

## BAB V

### PENGUJIAN ALAT

#### 5.1 Tujuan

Dalam bab ini dibahas tentang data hasil percobaan dan pengujian alat yang telah dibuat dengan tujuan supaya antara perancangan dan pembuatan alat sesuai dengan teori dan praktek. Pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras dan perangkat lunak kontrol logika fuzzy serta sistem secara keseluruhan. Sedangkan pengujian perangkat lunak kontrol logika fuzzy dilakukan agar dapat mengetahui program dapat berjalan sesuai dengan keluaran yang diinginkan.

#### 5.2 Pengujian Perangkat Keras

##### 5.2.1 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu dan Pengkondisi Sinyal

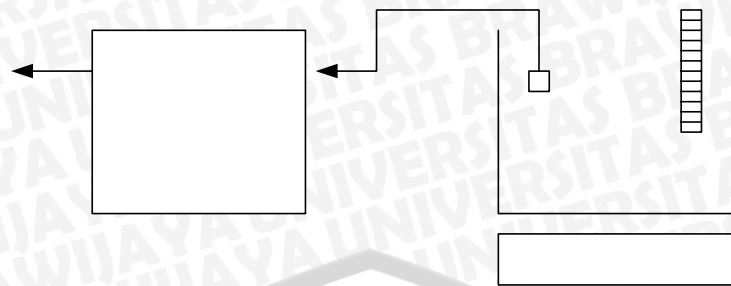
Pengujian sensor suhu yang menggunakan tipe LM35 ini, bertujuan untuk mengetahui ketepatan sensor dalam merespon perubahan suhu, yaitu dengan mengukur tegangan keluarannya. Jika tanggapan sensor suhu baik, maka setiap perubahan suhu  $1^{\circ}\text{C}$ , keluaran sensor akan berubah  $\pm 10\text{ mV}$  (Sumber: data sheet sensor LM35, 1995).

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

1. Catu daya
2. Termometer
3. Pemanas
4. Multimeter
5. Bejana

Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian pengujian sensor suhu seperti yang ditunjukkan dalam gambar 5.1.
2. Memasukkan sensor suhu ke dalam bejana, setelah sensor diisolasi dengan baik.
3. Memasukkan termometer ke dalam bejana untuk mengetahui pembacaan suhu.
4. Menaikkan suhu dengan cara menghidupkan pemanas.
5. Mengukur tegangan keluaran sensor dengan multimeter digital.
6. Mencatat hasil pengukuran dan membandingkan dengan hasil perhitungan.
7. Mengulangi langkah 5 sampai 7 untuk mendapatkan hasil pengukuran selanjutnya.



**Gambar 5.1** Pengujian Sensor Suhu dan Pengkondisi Sinyal

Hasil pengujian rangkaian sensor suhu dan pengkondisi sinyal dapat dilihat dalam tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Hasil Pengujian Sensor Suhu dan Pengkondisi Sinyal

No	Suhu (°C)	Tegangan keluaran sensor (V)	Tegangan keluaran pengukuran RPS. (V)	Tegangan keluaran perhitungan RPS (V)	Error (%)
1	36	0,36	0,00	0,000	0
2	38	0,38	0,28	0,276	1,45
3	40	0,40	0,56	0,553	1,26
4	42	0,42	0,80	0,829	3,49
5	46	0,46	1,30	1,382	5,93
6	50	0,50	1,89	1,936	2,37
7	54	0,54	2,35	2,489	5,53
8	58	0,58	3,05	3,042	0,26
9	62	0,62	3,63	3,595	0,97
10	66	0,66	4,17	4,148	0,53

Dari tabel 5.1 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran sensor suhu dan pengkondisi sinyal terhadap perubahan suhu adalah mendekati linier dan sesuai dengan spesifikasi sensor suhu tersebut. Prosentase kesalahan dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah sebagai berikut:

$$\text{Prosentase penyimpangan} = \left| \frac{V_0 \text{perhitungan} - V_0 \text{pengukuran}}{V_0 \text{perhitungan}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Penyimpangan rata-rata} = \frac{21,79\%}{10} = 2,179\%$$

Penyimpangan terjadi karena beberapa hal yaitu:

1. Sensor suhu LM 35 yang digunakan mempunyai akurasi  $\pm 0,5\%$ .
2. Pembacaan yang tidak tepat pada termometer.
3. Tidak presisinya multimeter sehingga menyebabkan kesalahan dalam pembacaan.

### 5.2.2 Pengujian Rangkaian Sensor Kelembaban dan Pengkondisi Sinyal

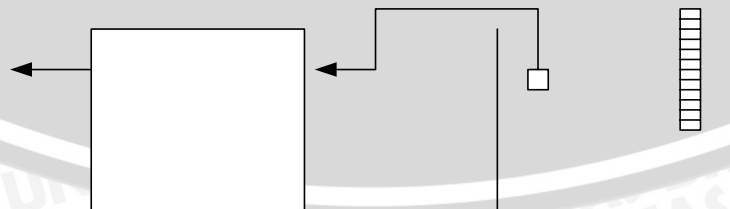
Pengujian sensor kelembaban yang menggunakan tipe HS15P ini, bertujuan supaya dapat mengetahui ketepatan sensor dalam merespon perubahan kelembaban. Hal ini dapat dilakukan dengan mengukur tegangan keluarannya. Jika tanggapan sensor kelembaban baik maka setiap terjadi perubahan kelembaban pada ruangan, respon sensor akan berubah secara proporsional.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini, antara lain:

1. Catu daya
2. *Hygrometer* (alat pengukur kelembaban)
3. Bahan pengubah kelembaban
4. Multimeter
5. Bejana

Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian pengujian sensor kelembaban seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
2. Memasukkan bahan untuk mengkondisikan kelembaban ke dalam bejana
3. Memasukkan sensor kelembaban ke dalam bejana berisi bahan pengkondisi kelembaban, setelah sensor diisolasi dengan baik.
4. Memasukkan *hygrometer* ke dalam bejana untuk mengetahui pembacaan kelembaban.
5. Menghubungkan catu daya pada rangkaian pengujian.
6. Mengukur tegangan keluaran sensor dengan multimeter digital.
7. Mengganti bahan pengkondisi kelembaban yang lainnya.
8. Mengulangi langkah 2 sampai langkah 7.



**Gambar 5.2** Pengujian Sensor Kelembaban dan Pengkondisi Sinyal

Hasil pengujian rangkaian sensor kelembaban dan pengkondisi sinyal dapat dilihat pada tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Hasil Pengujian Sensor Kelembaban dan Pengkondisi Sinyal

No.	RH (%)	Tegangan keluaran sensor (V)	Tegangan keluaran pengukuran RPS. (V)	Tegangan keluaran perhitungan RPS. (V)	Penyimpangan (%)
1	53,0	2,53	3,05	3,16	3,48
2	66,6	2,94	3,96	3,91	1,27
3	79,3	3,71	4,38	4,45	1,57

Dari tabel 5.2 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran sensor kelembaban dan pengkondisi sinyal terhadap perubahan kelembaban adalah mendekati linier dan sesuai dengan spesifikasi sensor kelembaban tersebut. Prosentase kesalahan dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah sebagai berikut:

$$\text{Prosentase penyimpangan} = \left| \frac{V_0 \text{perhitungan} - V_0 \text{pengukuran}}{V_0 \text{perhitungan}} \right| \times 100\%$$

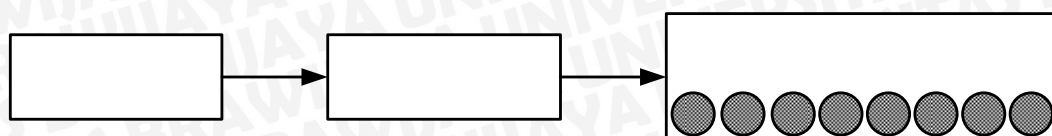
$$\text{Penyimpangan rata-rata} = \frac{6,32\%}{3} = 2,10\%$$

Penyimpangan terjadi karena beberapa hal yaitu:

1. Sensor kelembaban HS15P yang digunakan mempunyai akurasi  $\pm 4\%$  RH.
2. Pembacaan yang tidak tepat pada *hygrometer*.
3. Tidak presisinya multimeter sehingga menyebabkan kesalahan dalam pembacaan.

### 5.2.3 Pengujian Rangkaian ADC 0809

Pengujian ADC ini dilakukan, untuk mengetahui keluaran digital yang dihasilkan oleh ADC berdasarkan masukan analog yang diberikan serta untuk mengetahui kelinieran konversi ADC. Diagram blok pengujian rangkaian ADC 0809 ditunjukkan dalam Gambar 5.3, pengujian dilakukan dengan mengamati tampilan LED yang ditunjukkan oleh rangkaian pengujian.



**Gambar 5.3** Blok Rangkaian Pengujian ADC 0809

Hasil pengujian rangkaian ADC 0809 dapat dilihat pada tabel 5.3.

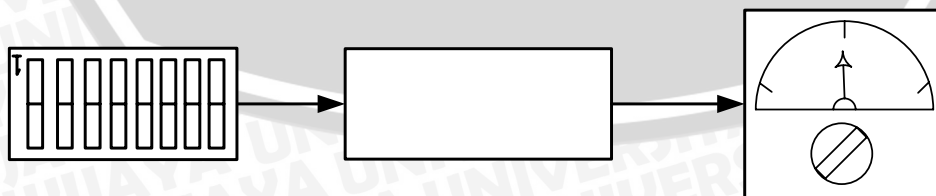
**Tabel 5.3.** Hasil Pengujian Rangkaian ADC 0809

Vin (V)	Keluaran Pengujian		Keluaran sesungguhnya		Penyimpangan (%)
	Biner	Dec	Biner	Dec	
0,5	0001 1001	25	0001 1001	25	0
1	0011 0011	51	0011 0011	51	0
1,51	0101 1100	92	0100 1101	77	19
2	0110 0110	102	0110 0110	102	0
2,5	1000 0001	129	1000 0000	128	0,78
3	1001 1010	154	1001 1001	153	0,65
3,5	1011 0100	180	1011 0011	179	0,56
4	1100 1100	204	1100 1100	204	0
4,5	1110 0111	231	1110 0110	230	0,77
5	1111 1111	255	1111 1111	255	0

Dari pengujian didapatkan hasil seperti dalam tabel 5.3. Kesalahan maksimum ADC yang terjadi hanya sebesar 1 LSB dengan penyimpangan rata-rata sebesar 0.78%, karena kesalahan rata-rata hanya 0,78% maka ADC ini bisa dikatakan berjalan dengan baik untuk aplikasi yang direncanakan.. Kesalahan hasil konversi ADC dapat disebabkan oleh tingkat akurasi komponen ADC dan juga tidak stabilnya tegangan referensi yang diberikan pada ADC.

#### 5.2.4 Pengujian Rangkaian DAC 0808

Pengujian DAC ini dilakukan untuk mengetahui keluaran analog yang dihasilkan oleh DAC berdasarkan masukan digital yang diberikan. Hasil pengujian DAC dapat dilihat dalam tabel 5.4. Dari hasil pengujian, kesalahan rata-rata yang terjadi sebesar 1,495%. Dengan rata-rata kesalahan kurang dari 5 % maka DAC ini bisa dikatakan berjalan dengan baik untuk aplikasi yang direncanakan.



**Gambar 5.4** Rangkaian Pengujian DAC 0808

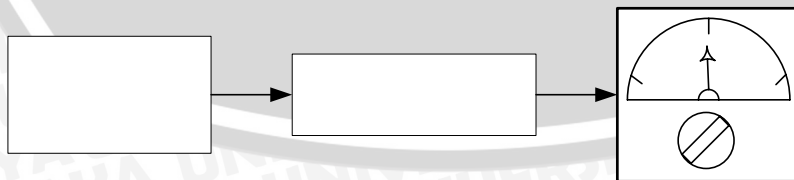
Hasil pengujian rangkaian DAC 0808 dapat dilihat pada tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Hasil Pengujian Rangkaian DAC 0808

Data yang Dimasukkan (Hex)	$V_0$ DAC dari Pengukuran (V)	$V_0$ DAC dari Perhitungan (V)	Penyimpangan (%)
00	0	0	0
07	0,13	0,13	0
0F	0,28	0,29	3,44
1F	0,58	0,60	3,33
27	0,74	0,75	1,33
3F	1,19	1,22	2,45
47	1,35	1,37	1,45
5F	1,80	1,84	2,17
67	1,95	1,99	2,01
7F	2,41	2,46	2,03
87	2,57	2,62	1,90
9F	3,02	3,08	1,94
A7	3,18	3,23	1,54
BF	3,63	3,70	1,89
C7	3,78	3,85	1,81
DF	4,24	4,32	1,85
E7	4,38	4,47	2,01
FF	4,86	4,94	1,62

### 5.2.5 Pengujian *Driver* Kipas DC

Untuk pengujian rangkaian *driver* kipas DC ini, pada bagian masukan menggunakan Op-Amp tipe 741 yang dikombinasikan dengan transistor yang disusun dengan konfigurasi pengikut-emiter yang dapat menggandakan arus keluaran. Karena keluaran dari kontrol logika fuzzy masih kecil, maka resistor yang digunakan sebagai umpan balik diperbesar, dengan tujuan agar tegangan keluaran dari Op-Amp sesuai dengan yang dibutuhkan oleh kipas yaitu sebesar 12V.



**Gambar 5.5** Rangkaian Pengujian *Driver* Kipas DC 12 V

Pada tabel 5.4 diperlihatkan hasil dari perhitungan penguatan dari *output* rangkaian *driver* untuk kipas:

**Tabel 5.5** Hasil Pengujian *Driver* Kipas DC

Hasil keluaran DAC (V)	Tegangan Keluaran Driver (V)		Penyimpangan (%)
	Pengukuran	Perhitungan	
0	0	0	0
1,10	3,82	3,73	2,41
1,85	6,48	6,25	3,68
3,02	9,45	9,76	3,17
4,00	12,39	12,70	2,44
4,76	12,44	12,70	2,04

Dari tabel 5.5 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran *driver* kipas terhadap perubahan adalah mendekati linier dan sesuai dengan spesifikasi rangkaian *driver* kipas. Prosentase kesalahan dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah sebagai berikut:

$$\text{Prosentase penyimpangan} = \frac{|V_0 \text{ perhitungan} - V_0 \text{ pengukuran}|}{V_0 \text{ perhitungan}} \times 100\%$$

$$\text{Penyimpangan rata-rata} = \frac{13,74\%}{6} = 2,29\%$$

### 5.2.6 Pengujian Rangkaian *Driver* Pemanas

Pengujian rangkaian *driver* pemanas ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan daya dari pemanas. *Driver* pemanas ini menggunakan rangkaian PWM yang terdiri dari rangkaian *pulse position modulation* dan rangkaian *optotriac*.

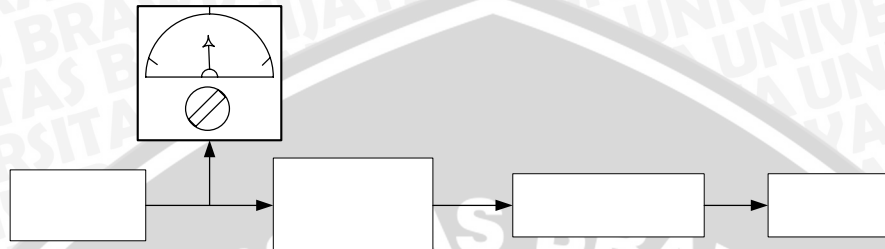
Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian *driver* pemanas
2. Pemanas (*heater*)
3. Catu daya AC 220 V
4. Multimeter

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian pengujian seperti pada gambar 5.12.
2. Menghubungkan catu daya DC ke rangkaian.
3. Menghubungkan catu daya AC dengan pemanas.

4. Mengubah tegangan masukan pada rangkaian *Pulse Position Modulation* supaya daya yang dihasilkan oleh pemanas dapat berubah-ubah.
5. Mengukur dan mencatat tegangan pada pemanas.
6. Mengukur dan mencatat suhu pada ruang pengeringan dengan termometer.
7. Mengulangi langkah 4 sampai 6 untuk mendapatkan hasil selanjutnya.



**Gambar 5.6** Diagram Blok Pengujian *driver* pemanas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan mengatur lebar pulsa *Pulse Position Modulation* (waktu tunda perlambatan *triac* untuk konduksi), maka akan didapatkan tingkat daya pemanas yang berbeda-beda.

**Tabel 5.6** Hasil Pengujian Tegangan Pemanas

No.	Tegangan input <i>Pulse Position Modulation</i> (V DC)	Hasil pengujian tegangan pemanas (V AC)
1	0	220
2	0,5	150
3	1	100
4	1,5	75
5	2	50
6	2,5	30
7	3	27
8	3,5	25
9	4	20
10	4,5	15
11	5	0

Tegangan  
output DAC

Rangkaian  
*Pulse Position  
Modulation*

### 5.2.7 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem yang dirancang dalam menjaga suhu dan kelembaban pada nilai set point yang diinginkan, baik diberi gangguan maupun pada saat tidak diberi gangguan, set point untuk suhu yaitu 25°C dan set point untuk kelembaban yaitu 55%RH. Pengujian ini dilakukan menggunakan *prototype* ruangan.



Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat pengendali suhu dan kelembaban ruangan dan memastikan catu daya telah terpasang.
2. Menghidupkan saklar catu daya dan memastikan alat telah bekerja.
3. Mengukur suhu dan kelembaban pada ruangan.

Setelah alat dinyalakan tanpa adanya gangguan suhu awal ruangan sebesar  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (NB / Suhu Sangat Dingin) dan kelembaban ruangan sebesar 47 %RH (NS / Kelembaban Rendah) dan dengan adanya gangguan suhu awal ruangan sebesar  $18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban ruangan 41,3 %RH. Alat melakukan aksi sesuai dengan rules yang diberikan., seperti tabel berikut:

**Tabel 5.7** Tabel Rule

		SUHU				
		NB	NS	Z	PS	PB
K E L E M B A B A N	NB	PEMANAS ++	PEMANAS +	AIR	AIR	AIR
	NS	PEMANAS ++	PEMANAS +	AIR	AIR	AIR
	Z	PEMANAS ++	PEMANAS +	OFF	KIPAS +	KIPAS ++
	PS	PEMANAS ++	PEMANAS +	KIPAS +	KIPAS +	KIPAS ++
	PB	PEMANAS ++	PEMANAS +	KIPAS ++	KIPAS ++	KIPAS ++

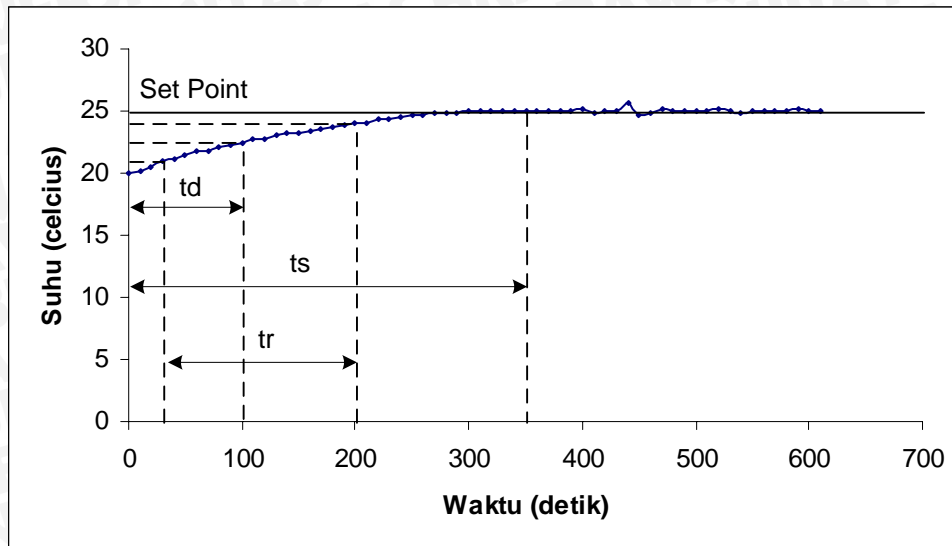
Rata – rata waktu yang diperlukan untuk mengubah suhu per  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  adalah kurang dari 5 menit. Sedangkan rata – rata waktu yang diperlukan untuk mengubah kelembaban per 1 %RH adalah kurang dari 5 menit.

**Tabel 5.8** Hasil Pengujian untuk pengukuran sensor suhu dengan suhu awal 20°C

Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)
20	0	24.93	310
20.3	10	24.93	320
20.6	20	24.94	330
21	30	24.97	340
21.2	40	24.98	350
21.4	50	<b>25</b>	<b>360</b>
21.7	60	25	370
21.8	70	25	380
22.1	80	25	390
22.3	90	25.1	400
<b>22.5</b>	<b>100</b>	24.9	410
22.7	110	25	420
22.8	120	25	430
23	130	25.6	440
23.2	140	24.6	450
23.3	150	24.8	460
23.4	160	25.1	470
23.6	170	25	480
23.7	180	25	490
23.9	190	25	500
24	200	25	510
24.1	210	25.1	520
24.3	220	25	530
24.4	230	24.91	540
24.5	240	25	550
24.6	250	25	560
24.7	260	25	570
24.8	270	25	580
24.85	280	25.1	590
24.9	290	25	600
24.92	300	25	610

Keterangan:

1. Nilai cetak tebal adalah : nilai waktu tunda, td
2. Nilai cetak miring adalah : nilai waktu naik, tr
3. Nilai cetak garis bawah adalah : nilai waktu penetapan, ts



**Gambar 5.7** Grafik Hasil Pengujian Dengan Suhu Awal 20°C

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

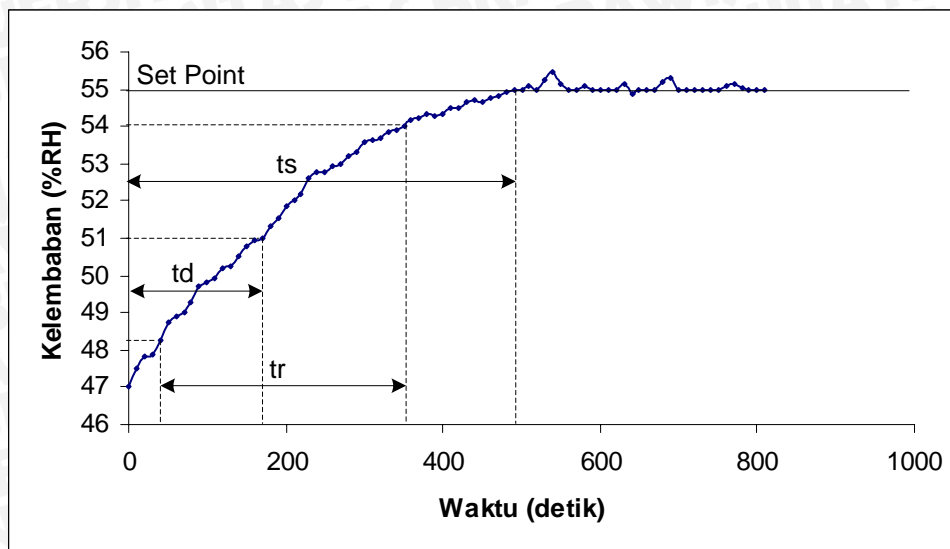
1. Waktu tunda,  $t_d$  : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
  - $t_d$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 100 detik.
2. Waktu naik,  $t_r$  : waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10 - 90 % dari harga akhirnya.
  - $t_r$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 170 detik
3. Waktu turun,  $t_s$  : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*.
  - $t_s$  yang diperoleh adalah 360 detik.
4. *Error steady state* yang terjadi sebesar  $\pm 2,4 \%$  atau sebesar 0,6 °C.

**Tabel 5.9** Hasil Pengujian untuk pengukuran sensor kelembaban dengan kelembaban awal 47%RH

Kelembaban (%RH)	Waktu (detik)	Kelembaban (%RH)	Waktu (detik)
47	0	54.47	410
47.53	10	54.51	420
47.82	20	54.67	430
47.9	30	54.71	440
48.25	40	54.63	450
48.73	50	54.74	460
48.9	60	54.81	470
49	70	54.93	480
49.3	80	55	490
49.73	90	55	500
49.81	100	55.1	510
49.92	110	55	520
50.19	120	55.23	530
50.27	130	55.45	540
50.5	140	55.13	550
50.78	150	55	560
50.93	160	55	570
<b>51</b>	<b>170</b>	55.1	580
51.31	180	55	590
51.52	190	55	600
51.85	200	55	610
52	210	55	620
52.2	220	55.13	630
52.59	230	54.87	640
52.75	240	55	650
52.8	250	55	660
52.91	260	55	670
53	270	55.2	680
53.19	280	55.3	690
53.3	290	55	700
53.58	300	55	710
53.61	310	55	720
53.7	320	55	730
53.83	330	55	740
53.92	340	55	750
54	350	55.1	760
54.18	360	55.15	770
54.23	370	55.01	780
54.31	380	55	790
54.3	390	55	800
54.35	400	55	810

Keterangan:

1. Nilai cetak tebal adalah : nilai waktu tunda, td
2. Nilai cetak miring adalah : nilai waktu naik, tr
3. Nilai cetak garis bawah adalah : nilai waktu penetapan, ts



**Gambar 5.8** Grafik Hasil Pengujian dengan Kelembaban awal 47%RH.

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

1. Waktu tunda,  $t_d$  : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
  - $t_d$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 170 detik.
2. Waktu naik,  $t_r$  : waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10 - 90 % dari harga akhirnya.
  - $t_r$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 310 detik
3. Waktu turun,  $t_s$  : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*.
  - $t_s$  yang diperoleh adalah 490 detik.
4. *Error steady state* yang terjadi sebesar  $\pm 0.67 \%$  atau sebesar 0.45 %RH.

**Tabel 5.10** Hasil Pengujian Dengan Gangguan Pada Saat Suhu Awal 18,5°C

Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
0	18,5	1200	25
10	18,5	1210	25
20	18,5	1220	25,1
30	18,6	1230	25
40	18,6	<b>1240</b>	<b>25</b>
50	18,8	1250	25,1
60	19	1260	25,1
70	19	1270	25,3
80	19	1280	25,4
90	19	1290	25,6
100	19,1	1300	25,7
110	19,1	1310	25,8
120	19,1	1320	25,8
130	19,3	1330	25,9
140	19,3	1340	25,9
150	19,5	1350	25,9
160	19,5	1360	26
170	19,5	1370	26
180	19,6	1380	26
190	19,7	1390	26,1
200	19,9	1400	26,1
210	19,9	1410	25
220	20	1420	25,5
230	20	1430	26,2
240	20,1	1440	26,2
250	20,1	1450	26
260	20,2	1460	26
270	20,3	1470	26,1
280	20,3	1480	26,3
290	20,3	1490	26,3
300	20,4	1500	26,5
310	20,4	1510	26,7
320	20,7	1520	26,7
330	20,7	1530	26,8
340	20,9	1540	26,9
350	20,5	1550	27,1
360	20,6	1560	27,1
370	20,7	1570	27,3
380	20,8	1580	27,4
390	20,6	1590	27,5
400	20,9	1600	27,7
410	20,9	<b>1610</b>	<b>27,7</b>
420	21	1620	27,6
430	21,1	1630	27,5
440	21,3	1640	27,5
450	21,3	1650	27,4
460	21,3	1660	27,3
470	21,5	1670	27,1

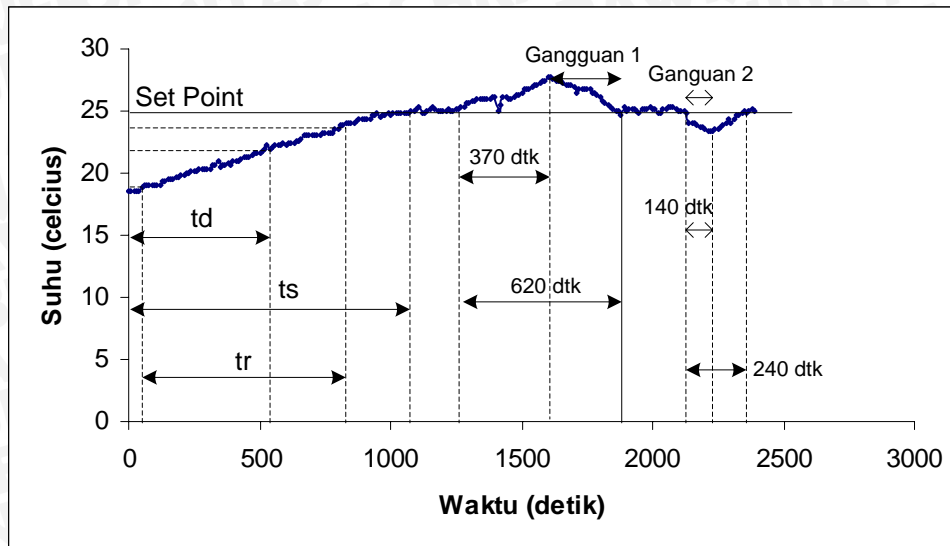
Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
480	21,6	1680	27,1
490	21,6	1690	27,1
500	21,6	1700	26,9
510	21,7	1710	26,5
520	21,9	1720	26,7
530	22,2	1730	26,8
540	22	1740	26,8
550	22,1	1750	26,7
560	22,3	1760	26,7
570	22,3	1770	26,5
580	22,3	1780	26,5
590	22,4	1790	26,3
600	22,3	1800	26,1
610	22,5	1810	25,8
620	22,5	1820	25,7
630	22,5	1830	25,5
640	22,6	1840	25,3
650	22,6	1850	25,1
660	22,8	1860	25
670	23	1870	25
680	23	1880	24,6
690	23	1890	25,3
700	23	1900	25
710	23,1	1910	25,1
720	23,1	1920	25,1
730	23,1	1930	25,1
740	23,3	1940	25
750	23,3	1950	24,8
760	23,3	1960	25,1
770	23,3	1970	25,1
780	23,3	1980	25,1
790	23,5	1990	25,3
800	23,6	2000	25,2
810	23,9	2010	25,1
820	23,9	2020	24,9
830	24	2030	24,9
840	24	2040	25,1
850	24,1	2050	25,1
860	24,1	2060	25,3
870	24,2	2070	25,3
880	24,3	2080	25,3
890	24,3	2090	25,1
900	24,3	2100	25
910	24,4	2110	25
920	24,4	2120	25
930	24,7	2130	24,8
940	24,7	2140	24,1
950	24,9	2150	24
960	24,5	2160	24
970	24,6	2170	23,8

Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
980	24,7	2180	23,7
990	24,8	2190	23,7
1000	24,6	2200	23,6
1010	24,9	2210	23,4
1020	24,9	2220	23,4
1030	24,9	2230	23,4
1040	24,9	2240	23,5
1050	24,9	2250	23,5
1060	24,9	2260	23,7
1070	24,9	2270	23,9
1080	25	2280	24
1090	25	2290	24,3
1100	25,1	2300	24
1110	25,4	2310	24,3
1120	24,8	2320	24,6
1130	24,8	2330	24,6
1140	25	2340	24,8
1150	25,2	2350	25
1160	25,3	2360	24,9
1170	25,2	2370	25
1180	25	2380	25,1
1190	25	2390	25

Keterangan:

1. Nilai cetak tebal adalah : nilai waktu tunda, td
2. Nilai cetak miring adalah : nilai waktu naik, tr
3. Nilai cetak garis bawah adalah : nilai waktu penetapan, ts
4. Nilai cetak tebal dan miring adalah : nilai waktu terjadi gangguan pertama
5. Nilai cetak tebal dan garis bawah adalah : nilai waktu terjadi gangguan kedua





**Gambar 5.9** Grafik hasil pengujian dengan gangguan pada saat suhu awal 18,5°C

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

1. Waktu tunda,  $t_d$  : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
  - $t_d$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 510 detik.
2. Waktu naik,  $t_r$  : waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10 - 90 % dari harga akhirnya.
  - $t_r$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 770 detik
3. Waktu penetapan,  $t_s$  : waktu yang diperlukan untuk mencapai dan menetap dalam daerah *steady state*.
  - $t_s$  yang diperoleh adalah 1080 detik.
4. Mekanisme pemberian gangguan pada suhu:
  - Suhu dalam ruangan dapat berubah karena pengaruh suhu luar. Pada gangguan pertama, perubahan suhu diberikan melalui lampu 60 W.
  - Lampu dinyalakan selama 370 detik dan dilakukan pada detik ke 1240 atau setelah mencapai *steady state*.
  - Setelah 370 detik, lampu dimatikan tepatnya berakhir pada detik ke 1610. Dan didapatkan penyimpangan suhu dari set point sebesar 27.7 °C sehingga terjadi *error steady state* sebesar:  $\pm 10.8\%$  atau sebesar 2.7°C.

5. Pada gangguan kedua, perubahan suhu diberikan dengan cara pintu prototipe ruangan dibuka selama 140 detik.

- Pintu dibuka pada saat mencapai steady state kedua, lebih tepatnya pada detik 2130.
- Setelah 140 detik, pintu ditutup, tepatnya pada detik ke 2270. Dan didapatkan penyimpangan suhu dari set point sebesar 23.9 °C sehingga terjadi error *steady state* sebesar:  $\pm 4.4\%$  atau sebesar 1.1°C.

**Tabel 5.11** Hasil Pengujian Dengan Gangguan Pada Saat Kelembaban Awal 41,3 %RH

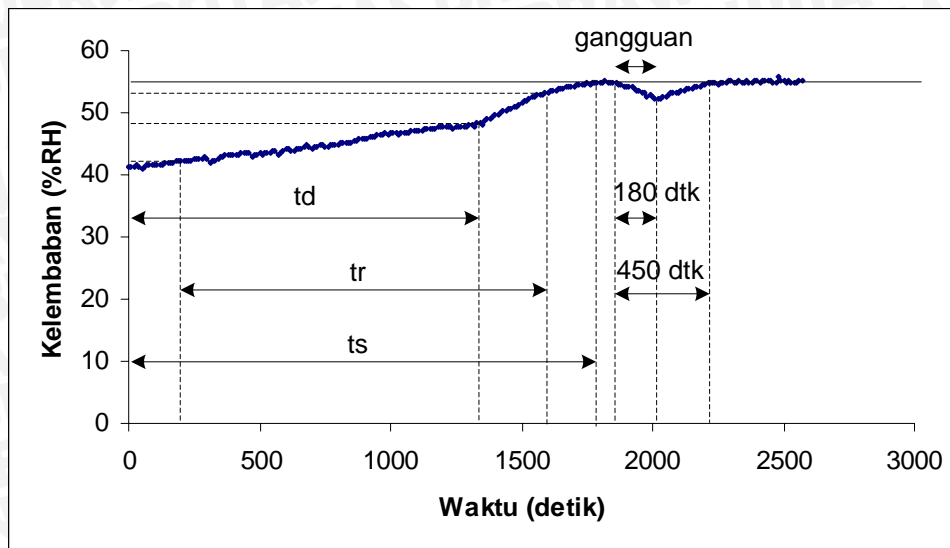
Waktu (detik)	Kelembaban (%RH)	Waktu (detik)	Kelembaban (%RH)
0	41,3	1290	47,9
10	41,3	1300	48
20	41,4	1310	<b>48,1</b>
30	41,6	1320	47,8
40	41,4	1330	48,3
50	41	1340	48,3
60	41,3	1350	48,2
70	41,5	1360	48,7
80	41,6	1370	48,9
90	41,6	1380	49
100	41,6	1390	49,3
110	41,5	1400	49,7
120	41,7	1410	49,8
130	41,7	1420	49,9
140	41,8	1430	50,2
150	41,9	1440	50,2
160	41,9	1450	50,5
170	41,9	1460	50,7
180	<b>42,1</b>	1470	50,9
190	42,1	1480	51
200	42,2	1490	51,3
210	42,4	1500	51,5
220	42,1	1510	51,8
230	42,3	1520	52
240	42,3	1530	52,2
250	42,5	1540	52,5
260	42,6	1550	52,7
270	42,5	1560	52,8
280	42,7	1570	52,9
290	42,9	1580	53
300	42,6	1590	53,1
310	42	1600	53,3
320	42,3	1610	53,5
330	42,3	1620	53,6
340	42,5	1630	53,7

Waktu (detik)	Kelembaban (%RH)	Waktu (detik)	Kelembaban (%RH)
350	42,9	1640	53,8
360	43	1650	53,9
370	43,1	1660	54
380	43,1	1670	54,2
390	43,1	1680	54,2
400	43,3	1690	54,3
410	43,1	1700	54,3
420	43,3	1710	54,4
430	43,4	1720	54,4
440	43,7	1730	54,5
450	43,7	1740	54,6
460	43,5	1750	54,7
470	43	1760	54,6
480	43,3	1770	54,7
490	43,3	1780	54,8
500	43,4	1790	54,9
510	43,1	1800	55
520	43,5	1810	55
530	43,7	1820	55,1
540	43,7	1830	55
550	43,8	1840	54,9
560	43,9	1850	54,9
570	43,3	1860	54,7
580	43,6	1870	54,5
590	43,8	1880	54,4
600	44,1	1890	54,3
610	44,1	1900	54,2
620	44	1910	54,1
630	44	1920	54,1
640	44,3	1930	53,8
650	44,3	1940	53,7
660	44,3	1950	53,6
670	44,6	1960	53,3
680	44,7	1970	53,1
690	44,4	1980	52,7
700	44,3	1990	52,8
710	44,6	2000	52,5
720	44,6	2010	52,1
730	44,7	2020	52,3
740	44,7	2030	52,4
750	44,4	2040	52,7
760	44,6	2050	52,7
770	44,7	2060	52,9
780	44,9	2070	53,1
790	44,9	2080	53,2
800	45	2090	53,3
810	45,3	2100	53,3
820	45,3	2110	53,5
830	45,3	2120	53,7
840	45,1	2130	53,8

Waktu (detik)	Kelembaban (%RH)	Waktu (detik)	Kelembaban (%RH)
850	45,3	2140	53,9
860	45,5	2150	53,9
870	45,6	2160	54,1
880	45,7	2170	54,1
890	45,7	2180	54,3
900	45,8	2190	54,4
910	45,9	2200	54,5
920	46,1	2210	54,7
930	46	2220	54,7
940	46	2230	54,7
950	46,3	2240	54,9
960	46,4	2250	54,5
970	46,4	2260	54,8
980	46,7	2270	54,9
990	46,3	2280	55
1000	46,7	2290	55,1
1010	46,7	2300	55,3
1020	46,9	2310	55
1030	46,6	2320	54,9
1040	46,7	2330	55,3
1050	46,9	2340	55
1060	46,9	2350	55
1070	46,9	2360	55,1
1080	47	2370	55
1090	47	2380	55
1100	47,2	2390	55,1
1110	47	2400	55,1
1120	47,2	2410	55
1130	47,5	2420	55,3
1140	47,3	2430	55,1
1150	47,3	2440	55,1
1160	47,3	2450	55,1
1170	47,4	2460	55
1180	47,7	2470	55
1190	47,7	2480	55,9
1200	47,6	2490	55,1
1210	47,6	2500	55,1
1220	47,7	2510	55
1230	47,7	2520	55,2
1240	47,3	2530	55
1250	47,7	2540	55
1260	47,7	2550	55
1270	47,8	2560	55,3
1280	47,9	2570	55,1

**Keterangan:**

1. Nilai cetak tebal adalah : nilai waktu tunda,  $t_d$
2. Nilai cetak miring adalah : nilai waktu naik,  $t_r$
3. Nilai cetak garis bawah adalah : nilai waktu penetapan,  $t_s$
4. Nilai cetak tebal dan miring adalah : nilai waktu terjadi gangguan



**Gambar 5.10** Grafik hasil pengujian dengan gangguan pada saat kelembaban awal 43,3%RH

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

1. Waktu tunda,  $t_d$  : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
  - $t_d$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 1330 detik.
2. Waktu naik,  $t_r$  : waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10 - 90 % dari harga akhirnya.
  - $t_r$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 1480 detik
3. Waktu penetapan,  $t_s$  : waktu yang diperlukan untuk mencapai dan menetap dalam daerah *steady state*.
  - $t_s$  yang diperoleh adalah 1820 detik.
4. Mekanisme pemberian gangguan pada kelembaban:
  - Kelembaban dapat berubah karena pengaruh panas. Dalam hal ini perubahan kelembaban diberikan melalui lampu 60 W.
  - Lampu dinyalakan selama 180 detik dan dilakukan pada detik ke 1850 atau setelah mencapai *steady state*.
  - Setelah 180 detik, lampu 60 watt dimatikan tepatnya berakhir pada detik ke 2030. Dan didapatkan penyimpangan kelembaban dari set point sebesar 64.1%RH sehingga terjadi *error steady state* sebesar:  $\pm 4.3 \%$  atau sebesar 2.9%RH.