

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu NTC bertujuan untuk mengetahui Tingkat akurasi sensor dalam pembacaan nilai suhu pada air. Dalam pengujian ini, digunakan thermometer digital, untuk mengetahui suhu air yang kemudian akan dibandingkan dengan nilai suhu air yang diukur oleh sensor suhu NTC.

Pengujian sensor suhu NTC dilakukan sebanyak 5 kali percobaan untuk mengetahui ke-akuratan sensor suhu tersebut.

Tabel 4. 1 Pengujian Sensor Suhu

Thermometer	Sensor suhu	Selisih	Error%
digital	NTC		
27,2	27,16	0,04	0,15
31	30,98	0,02	0,06
32	32,15	0,15	0,47
35,3	35,29	0,01	0,03
41,2	41,14	0,06	0,15
Rata-rata Error			0,17%

Dari hasil pengujian dan perbandingan antara nilai sensor suhu NTC dengan thermometer digital diatas, didapatkan error sebesar 0,17%. Berdasarkan hasil error tersebut, sensor suhu ini dapat dikategorikan sebagai alat ukur yang presisi.

4.2 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan AC bertujuan untuk memastikan bahwa sensor tersebut bekerja dengan baik dalam membaca tegangan AC yang terukur. Pengujian sensor tegangan pada alat ini, dilakukan dengan membandingkan pengukuran tegangan antara yang terbaca oleh sensor dibandingkan dengan pembacaan oleh multimeter. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Tegangan

Multimeter	Sensor Tegangan ZMPT101B	Selisih	Error%
220	222,00	2,0	0,91
222	223,00	1,0	0,45
223	223,00	0	0
222	225,00	3,0	1,35
224	224,00	0	0
Rata-rata Error			0,54%

Data kesalah error yang didapat dari pengamatan tabel diatas, dilakukan dalam perhitungan persentase kesalahan. Persentase kesalahan dalam pengukuran tegangan pada alat ini sebesar 54% dan dapat dikategorikan sebagai alat ukur yang presisi.

4.3 Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus ZMCT103C untuk mendapatkan nilai arus efektif atau arus RMS (root mean square). Data keluaran pada sensor ZMCT103C akan diambil secara berkala atau sampling dan diolah untuk nantinya dikalibrasi dengan pembacaan arus pada tang meter.

Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Arus

Clamp Meter	Sensor Arus ZMCT103C	Selisih	Error%
2,00	2,03	0,03	1,50
2,50	2,46	0,04	1,60
2,50	2,54	0,04	1,60
3,00	3,05	0,05	1,67
3,00	2,95	0,05	1,67
Rata-rata Error			1,61%

Data kesalahan error yang didapat dari pengamatan tabel diatas, dilakukan dalam perhitungan persentase kesalahan. Persentase kesalahan dalam pengukuran arus pada alat ini sebesar 1,61% dan dapat dikategorikan sebagai alat ukur yang presisi.

4.4 Pengujian Interface

Interface atau antarmuka merupakan hal penting bagi suatu alat untuk melakukan monitoring. Pada sistem ini digunakan interface berupa LCD TFT yang mana pada LCD ini pengguna dapat memasukkan nilai set point. Pada LCD akan ditampilkan nilai aktual suhu, tegangan, arus dan nilai parameter PID. Berikut tampilan LCD dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Tampilan LCD

Pada gambar 4.1, dapat dilihat suhu aktual air yaitu 53°C, tegangan sebesar 223 volt, arus 0,21 ampere, dan nilai parameter PID yaitu $K_P = 5$, $K_I = 0.02$ dan $K_D = 1.50$

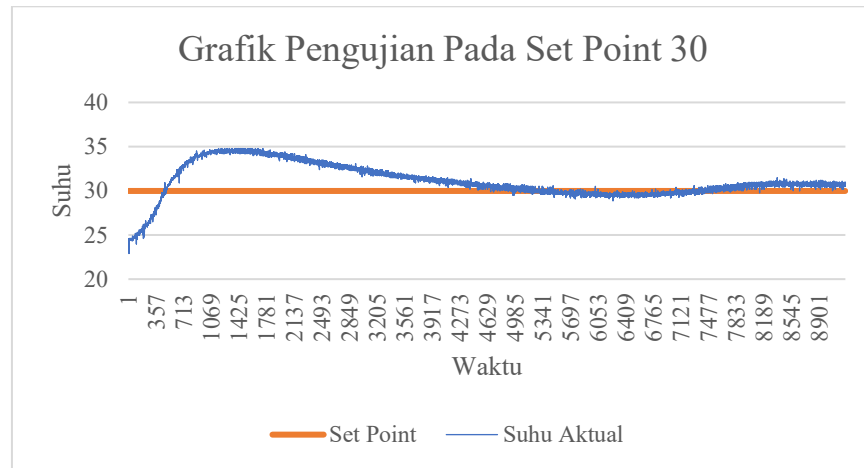
4.5 Pengujian Keseluruhan Alat

Percobaan dilakukan dengan menggunakan suhu set point sebesar 30°C, 40°C, 50°C dan set point 50°C menggunakan gangguan di ruangan bersuhu 25°C dengan menggunakan nilai parameter PID $K_P = 2.40$, $K_I = 0.19$ dan $K_D = 7.50$.

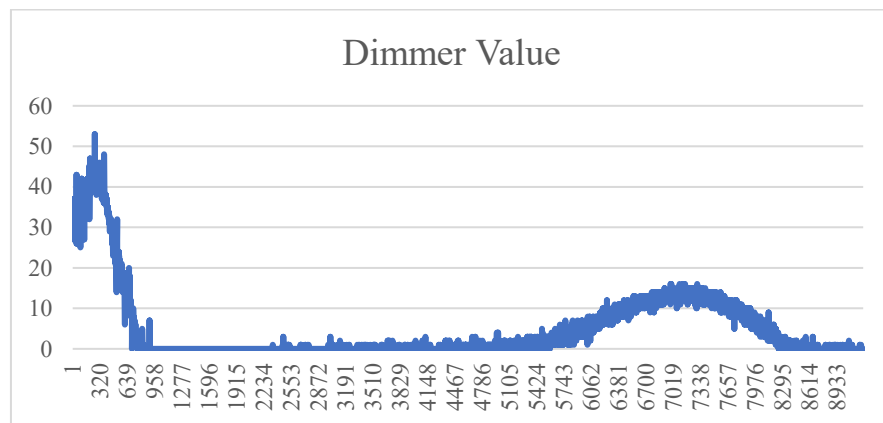
4.5.1 Pengujian Dengan Set Point 30°C

Pengujian alat ini dilakukan dengan menggunakan 154 data yang diambil per 60 detik selama 2 jam 34 menit, yang dimulai dari suhu 24,3°C

sampai dengan suhu 34,8°C, hal ini dilakukan untuk mengamati kenaikan dan penurunan suhu.



Gambar 4. 2 Grafik Pengujian Pada Set Point 30



Gambar 4. 3 Grafik Nilai Dimmer Pada Set Point 30

No	Suhu Aktual	Error	Dimmer Value
1	24,3	5,7	28
2	24,7	5,3	33
3	25,1	4,9	37
4	25,6	4,4	40
5	26,3	3,7	43
6	27	3	43
7	28	2	39
8	29	1	33
9	29,8	0,2	27
10	31	-1	23

11	31,7	-1,7	18
12	32,5	-2,5	11
13	32,7	-2,7	5
14	33,3	-3,3	0
15	33,4	-3,4	0
16	33,9	-3,9	0
17	34,2	-4,2	0
18	34,3	-4,3	0
19	34,5	-4,5	0
20	34,5	-4,5	0
21	34,4	-4,4	0
22	34,5	-4,5	0
23	34,5	-4,5	0
24	34,3	-4,3	0
25	34,8	-4,8	0
26	34,2	-4,2	0
27	34,3	-4,3	0
28	34,1	-4,1	0
29	34,3	-4,3	0
30	34,3	-4,3	0
31	34,2	-4,2	0
32	34,1	-4,1	0
33	34	-4	0
34	33,8	-3,8	0
35	34,1	-4,1	0
36	33,9	-3,9	0
37	33,6	-3,6	0
38	33,6	-3,6	0
39	33,2	-3,2	0
40	33,4	-3,4	1
41	33,1	-3,1	0
42	32,4	-2,4	0
43	32,9	-2,9	0
44	33	-3	0
45	32,9	-2,9	0
46	33,1	-3,1	0
47	32,5	-2,5	0
48	32,8	-2,8	0
49	32,3	-2,3	0
50	32,4	-2,4	0
51	32,4	-2,4	0
52	32,5	-2,5	0
53	32,3	-2,3	0
54	32,3	-2,3	0

55	32	-2	0
56	31,7	-1,7	0
57	31,7	-1,7	0
58	31,8	-1,8	0
59	31,8	-1,8	0
60	31,7	-1,7	0
61	31,4	-1,4	0
62	31,6	-1,6	0
63	31,6	-1,6	0
64	31,6	-1,6	0
65	31,4	-1,4	0
66	31,1	-1,1	0
67	31,1	-1,1	0
68	31,3	-1,3	0
69	31	-1	0
70	31,1	-1,1	0
71	31,1	-1,1	0
72	30,8	-0,8	0
73	31	-1	0
74	30,7	-0,7	0
75	30,5	-0,5	0
76	30,7	-0,7	0
77	30,5	-0,5	0
78	30,5	-0,5	0
79	30,7	-0,7	0
80	30,6	-0,6	0
81	30,4	-0,4	0
82	30,6	-0,6	0
83	30,4	-0,4	0
84	30,2	-0,2	0
85	30,4	-0,4	0
86	30,1	-0,1	0
87	30,1	-0,1	1
88	30,2	-0,2	0
89	30,1	-0,1	1
90	30	0	1
91	29,6	0,4	1
92	29,7	0,3	2
93	29,8	0,2	1
94	29,9	0,1	3
95	29,6	0,4	5
96	29,9	0,1	2
97	29,8	0,2	4
98	29,9	0,1	4

99	29,8	0,2	5
100	29,7	0,3	4
101	29,6	0,4	6
102	29,4	0,6	5
103	29,7	0,3	8
104	29,6	0,4	6
105	29,5	0,5	7
106	29,5	0,5	6
107	29,5	0,5	9
108	29,6	0,4	8
109	29,7	0,3	10
110	29,5	0,5	10
111	29,7	0,3	11
112	29,5	0,5	12
113	29,5	0,5	12
114	29,5	0,5	12
115	29,6	0,4	13
116	29,6	0,4	14
117	29,5	0,5	14
118	29,6	0,4	13
119	30	0	12
120	30,1	-0,1	13
121	29,8	0,2	14
122	30	0	13
123	30	0	13
124	30,4	-0,4	12
125	30	0	12
126	30,5	-0,5	14
127	30,2	-0,2	11
128	30,1	-0,1	11
129	30,2	-0,2	10
130	30,6	-0,6	12
131	30,7	-0,7	10
132	30,6	-0,6	9
133	30,5	-0,5	10
134	30,5	-0,5	7
135	30,8	-0,8	5
136	30,8	-0,8	5
137	30,6	-0,6	3
138	30,8	-0,8	5
139	30,5	-0,5	0
140	30,6	-0,6	0
141	30,8	-0,8	0
142	31,1	-1,1	0

143	30,8	-0,8	0
144	30,7	-0,7	0
145	30,7	-0,7	0
146	31,1	-1,1	0
147	30,7	-0,7	0
148	30,7	-0,7	0
149	30,6	-0,6	0
150	30,4	-0,4	0
151	30,6	-0,6	0
152	30,7	-0,7	0
153	30,8	-0,8	0
154	30,8	-0,8	0

Dapat dilihat berdasarkan tabel 4.4 dan grafik 4.2, sistem membutuhkan waktu sebesar 459 detik atau setara dengan 7 menit 39 detik untuk mencapai nilai set point. Pada pengujian ini juga didapatkan nilai suhu tertinggi yang dibaca sensor sebesar 34,8°C. Pada pengujian ini didapatkan pengukuran dari indikator delay time, rise time, peak time dan settling time sebagai berikut:

a. Delay Time

Delay time atau waktu tunda merupakan waktu yang menyatakan keterlambatan respon sistem yang diukur mulai dari waktu awal sistem dihidupkan sampai dengan waktu pertama kali sistem merespon. Berdasarkan pengujian ini, waktu tunda sistem dimulai dari suhu 24,3°C sampai dengan 24,6°C, yang mana waktu tunda pada sistem ini 88 detik atau sama dengan 1 menit 28 detik.

b. Rise Time

Rise time atau waktu naik merupakan waktu yang diukur mulai dari waktu dari sistem merespon pertama kali sampai dengan waktu Dimana sistem mencapai nilai steady state pertama kali. Berdasarkan pengujian ini, waktu naik sistem dimulai dari suhu 24,6°C sampai dengan 30,2°C, yang mana waktu naik pada sistem ini 371 detik atau sama dengan 6 menit 11 detik.

c. Peak Time

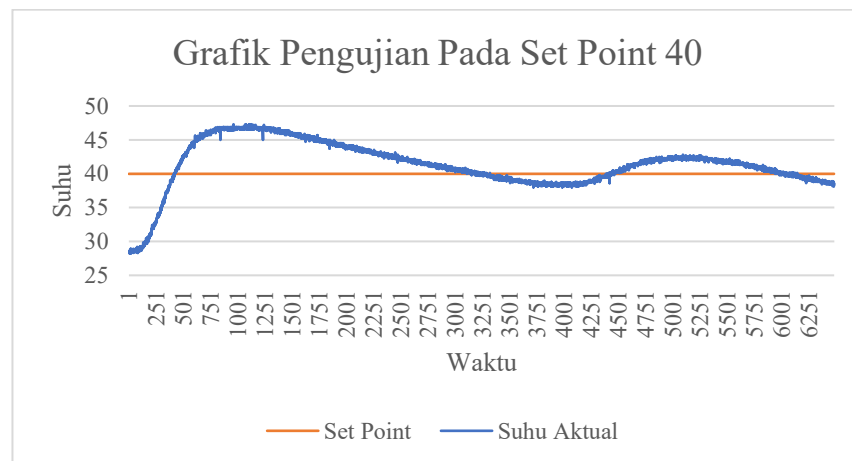
Peak time atau waktu puncak merupakan waktu yang diperlukan mulai dari sistem berjalan pertama kali hingga mencapai puncak pertama overshoot. Berdasarkan pengujian ini, waktu puncak sistem berada pada suhu 34,8°C, yang mana waktu puncak pada sistem ini 1196 detik atau sama dengan 19 menit 56 detik.

d. Settling Time

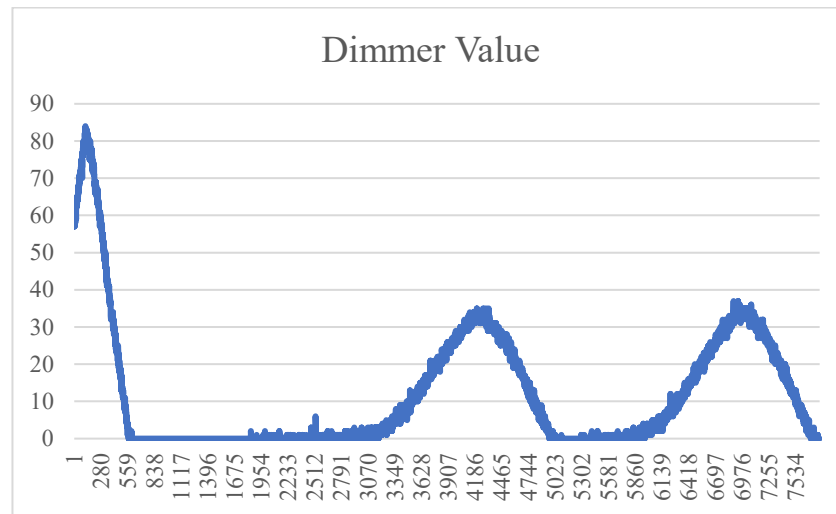
Settling time atau waktu tunak merupakan waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ dari keadaan steady state. Berdasarkan pengujian ini, didapatkan waktu tunak sistem untuk suhu 30°C ke 34,8°C, yaitu 129 detik atau sama dengan 11 menit 47 detik.

4.5.2 Pengujian Dengan Set Point 40°C

Pengujian alat ini dilakukan dengan menggunakan 130 data yang diambil per 60 detik selama 2 jam 9 menit, yang dimulai dari suhu 28,5°C sampai dengan suhu 47,3°C, hal ini dilakukan untuk mengamati kenaikan dan penurunan suhu.



Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Pada Set Point 40



Gambar 4. 5 Grafik Nilai Dimmer Pada Set Point 40

No	Suhu Aktual	Error	Dimmer Value
1	28,5	11,5	57
2	28,9	11,1	71
3	29	11	83
4	30	10	75
5	32,6	7,4	65
6	35,3	4,7	55
7	37,8	2,2	39
8	39,8	0,2	30
9	42	-2	19
10	43,1	-3,1	6
11	44,5	-4,5	0
12	45,6	-5,6	0
13	45,9	-5,9	0
14	46,4	-6,4	0
15	45	-5	0
16	46,8	-6,8	0
17	46,7	-6,7	0
18	46,9	-6,9	0
19	46,8	-6,8	0
20	46,8	-6,8	0
21	46,9	-6,9	0
22	46,7	-6,7	0
23	46,5	-6,5	0
24	46,7	-6,7	0
25	45,9	-5,9	0
26	46	-6	0

27	45,7	-5,7	0
28	44,7	-4,7	0
29	45,4	-5,4	0
30	44,8	-4,8	0
31	45	-5	0
32	44,6	-4,6	0
33	44,2	-4,2	0
34	44,1	-4,1	0
35	44,1	-4,1	0
36	43,8	-3,8	0
37	43,7	-3,7	0
38	43,3	-3,3	0
39	42,8	-2,8	0
40	42,3	-2,3	0
41	42,7	-2,7	0
42	42	-2	0
43	42,1	-2,1	0
44	42,1	-2,1	0
45	41,4	-1,4	0
46	41,6	-1,6	0
47	41,3	-1,3	0
48	41	-1	1
49	40,7	-0,7	0
50	40,8	-0,8	2
51	40,9	-0,9	0
52	40,3	-0,3	0
53	40,2	-0,2	0
54	40,1	-0,1	1
55	40,1	-0,1	4
56	39,8	0,2	5
57	39,6	0,4	6
58	39,4	0,6	7
59	39	1	9
60	39,1	0,9	11
61	38,9	1,1	13
62	38,8	1,2	15
63	38,6	1,4	17
64	38,4	1,6	21
65	38,3	1,7	21
66	38,4	1,6	25
67	38,3	1,7	27
68	38,3	1,7	27
69	38,6	1,4	29
70	38,7	1,3	32

71	38,7	1,3	35
72	39	1	33
73	39,7	0,3	33
74	39,6	0,4	29
75	40,3	-0,3	27
76	40,3	-0,3	26
77	40,8	-0,8	23
78	41,3	-1,3	19
79	41,5	-1,5	16
80	41,7	-1,7	11
81	42,1	-2,1	10
82	42,2	-2,2	6
83	42,2	-2,2	5
84	42,1	-2,1	0
85	42,3	-2,3	0
86	42,1	-2,1	0
87	42,3	-2,3	0
88	42,3	-2,3	0
89	42,3	-2,3	0
90	42,3	-2,3	0
91	42	-2	0
92	42,1	-2,1	2
93	41,6	-1,6	0
94	41,4	-1,4	0
95	41,4	-1,4	0
96	41,4	-1,4	1
97	40,9	-0,9	0
98	40,9	-0,9	2
99	40,5	-0,5	2
100	40,4	-0,4	1
101	40,2	-0,2	2
102	39,7	0,3	4
103	39,7	0,3	4
104	39,4	0,6	7
105	39,5	0,5	10
106	39	1	11
107	39	1	11
108	38,8	1,2	16
109	38,3	1,7	18
110	38,6	1,4	19
111	38	2	22
112	38,2	1,8	25
113	38,3	1,7	28
114	38,3	1,7	30

115	38,7	1,3	32
116	38,3	1,7	33
117	38,6	1,4	34
118	39,1	0,9	34
119	39,2	0,8	32
120	39,5	0,5	29
121	40,1	-0,1	29
122	40,2	-0,2	24
123	41,1	-1,1	22
124	41	-1	19
125	41,7	-1,7	16
126	41,9	-1,9	12
127	42,2	-2,2	10
128	42,2	-2,2	6
129	42,3	-2,3	1
130	42,2	-2,2	0

Dapat dilihat berdasarkan tabel 4.5 dan grafik 4.3, sistem membutuhkan waktu sebesar 415 detik atau setara dengan 6 menit 55 detik untuk mencapai nilai set point. Pada pengujian ini juga didapatkan nilai suhu tertinggi yang dibaca sensor sebesar 47,3°C. Pada pengujian ini didapatkan pengukuran dari indikator delay time, rise time, peak time dan settling time sebagai berikut:

a. Delay Time

Delay time atau waktu tunda merupakan waktu yang menyatakan keterlambatan respon sistem yang diukur mulai dari waktu awal sistem dihidupkan sampai dengan waktu pertama kali sistem merespon. Berdasarkan pengujian ini, waktu tunda sistem dimulai dari suhu 28,5°C sampai dengan 28,7°C, yang mana waktu tunda pada sistem ini 74 detik sama dengan 1 menit 14 detik.

b. Rise Time

Rise time atau waktu naik merupakan waktu yang diukur mulai dari waktu dari sistem merespon pertama kali sampai dengan waktu Dimana sistem mencapai nilai steady state pertama kali. Berdasarkan

pengujian ini, waktu naik sistem dimulai dari suhu 28,7°C sampai dengan 40°C, yang mana waktu naik pada sistem ini 341 detik atau sama dengan 5 menit 41 detik.

c. Peak Time

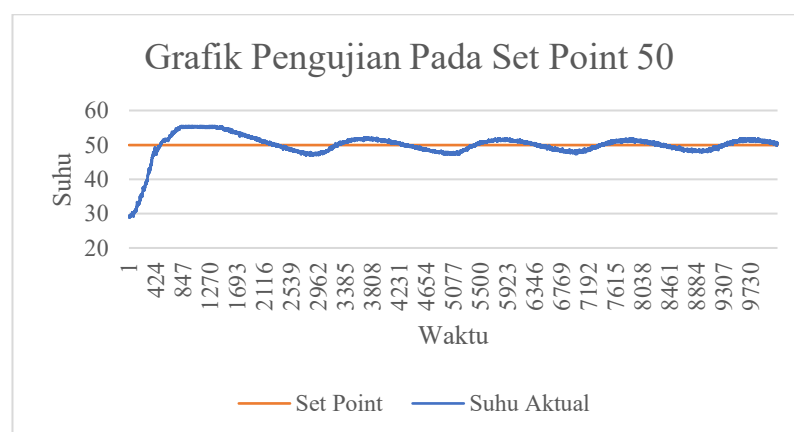
Peak time atau waktu puncak merupakan waktu yang diperlukan mulai dari sistem berjalan pertama kali hingga mencapai puncak pertama overshoot. Berdasarkan pengujian ini, waktu puncak sistem berada pada suhu 47,3°C, yang mana waktu puncak pada sistem ini 963 detik atau sama dengan 16 menit 3 detik.

d. Settling Time

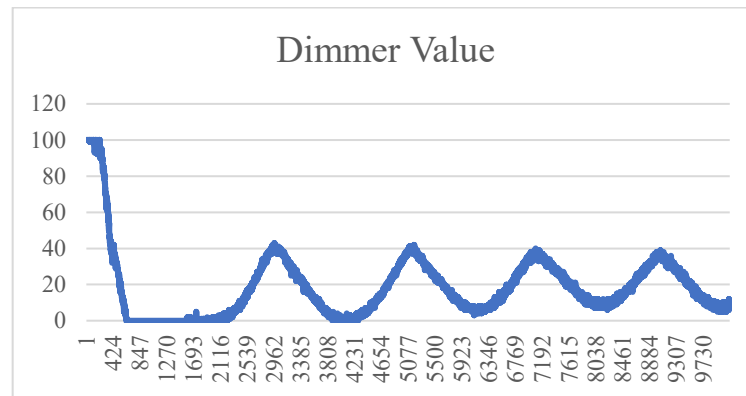
Settling time atau waktu tunak merupakan waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ dari keadaan steady state. Berdasarkan pengujian ini, didapatkan waktu tunak sistem untuk suhu 40°C ke 47,3°C, yaitu 541 detik atau sama dengan 9 menit 1 detik.

4.5.3 Pengujian Dengan Set Point 50°C

Pengujian alat ini dilakukan dengan menggunakan 168 data yang diambil per 60 detik selama 2 jam 40 menit, yang dimulai dari suhu 29,5°C sampai dengan suhu 55,5°C, hal ini dilakukan untuk mengamati kenaikan dan penurunan suhu.



Gambar 4. 6 Grafik Perubahan Suhu Pada Set Point 50



Gambar 4. 7 Grafik Perubahan Nilai Dimmer Pada Set Point 50

No	Suhu Aktual	Error	Dimmer Value
1	29,5	20,5	100
2	30,2	19,8	100
3	31,8	18,2	98
4	34	16	100
5	36,8	13,2	93
6	41,4	8,6	70
7	45,7	4,3	53
8	48,9	1,1	35
9	49,4	0,6	32
10	51,2	-1,2	18
11	51,6	-1,6	9
12	52,8	-2,8	0
13	53,7	-3,7	0
14	54,8	-4,8	0
15	55,3	-5,3	0
16	55,2	-5,2	0
17	55,5	-5,5	0
18	55,5	-5,5	0
19	55,3	-5,3	0
20	55,3	-5,3	0
21	55	-5	0
22	55,3	-5,3	0
23	55,5	-5,5	0
24	54,9	-4,9	0
25	55,1	-5,1	0
26	54,8	-4,8	0
27	53,8	-3,8	0
28	53,4	-3,4	0
29	53,2	-3,2	0

30	52,9	-2,9	0
31	52,4	-2,4	0
32	52,2	-2,2	0
33	51,8	-1,8	0
34	51,6	-1,6	0
35	50,9	-0,9	0
36	50,9	-0,9	2
37	50,5	-0,5	4
38	50,2	-0,2	5
39	50,1	-0,1	6
40	49,2	0,8	7
41	48,8	1,2	10
42	48,4	1,6	14
43	48,7	1,3	17
44	48,1	1,9	20
45	47,9	2,1	23
46	47,3	2,7	29
47	47,3	2,7	33
48	47,4	2,6	36
49	47,4	2,6	41
50	47,6	2,4	39
51	48	2	38
52	48,4	1,6	38
53	49,1	0,9	34
54	49,8	0,2	28
55	50,2	-0,2	27
56	50,6	-0,6	23
57	51	-1	20
58	51,3	-1,3	17
59	51,5	-1,5	15
60	51,9	-1,9	13
61	51,8	-1,8	12
62	52,1	-2,1	7
63	51,8	-1,8	4
64	51,5	-1,5	4
65	51,8	-1,8	1
66	51,3	-1,3	0
67	51,2	-1,2	0
68	50,9	-0,9	2
69	50,6	-0,6	1
70	50,8	-0,8	1
71	50,3	-0,3	2
72	50,1	-0,1	2
73	49,6	0,4	4

74	49,5	0,5	5
75	49,5	0,5	8
76	48,8	1,2	13
77	48,4	1,6	14
78	48,4	1,6	19
79	48	2	21
80	47,9	2,1	26
81	47,9	2,1	30
82	47,4	2,6	32
83	47,3	2,7	35
84	47,6	2,4	40
85	47,9	2,1	41
86	48,3	1,7	37
87	48,9	1,1	34
88	49,9	0,1	31
89	49,9	0,1	28
90	50,2	-0,2	27
91	50,9	-0,9	24
92	50,8	-0,8	22
93	51,3	-1,3	20
94	51,2	-1,2	17
95	51,2	-1,2	16
96	51,3	-1,3	13
97	51,5	-1,5	12
98	51,5	-1,5	10
99	51,6	-1,6	10
100	51,5	-1,5	8
101	51	-1	7
102	51,2	-1,2	6
103	51	-1	5
104	50,6	-0,6	6
105	50,3	-0,3	6
106	49,9	0,1	7
107	49,6	0,4	9
108	49,5	0,5	11
109	49,4	0,6	13
110	48,8	1,2	15
111	48,7	1,3	18
112	48,5	1,5	20
113	48,1	1,9	24
114	48,3	1,7	27
115	47,9	2,1	32
116	48,1	1,9	32
117	47,7	2,3	35

118	47,9	2,1	37
119	48,3	1,7	38
120	48,7	1,3	36
121	49,2	0,8	33
122	49,5	0,5	31
123	49,8	0,2	27
124	50,3	-0,3	26
125	50,3	-0,3	26
126	51	-1	19
127	51,2	-1,2	18
128	51,2	-1,2	17
129	51,3	-1,3	12
130	51,2	-1,2	10
131	51,3	-1,3	10
132	51	-1	9
133	51	-1	8
134	50,9	-0,9	10
135	50,3	-0,3	8
136	50,6	-0,6	8
137	50,3	-0,3	10
138	49,9	0,1	11
139	49,8	0,2	12
140	49,5	0,5	14
141	49,1	0,9	16
142	49,1	0,9	18
143	48,8	1,2	19
144	48,5	1,5	23
145	48,4	1,6	28
146	48,4	1,6	31
147	48,4	1,6	32
148	48,4	1,6	33
149	48,4	1,6	34
150	48,5	1,5	35
151	48,4	1,6	35
152	49,1	0,9	32
153	49,6	0,4	29
154	49,6	0,4	28
155	50,2	-0,2	26
156	50,6	-0,6	24
157	51	-1	22
158	51	-1	20
159	51,3	-1,3	16
160	51,6	-1,6	15
161	51,3	-1,3	13

162	51,6	-1,6	10
163	51,5	-1,5	9
164	51,2	-1,2	8
165	51	-1	9
166	50,6	-0,6	7
167	50,5	-0,5	8
168	50,8	-0,8	9

Dapat dilihat berdasarkan tabel 4.6 dan grafik 4.4, sistem membutuhkan waktu sebesar 494 detik atau setara dengan 8 menit 14 detik untuk mencapai nilai set point. Pada pengujian ini juga didapatkan nilai suhu tertinggi yang dibaca sensor sebesar 55,5°C. Pada pengujian ini didapatkan pengukuran dari indikator delay time, rise time, peak time dan settling time sebagai berikut:

a. Delay Time

Delay time atau waktu tunda merupakan waktu yang menyatakan keterlambatan respon sistem yang diukur mulai dari waktu awal sistem dihidupkan sampai dengan waktu pertama kali sistem merespon. Berdasarkan pengujian ini, waktu tunda sistem dimulai dari suhu 29,5°C sampai dengan 29,6°C, yang mana waktu tunda pada sistem ini 47 detik.

b. Rise Time

Rise time atau waktu naik merupakan waktu yang diukur mulai dari waktu dari sistem merespon pertama kali sampai dengan waktu Dimana sistem mencapai nilai steady state pertama kali. Berdasarkan pengujian ini, waktu naik sistem dimulai dari suhu 29,6°C sampai dengan 50,1°C, yang mana waktu naik pada sistem ini 447 detik atau sama dengan 7 menit 27 detik.

c. Peak Time

Peak time atau waktu puncak merupakan waktu yang diperlukan mulai dari sistem berjalan pertama kali hingga mencapai puncak pertama overshoot. Berdasarkan pengujian ini, waktu puncak sistem

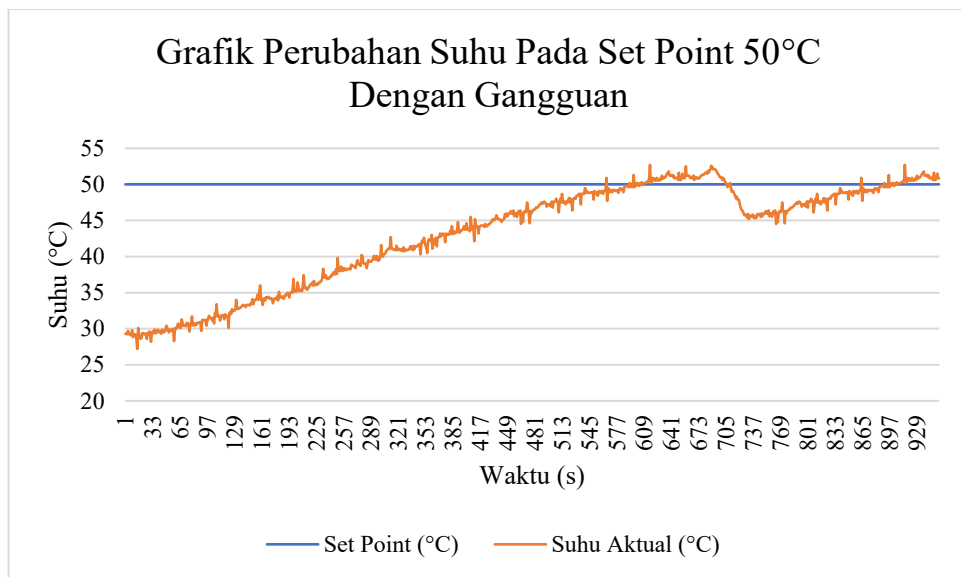
berada pada suhu 55,5°C, yang mana waktu puncak pada sistem ini 807 detik atau sama dengan 13 menit 27 detik.

d. Settling Time

Settling time atau waktu tunak merupakan waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ dari keadaan steady state. Berdasarkan pengujian ini, didapatkan waktu tunak sistem untuk suhu 50,1°C ke 55,5°C, yaitu 313 detik atau sama dengan 5 menit 13 detik.

4.5.4 Pengujian Dengan Gangguan

Pengujian alat kali ini dilakukan dengan adanya gangguan berupa es batu yang dimasukkan kedalam air setelah suhu air telah mencapai set point yaitu 50°C. hal ini dilakukan bertujuan untuk menguji apakah alat dapat memanaskan air kembali menuju set point. Tabel perubahan suhu dan grafik perubahan suhu dapat dilihat pada tabel 4.7 dan grafik 4.5.



Gambar 4. 8 Grafik Perubahan Suhu Pada Set Point 50 Dengan Gangguan

Tabel 4. 4 Perubahan Suhu Pada Set Point 50 Dengan Gangguan

No	Set Point (°C)	Suhu Aktual (°C)	Error
1	50	29,3	20,7
2	50	29,2	20,8
3	50	29,4	20,6

4	50	28,2	21,8
5	50	29,6	20,4
6	50	29,7	20,3
7	50	30	20
8	50	30,5	19,5
9	50	30,4	19,6
10	50	31,2	18,8
11	50	31,5	18,5
12	50	31,8	18,2
13	50	31,8	18,2
14	50	34	16
15	50	33,2	16,8
16	50	33,4	16,6
17	50	34,1	15,9
18	50	34,2	15,8
19	50	35,1	14,9
20	50	35	15
21	50	35,1	14,9
22	50	35,8	14,2
23	50	36	14
24	50	36,7	13,3
25	50	37,2	12,8
26	50	38,1	11,9
27	50	38,2	11,8
28	50	38,4	11,6
29	50	39	11
30	50	39,5	10,5
31	50	41,6	8,4
32	50	41,1	8,9
33	50	41,1	8,9
34	50	40,9	9,1
35	50	41,4	8,6
36	50	42,6	7,4
37	50	41,1	8,9
38	50	42,8	7,2
39	50	43,1	6,9
40	50	44,8	5,2
41	50	44,6	5,4
42	50	45,2	4,8
43	50	44,3	5,7
44	50	45	5
45	50	45,1	4,9
46	50	45,9	4,1
47	50	46	4

48	50	46,3	3,7
49	50	46,5	3,5
50	50	47,5	2,5
51	50	47,6	2,4
52	50	48	2
53	50	48,1	1,9
54	50	48,4	1,6
55	50	48,8	1,2
56	50	49,1	0,9
57	50	48,7	1,3
58	50	49,2	0,8
59	50	49,5	0,5
60	50	49,6	0,4
61	50	49,9	0,1
62	50	50,2	-0,2
63	50	50,8	-0,8
64	50	50,8	-0,8
65	50	51,2	-1,2
66	50	50,6	-0,6
67	50	51,2	-1,2
68	50	50,8	-0,8
69	50	51,6	-1,6
70	50	52,1	-2,1
71	50	50,6	-0,6
72	50	49,5	0,5
73	50	47,6	2,4
74	50	45,9	4,1
75	50	45,4	4,6
76	50	46,1	3,9
77	50	46,3	3,7
78	50	47,5	2,5
79	50	46,8	3,2
80	50	47,6	2,4
81	50	46,8	3,2
82	50	47,5	2,5
83	50	47,5	2,5
84	50	48,5	1,5
85	50	49,1	0,9
86	50	48,7	1,3
87	50	49,1	0,9
88	50	48,9	1,1
89	50	49,4	0,6
90	50	50,2	-0,2
91	50	50,2	-0,2

92	50	50,3	-0,3
93	50	50,5	-0,5
94	50	50,8	-0,8
95	50	51,3	-1,3
96	50	50,6	-0,6

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.7 dan grafik 4.5, sebelum diberi gangguan sistem mencapai titik steady state pada waktu 600 detik atau sama dengan 10 menit. Kemudian, sistem diberi gangguan dengan cara memasukkan es batu kedalam gelas beaker. Pada pengujian ini sistem merespon penurunan suhu air sampai dengan 45,3°C, dan recovery time pada sistem untuk mencapai nilai steady state lagi yaitu 203 detik atau sama dengan 3 menit 23 detik.