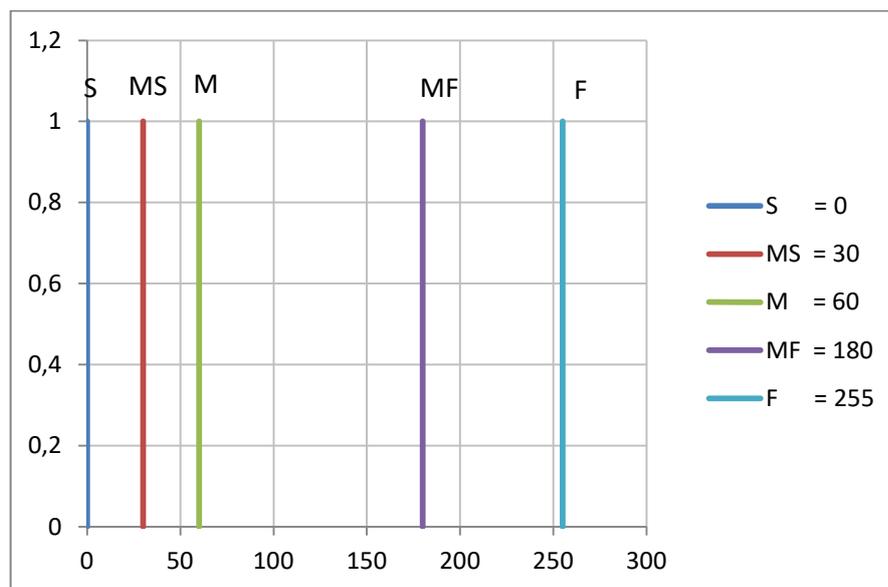
Setiap nilai *error* Fuzzy ditentukan hanya memiliki selisih $0,5^{\circ}\text{C}$ dengan nilai lainnya, dimaksudkan untuk meminimalisasi *error* suhu, sehingga dapat lebih mudah dijaga dalam keadaan konstan.



Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan nilai masukan Fuzzy kelembaban

Penentuan nilai kelembaban Fuzzy berupa nilai tegas 0-100 yang pengambilannya berdasarkan dari pembacaan sensor SHT11 0% - 100%. Adapun penggolongan nilai-

nilai tersebut menjadi himpunan input Fuzzy ‘Kering’, ‘Sedikit Kering’, ‘Sedikit Lembab’, ‘Lembab’ dan ‘Lembab Sekali’.



Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan keluaran Fuzzy

Nilai PWM ditentukan mempunyai 5 keadaan (termasuk diam) bertujuan untuk memperhalus jalannya sistem, jadi ketika nilai suhu mencapai atau melewati nilai *set point*, suhu tidak langsung diturunkan secara drastic menggunakan kipas dengan kecepatan penuh, melainkan dengan kecepatan yang telah ditentukan dari ‘Stop’, ‘Medium Slow’, ‘Medium’, ‘Medium Fast’, dan ‘Fast’. Pada Tabel 3.1 merupakan tabel *Fuzzy rule* antara *error* suhu dan kelembaban, dimana nilai *error* suhu didefinisikan dalam persamaan:

$$Error = SP - PV(t)$$

dimana:

SP = *Setpoint* (nilai yang diinginkan)

PV(t) = *Present Value* pada waktu t (suhu sekarang)

Contoh :

1. Pada $T_1 = 54,96^{\circ}\text{C}$; Kelembaban : 25,04 %

$$error = setpoint - t_1$$

$$error = 55^{\circ}\text{C} - 54,96^{\circ}\text{C}$$

$$error = 0,04^{\circ}\text{C}$$

- $\mu_{error}[NB] = 0$

- $\mu_{error}[NS] = 0$
- $\mu_{error}[Z] = \frac{0,5-0,04}{0,5} = \frac{x}{1}$
 $\mu_{error}[Z] = 0,92$
- $\mu_{error}[PS] = 1 - 0,92$
 $\mu_{error}[PS] = 0,08$
- $\mu_{error}[PB] = 0$

Kelembaban = 25,40%

Kelembaban = 25% - 25,40%

Kelembaban = 0,4%

- $\mu_{Kelembaban}[K] = 0$
- $\mu_{Kelembaban}[SK] = \frac{25-0,4}{25} = \frac{x}{1}$
 $\mu_{Kelembaban}[SK] = 0,984$
- $\mu_{Kelembaban}[SL] = 1 - 0,984$
 $\mu_{Kelembaban}[SL] = 0,016$
- $\mu_{Kelembaban}[L] = 0$
- $\mu_{Kelembaban}[LS] = 0$

Data derajat kebenaran di atas akan dioperasikan dalam fuzzy rule yang telah dibuat dengan metode *Max-Min composition* dengan rumus:

$$f(x_a) = \max[\min(\mu_{error}, \mu_{Kelembaban})]$$

Dimana $f(x_a)$ adalah fungsi keanggotaan *output* logika fuzzy, sehingga didapatkan besar fungsi keanggotaan *output* logika fuzzy adalah sebagai berikut:

- $f(x_{slow}) = 0$
- $f(x_{medium\ slow}) = 0,08$
- $f(x_{medium}) = 0,92$
- $f(x_{medium\ fast}) = 0$
- $f(x_{fast}) = 0$

Setelah didapat *output* tersebut, perlu dilakukan proses defuzzifikasi untuk didapat *output* berupa besar PWM dari kipas. Metode yang digunakan untuk proses ini adalah metod *weighted average* yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$PWM = \frac{(f(x_{slow}) \times 0) + (f(x_{med.slow}) \times 30) + (f(x_{medium}) \times 60) + (f(x_{med.fast}) \times 180) + (f(x_{fast}) \times 255)}{f(x_{slow}) + f(x_{med.slow}) + f(x_{medium}) + f(x_{med.fast}) + f(x_{fast})}$$

$$PWM = \frac{(0 \times 0) + (0,08 \times 30) + (0,92 \times 60) + (0 \times 180) + (0 \times 255)}{0,92 + 0,08}$$

$$PWM = 57,6$$

2. Pada $T_1 = 54,79^\circ\text{C}$; Kelembaban : 24,40 %

$$error = setpoint - t_1$$

$$error = 55^\circ\text{C} - 54,79^\circ\text{C}$$

$$error = 0,21^\circ\text{C}$$

- $\mu_{error}[NB] = 0$
- $\mu_{error}[NK] = 0$
- $\mu_{error}[Z] = \frac{0,5 - 0,21}{0,5} = \frac{x}{1}$
- $\mu_{error}[Z] = 0,58$
- $\mu_{error}[PS] = 1 - 0,58$
- $\mu_{error}[PS] = 0,42$
- $\mu_{error}[PB] = 0$

$$\text{Kelembaban} = 24,40\%$$

$$\text{Kelembaban} = 25\% - 24,40\%$$

$$\text{Kelembaban} = 0,6\%$$

- $\mu_{Kelembaban}[K] = \frac{25 - 0,6}{25} = \frac{x}{1}$
- $\mu_{Kelembaban}[K] = 0,976$
- $\mu_{Kelembaban}[SK] = 1 - 0,976$
- $\mu_{Kelembaban}[SK] = 0,024$
- $\mu_{Kelembaban}[SL] = 0$
- $\mu_{Kelembaban}[L] = 0$
- $\mu_{Kelembaban}[LS] = 0$

Data derajat kebenaran di atas akan dioperasikan dalam fuzzy rule yang telah dibuat dengan metode *Max-Min composition* dengan rumus:

$$f(x_a) = \max[\min(\mu_{error}, \mu_{Kelembaban})]$$

Dimana $f(x_a)$ adalah fungsi keanggotaan *output* logika fuzzy, sehingga didapatkan besar fungsi keanggotaan *output* logika fuzzy adalah sebagai berikut:

- $f(x_{slow}) = 0$
- $f(x_{medium\ slow}) = 0,42$
- $f(x_{medium}) = 0,58$
- $f(x_{medium\ fast}) = 0$
- $f(x_{fast}) = 0$

Setelah didapat *output* tersebut, perlu dilakukan proses defuzzifikasi untuk didapat *output* berupa besar PWM dari kipas. Metode yang digunakan untuk proses ini adalah metod *weighted average* yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$PWM = \frac{(f(x_{slow}) \times 0) + (f(x_{med.\ slow}) \times 30) + (f(x_{medium}) \times 60) + (f(x_{med.\ fast}) \times 180) + (f(x_{fast}) \times 255)}{f(x_{slow}) + f(x_{med.\ slow}) + f(x_{medium}) + f(x_{med.\ fast}) + f(x_{fast})}$$

$$PWM = \frac{(0 \times 0) + (0,42 \times 30) + (0,58 \times 60) + (0 \times 180) + (0 \times 255)}{0,42 + 0,58}$$

$$PWM = 47,4$$

3. Pada $T_1 = 54,61^\circ\text{C}$; Kelembaban : 24,65 %

$$error = setpoint - t_1$$

$$error = 55^\circ\text{C} - 54,61^\circ\text{C}$$

$$error = 0,39^\circ\text{C}$$

- $\mu_{error}[NB] = 0$
- $\mu_{error}[NK] = 0$
- $\mu_{error}[Z] = \frac{0,5 - 0,39}{0,5} = \frac{x}{1}$
 $\mu_{error}[Z] = 0,22$
- $\mu_{error}[PS] = 1 - 0,22$
 $\mu_{error}[PS] = 0,78$
- $\mu_{error}[PB] = 0$

$$\text{Kelembaban} = 24,65\%$$

$$\text{Kelembaban} = 25\% - 24,65\%$$

$$\text{Kelembaban} = 0,35\%$$

- $\mu_{Kelembaban}[K] = \frac{25 - 0,35}{25} = \frac{x}{1}$
 $\mu_{Kelembaban}[K] = 0,986$
- $\mu_{Kelembaban}[SK] = 1 - 0,986$
 $\mu_{Kelembaban}[SK] = 0,014$

- $\mu_{Kelembaban}[SL] = 0$
- $\mu_{Kelembaban}[L] = 0$
- $\mu_{Kelembaban}[LS] = 0$

Data derajat kebenaran di atas akan dioperasikan dalam fuzzy rule yang telah dibuat dengan metode *Max-Min composition* dengan rumus:

$$f(x_a) = \max[\min(\mu_{error}, \mu_{Kelembaban})]$$

Dimana $f(x_a)$ adalah fungsi keanggotaan *output* logika fuzzy, sehingga didapatkan besar fungsi keanggotaan *output* logika fuzzy adalah sebagai berikut:

- $f(x_{slow}) = 0$
- $f(x_{medium\ slow}) = 0,22$
- $f(x_{medium}) = 0,78$
- $f(x_{medium\ fast}) = 0$
- $f(x_{fast}) = 0$

Setelah didapat *output* tersebut, perlu dilakukan proses defuzzifikasi untuk didapat *output* berupa besar PWM dari kipas. Metode yang digunakan untuk proses ini adalah metod *weighted average* yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$PWM = \frac{(f(x_{slow}) \times 0) + (f(x_{med.\ slow}) \times 30) + (f(x_{medium}) \times 60) + (f(x_{med.\ fast}) \times 180) + (f(x_{fast}) \times 255)}{f(x_{slow}) + f(x_{med.\ slow}) + f(x_{medium}) + f(x_{med.\ fast}) + f(x_{fast})}$$

$$PWM = \frac{(0 \times 0) + (0,22 \times 30) + (0,78 \times 60) + (0 \times 180) + (0 \times 255)}{0,42 + 0,58}$$

$$PWM = 53,4$$

Tabel 3.1 Fuzzy rule

		<i>Error Suhu</i>				
		NB	NS	Z	PS	PB
<i>Kelembaban</i>	K	F	MF	M	MS	S
	SK	F	MF	M	MS	S
	SL	F	MF	M	MS	S
	L	M	M	M	MS	S
	LS	S	S	S	S	S

Dimana: NB = *Negative Big*

NS = *Negative Small*

Z = *Zero*

PS = *Positive Small*

PB = *Positive Big*

F = *Fast*

MF = *Medium Fast*

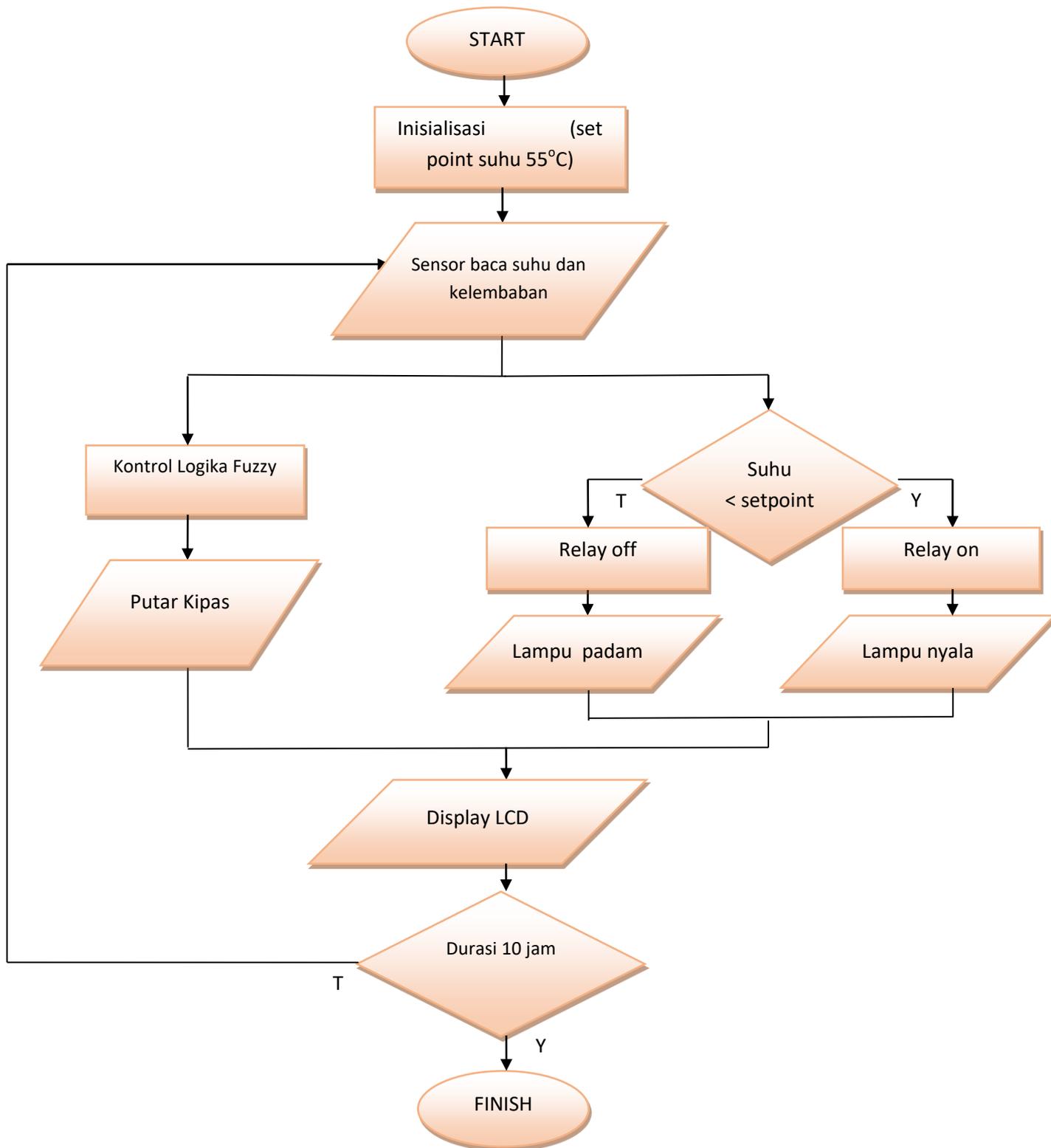
M = *Medium*

MS = *Medium Slow*

S = *Stop*

c. Program Utama

Perancangan program atau perangkat lunak pada mikrokontroler arduino uno diawali dengan merancang *flowchart* atau biasa disebut diagram alir terlebih dahulu. *Flowchart* digunakan untuk menunjukkan alur kerja untuk masing-masing perangkat keras yang akan dikendalikan oleh mikrokontroler maupun proses perhitungan yang terjadi di dalam mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam program utama menggunakan bahasa C++ dan *compiler* yang digunakan adalah IDE ARDUINO. Diagram alir perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Flowchart Seluruh Sistem

Berdasarkan diagram alir dalam Gambar 3.7 dapat dilihat bahwa proses pertama yang dilakukan adalah inisialisasi kemudian sensor akan membaca suhu dan kelembaban yang selanjutnya akan diproses ke dalam Arduino Uno. Kemudian proses akan berjalan secara bersamaan dimana ketika suhu kurang dari *set point* maka relay on sehingga lampu akan menyala. Namun jika ‘tidak’ maka relay off sehingga lampu akan mati dan kontrol logika Fuzzy akan aktif jika suhu mencapai *range* suhu keanggotaan Fuzzy. Kemudian akan ditentukan kecepatan putaran motor yang akan menggerakkan kipas. Perubahan suhu dan kelembaban, serta kecepatan putaran motor akan di tampilkan di dalam LCD. Alat pengering biji kopi akan bekerja selama 10 jam.

3.4 Deskripsi Cara Kerja Sistem

Cara kerja sistem adalah sebagai berikut:

1. Catu daya yang digunakan ada 3 macam yaitu sebesar 220 volt untuk mencatu 2 lampu pijar 100 watt, 12 volt untuk mencatu motor *driver* motor L298N yang terhubung pada 2 kipas DC, 5 volt untuk mencatu mikrokontroler arduino uno, sensor SHT11 dan LCD.
2. Sensor SHT11 membaca suhu dan akan menghasilkan keluaran sebagai masukan pada mikrokontroler. Masukan dari sensor SHT11 akan diproses oleh mikrokontroler dengan algoritma kontrol logika Fuzzy. Kemudian mikrokontroler memberikan *output* 0/1 untuk menghidupkan atau mematikan lampu dan *output* PWM yang dapat mengontrol putaran kipas DC.
3. Pemanas yang digunakan adalah 2 lampu pijar 100 watt yang telah terhubung dengan mikrokontroler melalui perantara relay modul. Sirkulasi suhu pada ruangan diatur melalui 2 kipas dengan penggerak motor DC. *Driver* motor L298N sebagai perantara antara *output* mikrokontroler dengan *input* motor DC pada kipas sebagai pengendali putaran motor. Motor tersebut akan memutar kipas.
4. LCD digunakan sebagai monitor pada alat pengering biji kopi. Monitor tersebut mencakup informasi suhu, kelembaban, serta *output* PWM yang mempengaruhi kecepatan kipas di dalam alat pengering.
5. Komunikasi antara mikrokontroler dengan laptop menggunakan kabel USB ASP. Sedangkan komunikasi antara mikrokontroler dengan LCD dihubungkan dengan menggunakan kabel penghubung atau kabel jumper.

3.5 Pengujian Alat

Pengujian sistem diperlukan untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian dilakukan pada masing-masing rangkaian pada perancangan perangkat keras serta pengujian keseluruhan *hardware* yang telah dihubungkan untuk mengetahui *software* dapat berjalan dengan baik atau tidak.

3.5.1 Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada bagian ini pengujian dilakukan pada masing-masing blok rangkaian. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah masing-masing rangkaian dapat berfungsi sesuai dengan yang telah direncanakan. Pengujian tersebut meliputi :

a. Pengujian Sensor SHT11

Pengujian ini dilakukan agar mengetahui akurasi sensor dalam membaca suhu dan kelembaban ruangan dibandingkan dengan termometer ruangan. Hal ini juga dilakukan agar dapat diketahui tingkat *error* dari sensor

b. Pengujian Kontrol Relay

Pengujian ini dilakukan agar mengetahui kesesuaian kondisi relay ketika diberi kontak +5V dengan logika 1 / 0 mikrokontroler arduino uno. Kondisi relay akan mempengaruhi nyala atau matinya lampu

c. Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian ini dilakukan agar LCD mampu menampilkan informasi suhu, kelembaban dan PWM secara benar.

d. Pengujian Rangkaian Driver dan Kipas DC

Pengujian ini dilakukan agar mengetahui beberapa kecepatan kipas saat *driver* mendapatkan *input* dari *output* PWM arduino uno. Kipas akan berputar dengan 5 kecepatan yang berbeda sesuai PWM dengan rentang antara 0-255.

3.5.2 Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

Pengujian perangkat lunak meliputi pengujian program yang dibuat dengan software arduino 1.6.11 menggunakan bahasa C++, kontroler logika Fuzzy yang akan menentukan beberapa keadaan suhu dan kecepatan putaran kipas sesuai dengan PWM yang ditentukan. Pengujian ini juga tidak lepas dari perintah logika 0/1 yang akan diberikan kepada relay modul untuk mengaktifkan atau menonaktifkan lampu pijar.

3.5.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem ini dilakukan dengan menghubungkan semua perangkat keras meliputi seluruh rangkaian yang dibuat berdasarkan blok diagram dan memasukkan *software* yang berfungsi untuk mengontrol dan memberi perintah perangkat keras yang telah dirangkai. Sistem akan berfungsi dengan baik apabila dapat berjalan sesuai diagram alir yang telah direncanakan.

3.6 Penyusunan Kesimpulan

Kesimpulan didapat berdasarkan hasil realisasi alat yang telah dibuat meliputi keseluruhan sistem yang terdapat di dalamnya.

