

## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

Proses perancangan dan implementasi perangkat lunak serta perangkat keras dalam sistem ini telah selesai. Setelah semua komponen dirancang dan dirakit, langkah selanjutnya adalah melakukan tahap pengujian. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja alat yang telah dibuat. Ada beberapa tahapan pengujian yang akan dilakukan sesuai dengan fungsi yang telah ditentukan.

#### 5.1. Pengujian Perangkat keras

Pengujian perangkat keras yang dilakukan yaitu pengujian sensor DHT22 yang dipasang sebagai sensor suhu motor dan suhu ruangan agar mengetahui kinerja kedua sensor tersebut.

##### 5.1.1. Pengujian Sensor DHT22 Motor

Pengujian sensor DHT22 adalah menguji ketepatan sensor untuk referensi motor induksi. Sensor ini mendeteksi temperatur referensi motor induksi dan juga sekitarnya yang dijadikan sebagai sampel yang nantinya dapat dipantau baik di LCD. Pengujian ini bertujuan agar DHT22 mendeteksi dengan akurat yang disandingkan dengan hasil yang dideteksi oleh *thermogun*. Teknis pengujiannya yaitu sensor DHT22 diletakkan pada motor dan disandingkan dengan *thermogun* yang sama seperti pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Sirip kanan motor untuk pengujian menggunakan *Thermogun*.

Dari pengujian ini dilakukannya pengujian terhadap sensor DHT22 dan nilai eror dari persamaan 5.1.

$$Error = \frac{(\text{Nilai Thermogan} - \text{Nilai sensor})}{\text{Range sensor(DHT22 = 120)}} \times 100\% \quad 5.1$$

Dan didapati hasil perbandingan antara sensor DHT22 dengan *Thermogun* dapat disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Hasil perbandingan sensor DHT22 dengan *Thermogun*.

Jarak Waktu (Menit)	Sensor dht22 (°C)	<i>Thermogun</i> (°C)	Selisih	Nilai eror (%)
0	29,70	30,5	0,8	0,006
5	49,70	49,7	0	0
10	61,10	61,1	0	0
15	69,20	69,2	0	0
20	71,40	71,9	0,5	0,004
Rata-rata				0,002

Dari data yang diberikan, terdapat tingkat kesalahan (eror) sebesar 0,002%, yang mengindikasikan bahwa perbedaan antara nilai yang diukur dan nilai yang diharapkan relatif kecil, menunjukkan akurasi pengukuran yang cukup baik.

### 5.1.2. Pengujian Sensor DHT22 Ruangan

Menguji ketepatan sensor untuk referensi temperature ruangan saat pengujian motor induksi dilakukan melalui pengujian sensor DHT22. Hasil pengujian sensor DHT22 untuk temperatur ruang dan nilai rata-rata eror ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Hasil perbandingan sensor DHT22 dengan *Thermometer digital*.

Jarak Waktu (Menit)	Sensor dht22 (°C)	<i>Thermometer digital</i> (°C)	Selisih	Nilai eror (%)
0	29,5	29,7	0,2	0,16
5	29,5	29,7	0,2	0,16
10	29,6	29,7	0,1	0,08

Jarak Waktu (Menit)	Sensor dht22 (°C)	Thermometer digital (°C)	Selisih	Nilai eror (%)
15	29,6	29,8	0,2	0,16
20	29,5	29,8	0,3	0,25
Rata-rata				0,16

Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan bahwa DHT22 dapat mendeteksi dengan akurasi yang sebanding dengan hasil yang diperoleh dari pengujian menggunakan Termometer Digital.

Teknis Pengujian nya sensor DHT22 dibaca oleh LCD dan thermometer digital di sebelah nya seperti pada Gambar 5.2



Gambar 5. 2 Perbandingan DHT22 dan termometer digital ruangan.

Dari data yang disajikan, dapat diamati bahwa rata-rata temperatur ruangan yang diukur menggunakan sensor DHT22 adalah 29,9°C. Pengukuran temperatur ruangan dengan menggunakan termometer digital menghasilkan nilai 29,7°C. Terdapat selisih antara kedua pengukuran tersebut sebesar 0,2°C, yang menunjukkan adanya perbedaan antara temperatur yang diukur menggunakan kedua sensor tersebut. Selain itu, tercatat nilai eror sebesar 0,16%.

## 5.2. Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak yang dilakukan yaitu pengujian sistem pendingin dengan melihat dan membandingkan temperatur motor ketika menggunakan kipas bawaan motor dan kipas PWM. Selanjutnya dilakukan pengujian *fuzzy* pada sistem pendingin agar dapat mengetahui kinerja *fuzzy* pada sistem pendingin.

### 5.2.1. Pengujian Sistem Pendingin

Dalam pengujian ini, langkah diambil untuk mengenai temperatur yang tetap atau "*steady*" pada motor, dengan melibatkan penggunaan pendingin atau kipas bawaan yang ada pada motor. Pengujian dilakukan secara manual, pengujian dilaksanakan dengan interval pengukuran setiap 5 menit, dimulai dengan mencatat pembacaan temperatur awal oleh DHT22 yang kemudian ditampilkan pada layar LCD. Selanjutnya, hasil pembacaan tersebut dibandingkan dengan temperatur yang diukur menggunakan *Thermogun*. Dapat dilihat hasil perbandingannya pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Hasil temperatur *steady* dengan kipas bawaan motor.

Jarak Waktu (Menit)	KIPAS BAWAAN MOTOR		Selisih	Nilai eror (%)
	Sensor dht22 (°C)	Thermogun (°C)		
0 (temperatur awal)	29,70	30,5	0,8	0,006
5	49,70	49,7	0	0
10	61,10	61,1	0	0
15	69,20	69,2	0	0
20	71,40	71,9	0,5	0,004
25	74,00	74	0	0
30	75,80	76	0,2	0,001
35	76,50	76,5	0	0
40	76,60	76,6	0	0
45	76,20	76,9	0,7	0,005
50	75,40	75,4	0	0
55	75,20	75,2	0	0
60	76,00	76	0	0
65	76,20	76,2	0	0
70	76,60	76,9	0,3	0,002
75	76,90	76,6	-0,3	-0,002
80	76,70	76,7	0	0
85	76,00	76	0	0
90	75,90	76	0,1	0,0008
95	76,40	76,9	0,5	0,004
100	76,60	76,4	-0,2	-0,001
Rata rata:	71,3	71,4	0,12	0,0011%

Dari data yang disajikan, dapat diamati bahwa rata-rata temperatur motor yang diukur menggunakan sensor DHT22 adalah 71,3°C. Pengukuran temperatur

motor dengan menggunakan *thermogun* menghasilkan nilai 71,4°C. Terdapat selisih antara kedua pengukuran tersebut sebesar 0,1°C, tercatat nilai eror sebesar 0,0011%. Dapat dilihat bahwa temperatur steady pada motor dengan sistem pendingin bawaan yaitu kipas bawaan motor adalah 71°C.

Selanjutnya, perbandingan pendingin dengan kipas PWM putaran 100% dapat dilihat hasil pengujiannya pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Pengujian temperatur *steady* dengan kipas 100% PWM.

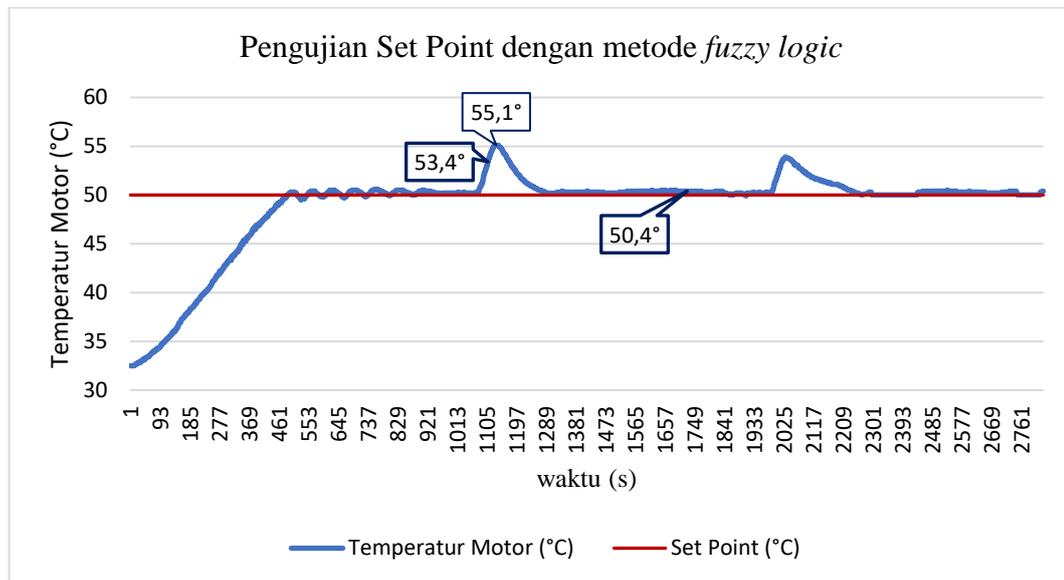
waktu	KIPAS PWM		selisih	Error (%)
	sensor dht22 (°C)	<i>Thermogun</i> (°C)		
5 menit	29	30	1	0,8
10 menit	35,2	35,7	0,5	0,4
15 menit	38,5	38,9	0,4	0,3
20 menit	39,4	40	0,6	0,5
25 menit	40,3	40,5	0,2	0,1
30 menit	40,4	40,6	0,2	0,1
35 menit	41,2	41,6	0,4	0,3
40 menit	41,9	42	0,1	0,08
45 menit	42,4	42,5	0,1	0,08
50 menit	42,7	42,8	0,1	0,08
55 menit	42,3	42,5	0,2	0,1
60 menit	42,2	42,3	0,1	0,08
65 menit	42,3	42,5	0,2	0,1
70 menit	42,4	42,5	0,1	0,08
75 menit	42,5	42,6	0,1	0,08
80 menit	42,5	42,6	0,1	0,08
rata-rata				0,22

Dapat diamati bahwa rata-rata temperatur motor yang menggunakan kipas PWM 100% dan diukur menggunakan sensor DHT22 adalah 42,5°C. Pengukuran temperatur motor dengan menggunakan *thermogun* menghasilkan nilai 42,6°C. Terdapat selisih antara kedua pengukuran tersebut sebesar 0,1°C, yang menunjukkan adanya perbedaan negatif antara temperatur yang diukur menggunakan kedua sensor tersebut. Selain itu, tercatat nilai eror sebesar 0,22%. Dapat dilihat bahwa temperatur *steady* pada motor dengan sistem pendingin kipas

PWM 100% adalah 42,5°C. Dan dapat dibuktikan bahwa kipas PWM dapat bisa lebih mendinginkan dibandingkan kipas bawaan motor.

### 5.2.2. Pengujian Fuzzy Pada Sistem Pendingin

Pengujian *fuzzy logic* terhadap hasil pengukuran temperatur motor dengan menggunakan sensor DHT22 dan *Thermogun* menghasilkan hasil yang baik. Dapat dilihat pada Gambar 5.3 dilihat bahwa setelah motor dalam temperatur *steady* dan diberi gangguan hingga temperatur 55°C.



Gambar 5. 3 Pengujian sistem menggunakan *fuzzy logic* dengan 2x gangguan.

Hasil pengujian pada hasil grafik pada Gambar 5.3 dilakukan selama 2761 detik dengan *rise time* selama 490 detik. Tidak ada *overshot* dalam pengujian grafik ini. Temperatur motor adanya fenomena *ripple* sebelum terjadinya gangguan, grafik temperatur motor menunjukkan fluktuasi kecil yang disebut *ripple*. Meskipun demikian, ketika terjadi gangguan grafik tersebut mengalami perubahan dan tidak lagi menunjukkan fluktuasi *ripple* yang terlihat sebelumnya. Fenomena ini dapat diilustrasikan melalui analisis pada bab perancangan contoh kasus pada Persamaan 4.20. Dalam pengujian ini, hasil defuzifikasi yang diperoleh oleh perhitungan manual adalah sebesar 9,25%. Hasil ini menggambarkan respons dari sistem terhadap temperatur tersebut. Hasil pengujian menggunakan *source code fuzzy* yang telah dibuat dan diujikan pada temperatur motor dengan memberikan gangguan hingga mencapai 53°C juga

menghasilkan persentase defuzifikasi yang sama, yakni sekitar 9%. Hasil dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Hasil defuzzy pada pengujian.

waktu (s)	Temperatur motor (°C)	Duty Cycle PWM (%)
1 detik	53,2	9%
2 detik	53,3	9%
3 detik	53,3	9%
4 detik	53,5	9%
5 detik	53,5	9%
6 detik	53,5	9%
7 detik	53,5	9%
8 detik	53,7	9%
9 detik	53,7	9%
10 detik	53,7	9%

Ketika gangguan pada motor mencapai titik 53°, sistem tetap menunjukkan respons yang konsisten dengan kondisi sebelum gangguan menunjukkan bahwa meskipun terdapat fluktuasi ripple sebelum terjadi gangguan, respons sistem terhadap gangguan tersebut sangat efektif dalam menjaga kestabilan temperatur. data keseluruhan pengujian terdapat pada Lampiran 2 Hasil data pengujian sistem pendingin menggunakan *fuzzy logic*. Pembacaan temperatur pada LCD dan *Thermogun* terdapat pada Gambar 5.4



Gambar 5. 4 Pembacaan temperatur motor *steady* di 50°C.

Data yang diberikan mengindikasikan hasil pengukuran temperatur motor dengan menggunakan sensor DHT22 dan *Thermogun*. Rata-rata temperatur motor yang diukur dengan sensor DHT22 adalah 50,7°C, sedangkan pengukuran temperatur motor menggunakan sensor *Thermogun* menghasilkan nilai 50,9°C. Perbedaan temperatur antara keduanya adalah 0,2°C, dan nilai eror yang sangat

rendah, yaitu 0,001%, menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai yang diukur dan nilai yang diharapkan sangat minim. Hal ini menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik dalam pengukuran temperatur motor menggunakan kedua jenis sensor tersebut.

Pengujian ini menggunakan *fuzzy logic* selama 2761 detik, pengambilan pada data dilakukan setiap 1 detik sekali. Nilai pada eror didapatkan dari *setpoint*-temperatur. Dari pengujian temperatur *steady* motor selama 2761 detik menggunakan metode *fuzzy logic* diperoleh:

- Waktu naik (*Rise Time*) adalah waktu yang diperlukan sistem untuk naik dari 10% sampai 90%, temperatur awal inggal *set point* pertama.
- Lewatan maksimum (*Overshoot*) adalah harga puncak maksimum dari kurva respon waktu diukur dari satu, jika rise time tidak sama dengan satu, makan biasa digunakan persen lewatan maksimum.

$$\frac{\text{Nilai suhu tertinggi} - \text{setpoint}}{\text{Set Point}} \times 100\%$$

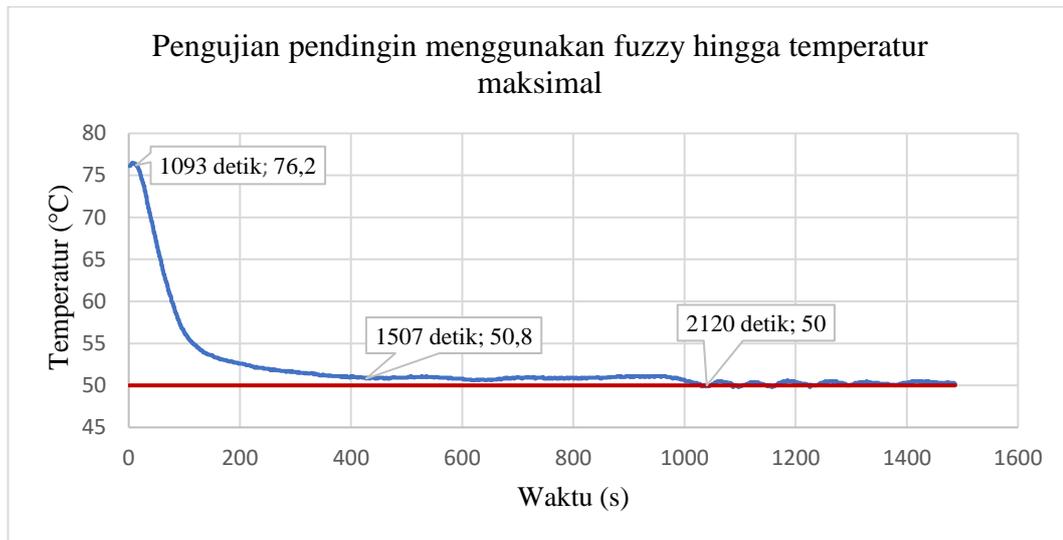
- Waktu penetapan (*Settling Time*) adalah waktu yang diperlukan kurva respon waktu untuk mencapai dan menetap dalam daerah disekitar harga akhir yang ukurannya ditentukan dengan presentase mutlak dari harga akhir (biasanya 5% atau 2%).

Pada Tabel 5.6 diperoleh hasil dari data *Rise Time* adalah 490 detik, tidak ada terjadinya *overshoot* dan *Settling Time* 490 detik.

Tabel 5. 6 Data pengujian.

Data	Nilai
<i>Rise Time</i>	490 detik
<i>Settling Time</i>	490 detik

Pengujian yang selanjutnya adalah pengujian dengan temperatur *maximal* dan melihat waktu untuk sistem mendinginkan dari temperatur maksimal hingga menuju set point.



Gambar 5. 5 Pengujian menggunakan fuzzy temperatur maksimal.

Waktu untuk sistem mendinginkan dari temperatur maksimal hingga menuju *steady set* temperatur adalah 414 detik hingga temperatur 50,8°C. dapat diliha bahwa temperatur bisa kembali *steady* pada waktu 430 detik atau 6,9 menit atau dibulatkan kurang lebih sekitar 7 menit.

### 5.3. Analisis Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sesuai kondisi seharusnya serta untuk mengetahui tercapai atau tidaknya tujuan dibuat sistem pendingin pada motor induksi 1 fasa menggunakan kipas PWM berbasis *fuzzy logic*. Nilai hasil rata-rata temperatur motor saat menggunakan kipas bawaan yang diukur dengan sensor DHT22 stabil pada 71,3°C. Namun, saat menggunakan sistem pendingin menggunakan kipas putaran 100% PWM, temperatur stabil pada 42,5°C. Hal ini membuktikan bahwa kipas PWM lebih efektif dalam mendinginkan motor dibandingkan dengan kipas bawaan motor.

Pada pengujian ini didapatkan rise time selama 490 detik, yang mana *risetime* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh respon untuk naik dari temperatur awal sampai dengan pertama kali mencapai setpoint. *Settling time* merupakan waktu yang diperlukan respon sistem untuk mencapai dan tetap berada dalam rentang toleransi yang ditentukan. Nilai toleransi ditetapkan pada pengujian ini sebesar 2% dari nilai setpoint (50°C). Toleransi 2% dari setpoint yaitu 1°C.

Jadi temperatur toleransi pada pengujian ini yaitu  $51^{\circ}\text{C}$  (batas atas) dan  $49^{\circ}\text{C}$  (batas bawah).

Hasil dari pengujian dan perhitungan manual menggunakan metode fuzzy menghasilkan kesimpulan yang sama. Dari hasil pengujian temperatur motor, teramati adanya fluktuasi kecil yang disebut sebagai *ripple* sebelum terjadinya gangguan, tetapi grafik temperatur motor mengalami perubahan saat terjadi gangguan, dan fluktuasi *ripple* sebelumnya tidak lagi terlihat. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui analisis pada bab perancangan dengan contoh kasus pada Persamaan 4.20. Pengujian ini menghasilkan hasil defuzifikasi sebesar 9,25% melalui perhitungan manual, yang menggambarkan respons sistem terhadap temperatur tersebut. Implementasi metode fuzzy menggunakan *source code* yang telah dibuat dan diujikan pada temperatur motor yang mengalami gangguan hingga mencapai  $53^{\circ}\text{C}$  juga menghasilkan persentase defuzifikasi yang serupa, yaitu sekitar 9%.

