

BAB IV

PENGUJIAN, ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian sistem pengendali kenaikan suhu udara dengan kendali PID menggunakan PLC LG MASTER-K120S dan modul ekspansi PLC G7F-ADHA yang meliputi pengujian kenaikan suhu dengan *SET VALUE* yang berbeda dan pengujian monitoring simulasi pengendalian Kenaikan suhu udara dengan pengendali PID menggunakan *software* CimonD.

Pembahasan di bab ini menyangkut beberapa hal yang terkait dengan perancangan sistem yaitu antara lain:

1. Pengujian *hardware*
2. Pengujian SCADA dengan *software* CimonD
3. Analisis Kendali PID Untuk Menjaga Kestabilan Suhu

4.1 Pengujian *Hardware*

4.1.1 Pengujian Rangkaian Op – Amp dan Sensor LM 35

Pengujian rangkaian Op – Amp ini dilakukan untuk memperkuat tegangan yang dihasilkan sensor LM35 karena sangat kecil. Rangkaian ini adalah tipe *non-inverting* yang akan menguatkan keluaran tegangan dari sensor LM35 sebesar 5.54 kali yang sesuai dengan perhitungan pada persamaan 3.1.

Tabel 4.1 Pengujian OP – Amp

Parameter (C ₀)	U ₁ (V ₀)	U ₂ (V ₀)	U ₃ (V ₀)	U ₄ (V ₀)
30	0.299	1.66	1.656	-0.004
31	0.312	1.73	1.728	-0.002
32	0.323	1.79	1.789	-0.001
33	0.332	1.84	1.839	-0.001
34	0.348	1.93	1.927	-0.003
35	0.359	1.99	1.988	-0.002
36	0.366	2.03	2.027	-0.003
37	0.377	2.09	2.088	-0.002
38	0.388	2.15	2.149	-0.001
39	0.397	2.2	2.199	-0.001
40	0.406	2.25	2.249	-0.001
41	0.416	2.31	2.304	-0.006
42	0.427	2.37	2.365	-0.005
43	0.438	2.43	2.426	-0.004
44	0.447	2.48	2.476	-0.004
45	0.456	2.53	2.526	-0.004
46	0.467	2.59	2.587	-0.003
47	0.476	2.64	2.637	-0.003
48	0.489	2.71	2.709	-0.001
49	0.498	2.76	2.758	-0.002
50	0.507	2.81	2.808	-0.002
51	0.519	2.88	2.875	-0.005
52	0.528	2.93	2.925	-0.005
53	0.543	3.01	3.008	-0.002
54	0.55	3.05	3.047	-0.003
55	0.561	3.11	3.107	-0.003
56	0.57	3.16	3.157	-0.003
57	0.579	3.21	3.207	-0.003
58	0.588	3.26	3.257	-0.003
59	0.597	3.31	3.307	-0.003
60	0.611	3.39	3.384	-0.006

Dari table pengujian di atas, dapat dilihat bahwa tegangan keluaran sensor LM35 cukup kecil, setelah dikuatkan dengan rangkaian OP – Amp tegangannya dapat dinaikkan sekitar ± 5.5 kali. Dengan demikian rangkaian penguat ini dapat dikatakan sudah bekerja dengan baik dengan rata-rata *error* sebesar 0.003.



Gambar 4.1 Perbandingan suhu termometer dengan tegangan *output* op-amp

Dari gambar grafik hubungan di atas dapat diketahui bahwa, perubahan suhu sebanding dengan perubahan nilai tegangan output pada op-amp

4.1.2 Pengujian Modul Ekspansi PLC G7F-ADHA Sebagai ADC/DAC

Modul ekspansi ADHA ini berfungsi sebagai ADC dan DAC. Seperti karakteristiknya modul ini dapat merubah sinyal analog berupa tegangan ke bentuk digital 0 – 4000 dan sebaliknya. Setiap kenaikan tegangan $2.5 \mu\text{V}$ setara dengan kenaikan 1 digital atau sebaliknya.

4.1.2.1 G7F-ADHA Sebagai ADC

Pada pengujian ini mengamati nilai konversi suhu ke bentuk digital.

Tabel 4.2 Nilai konversi suhu ke tegangan dan ke bilangan digital

Suhu sebenarnya (thermometer)	Vout op-amp yang tertampil di cimonX	Nilai digital pada ADC
30	1.40	560
31	1.46	584
32	1.52	608
33	1.58	632
34	1.64	656
35	1.70	680
36	1.76	704
37	1.82	728
38	1.88	752
39	1.94	776
40	2.00	800
41	2.06	824
42	2.12	848
43	2.18	872
44	2.24	896
45	2.30	920
46	2.35	940
47	2.40	960
48	2.46	984
49	2.52	1008
50	2.58	1032
51	2.64	1056
52	2.69	1076
53	2.75	1100
54	2.81	1124
55	2.88	1152
56	2.92	1168
57	2.98	1192
58	3.04	1216
59	3.10	1240
60	3.16	1264

4.1.2.2 G7F-ADHA Sebagai DAC

Pada pengujian ini adalah nilai *manipulated value* hasil konversi bilangan digital ke tegangan dan dibatasi Pada parameter PID. Berikut adalah table konversinya.

Tabel 4.3 Nilai konversi bilangan digital ke tegangan output.

Nilai digital pada DAC	Tegangan output
704	1.76 V
708	1.77 V
712	1.78 V
716	1.79 V
720	1.80 V
724	1.81 V
728	1.82 V
732	1.83 V
736	1.84 V
740	1.85 V
744	1.86 V
748	1.87 V
752	1.88 V
756	1.89 V
860	1.90 V
800	2.00 V

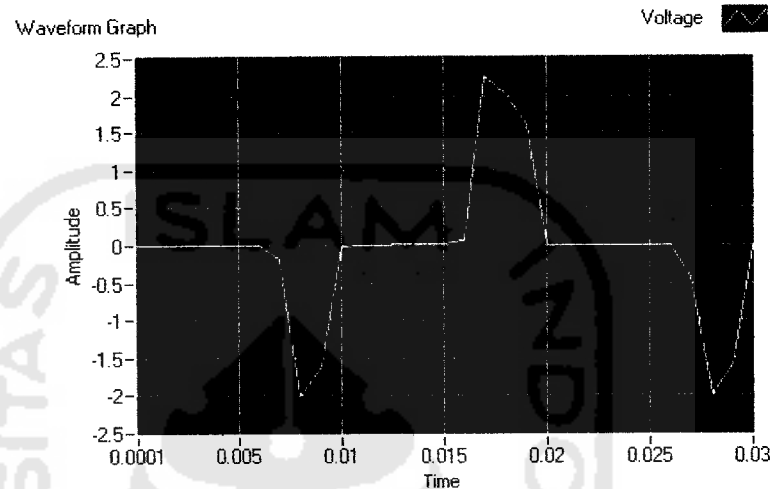
4.1.3 Pengujian *Driver AC*

Pada pengujian driver AC ini dilakukan untuk mengetahui besar nilai penyulutan tegangan DC yang berpengaruh terhadap pengaturan besarnya tegangan AC yang dikeluarkan oleh Triac. Besarnya nilai tegangan DC yang digunakan yaitu 1.76 – 2.0 Vdc untuk mengatur tegangan 0 – 220 Vac.

4.1.3.1 Pengujian Penyulutan Pada Triac

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk gelombang pada keluaran Triac. Gelombang yang melalui Triac akan diamati terhadap masukan

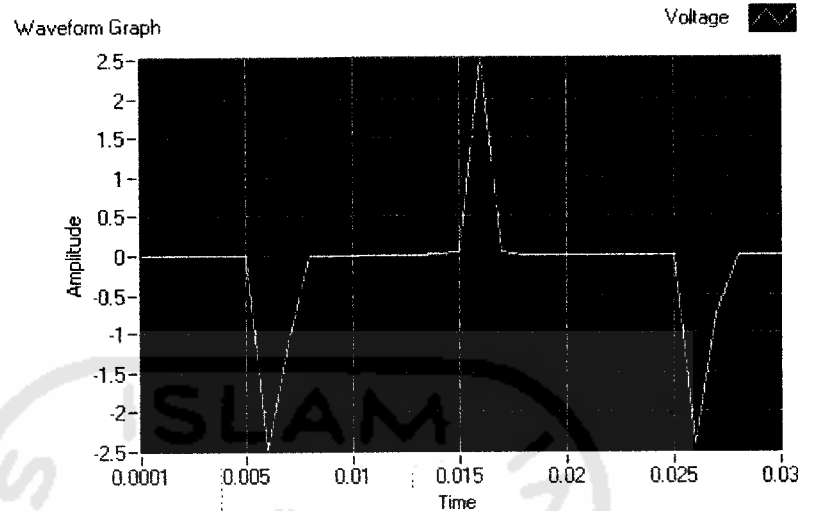
tegangan DC yang dikeluarkan dari NI DAQ 6009. Hasil untuk tegangan yang dikeluarkan dari NI DAQ 6009 sebesar 1.76 Vdc yaitu :



Gambar 4.2 Gelombang Output Triac untuk 1.76 Vdc

Pengujian gelombang pada output Triac di atas, dilakukan tanpa terhubung dengan beban. Jika pengujian ini dilakukan terhubung dengan beban, maka gelombang yang dihasilkan akan rusak atau banyak *noise* dan susah untuk dilakukan pengamatan. Selain itu, jika tegangan yang dikeluarkan dari NI DAQ 6009 makin besar, maka gelombang yang dihasilkan akan semakin tidak beraturan.

Selanjutnya untuk tegangan yang dikeluarkan dari NI DAQ 6009 sebesar 2 Vdc dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 4.3 Gelombang Output Triac untuk 2.0 Vdc

Dapat dilihat gelombang diatas memiliki *delay* yang lebih kecil dibandingkan dengan gambar gelombang yang melalui Triac sebelumnya. Perlu diketahui bahwa gelombang ini adalah gelombang yang melewati Triac. Gelombang yang melewati beban adalah bagian gelombang AC yang seolah-olah hilang.

Pada grafik tersebut terlihat bahwa semakin besar tegangan masukan maka besarnya *delay* makin kecil hal ini karena adanya pembalikan nilai pada programnya. Tujuan dari pembalikan nilai adalah agar saat nilai Vdc makin besar maka tegangan yang ke beban akan semakin besar. Akibat adanya pembalikan itu maka makin besar tegangan masukan Vdc makin kecil *delay*-nya tetapi tegangan yang dilewatkan ke beban akan semakin besar karena daya yang dilewatkan melalui Triac makin besar. Jadi makin besar masukan tegangan Vdc *heater* akan panas.

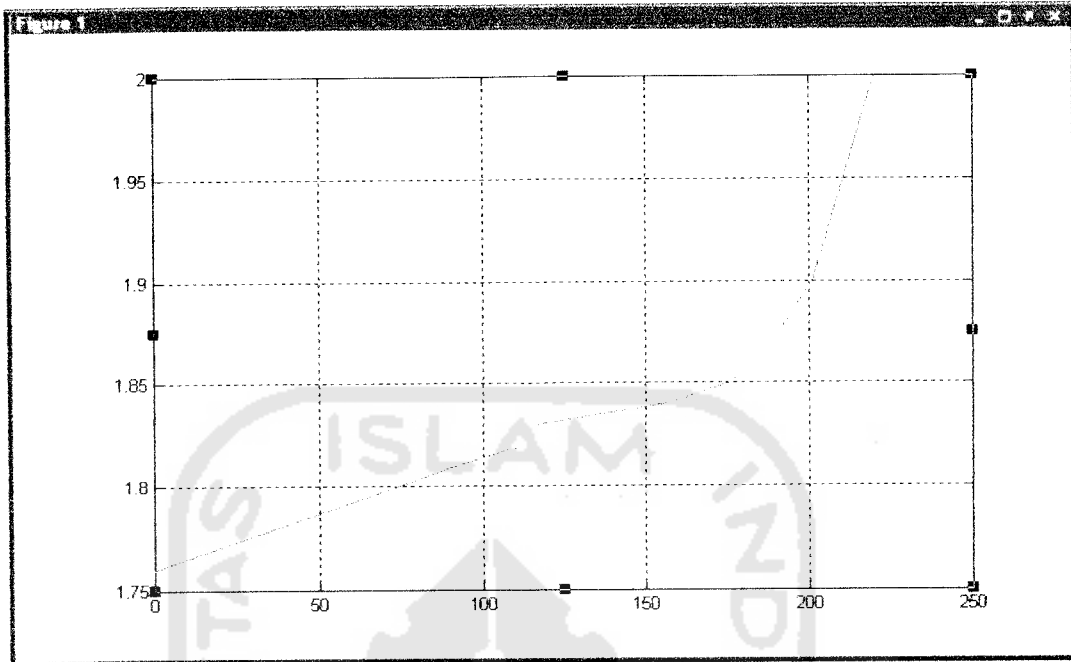
4.1.3.2 Pengujian Driver AC Terhubung Beban

Pengujian ini dilakukan untuk dapat mengetahui besarnya nilai AC saat terhubung beban, alat ukur yang digunakan yaitu multimeter digital. Tegangan AC yang diatur yaitu 0 - 220 Vac dan tegangan DC dari NI DAQ sebagai penyulutnya sebesar 1.76 – 2.1 Vdc.

Tabel 4.4 Pengujian Driver AC

Vdc	Vac
1.76	1
1.81	91
1.82	111
1.83	116.
1.84	157.
1.85	176.
1.86	183
1.87	188
1.88	193
1.89	197
1.90	201
2.00	220

Dari data pengujian , didapatkan hasil seperti tabel di atas. Besarnya keluaran nilai tegangan DC dari NI DAQ memiliki *range* (jangkauan) cukup kecil agar dapat memicu keluaran tegangan AC sampai maksimal. Perubahan sedikit pada tegangan DC langsung dapat memberikan picuan pada gate Triac yang akan membuka aliran tegangan AC. Sehingga dapat dikatakan penyulutan pada gate Triac sangat sensitif. Tidak perlu menggunakan tegangan maksimal dari NI DAQ sebesar 5 Vdc.



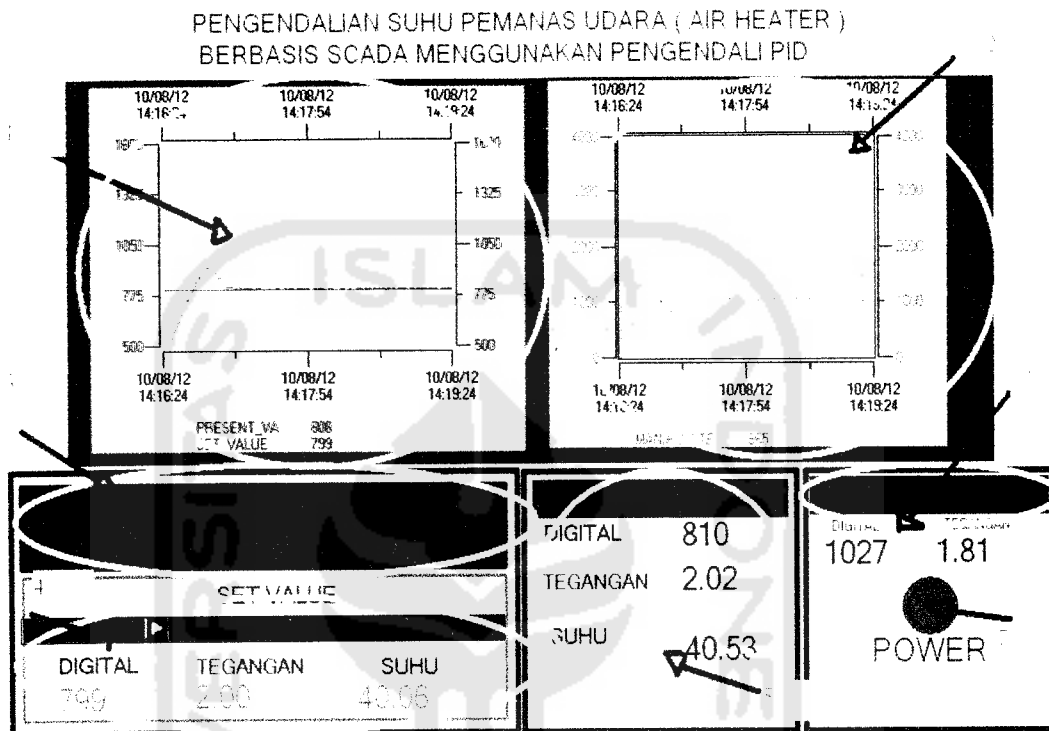
Gambar 4.4 Grafik Pengujian *Driver AC*

Dari gambar grafik di atas dapat dilihat perbandingan antara tegangan DAQ yang dikeluarkan dengan besarnya tegangan AC yang dihasilkan menunjukkan hubungan yang tidak linear. Hal ini disebabkan karena rangkaian *driver* kurang mendukung untuk menghasilkan sistem yang linear dan juga karakteristik dari Triac yang cenderung kurang linear

4.2 Pengujian SCADA dengan *Software CimonD*

Fungsi *software CimonD* sebagai HMI dalam sistem SCADA adalah untuk simulasi, monitoring dan kontrol, untuk itu dalam tugas akhir ini pengujian terhadap simulasi kontrol PID dalam *software CimonD*. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan akan terlihat pada simulasi yang telah dibuat dengan menggunakan simulasi *CimonD*. Simulasi ini berguna untuk mengendalikan program PLC tanpa perlu ada tambahan perangkat luar.

. Berikut adalah contoh hasil dari simulasi kontrol yang telah dibuat, seperti pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Simulasi untuk kendali suhu udara

Keterangan:

1. **Grafik untuk monitoring nilai set value dan present value suhu udara;** Nilai *set value* suhu udara tertampil pada bagian ini dengan warna biru, sedangkan *present value* berwarna merah. Nilai dari set value mempunyai *range* antara 700 – 1300 dalam skala digital atau dalam suhu antara 30°C – 60 °C. Pada grafik ini akan dibandingkan nilai antara *set value* (SV) dan present value (PV) sehingga diharapkan selisih antara SV dan PV sama dengan nol sehingga sistem berada dalam keadaan *steady state*.

2. **Grafik untuk monitoring nilai *manipulated value*** ; Grafik ini adalah hasil kalkulasi dari parameter PID .
3. **Parameter P, Ti, dan Td** ; merupakan tempat untuk menginputkan *setting* parameter- parameter P, Ti, Td untuk mendapatkan respon sistem yang paling baik. Adapun *range* dari P adalah 1 – 10000, Ti adalah 0-20000 dan Td adalah 0 - 20000.
4. **Masukan *set value***; tempat untuk memasukan nilai *set value* dengan cara memasukan nilai *set value*-nya atau menggeser bagian *slider*
5. ***Present value***; tampilan untuk membaca tegangan, nilai digital, serta suhu dari sensor LM 35.
6. ***Manipulated value***; merupakan nilai kalkulasi PID yang merupakan *output* dari PLC.
7. ***Power*** ; tombol untuk menghidupkan dan mematikan simulasi.

4.3 Analisis Kendali PID Untuk Menjaga Kestabilan Suhu

Perancangan sistem telah dilakukan maka pengujian sistem dijalankan, dalam pengujian ini dilakukan dalam algoritma PID yang didukung oleh PLC LG MASTER K 120S. Dalam pengujian ini dilakukan dalam tiga *set value* sebesar 40°C, 50°C dan 60 °C . Dalam kinerjanya, sistem kontrol memiliki tanggapan terhadap masukan, biasanya karakteristik kinerja suatu sistem kontrol dicirikan oleh tanggapan transien. Tanggapan transien adalah tanggapan sistem yang berlangsung dari awal sampai akhir atau hingga sistem stabil. Pada tanggapan transien ini ada beberapa karakteristik yang perlu diketahui yaitu:

- Waktu naik/*rise time* (t_r) adalah waktu yang diperlukan tanggapan untuk naik dari 10 % menjadi 90 %.
- Waktu setpoint /*setting time* adalah waktu yang diperlukan tanggapan untuk mencapai keadaan stabil.
- Waktu puncak (t_p) adalah waktu yang diperlukan tanggapan untuk mencapai puncak pertama *overshoot*.
- Maksimum (persen) overshoot, M_p adalah nilai puncak kurva tanggapan diukur dari satuan. Apabila nilai akhir keadaan tunak tanggapannya jauh dari satu, maka biasa digunakan persen *overshoot* maksimum, dan didefinisikan oleh

$$\text{Maksimum (persen) overshoot} = \frac{\text{overshoot} - \text{setvalue}}{\text{setvalue}} \times 100\%$$

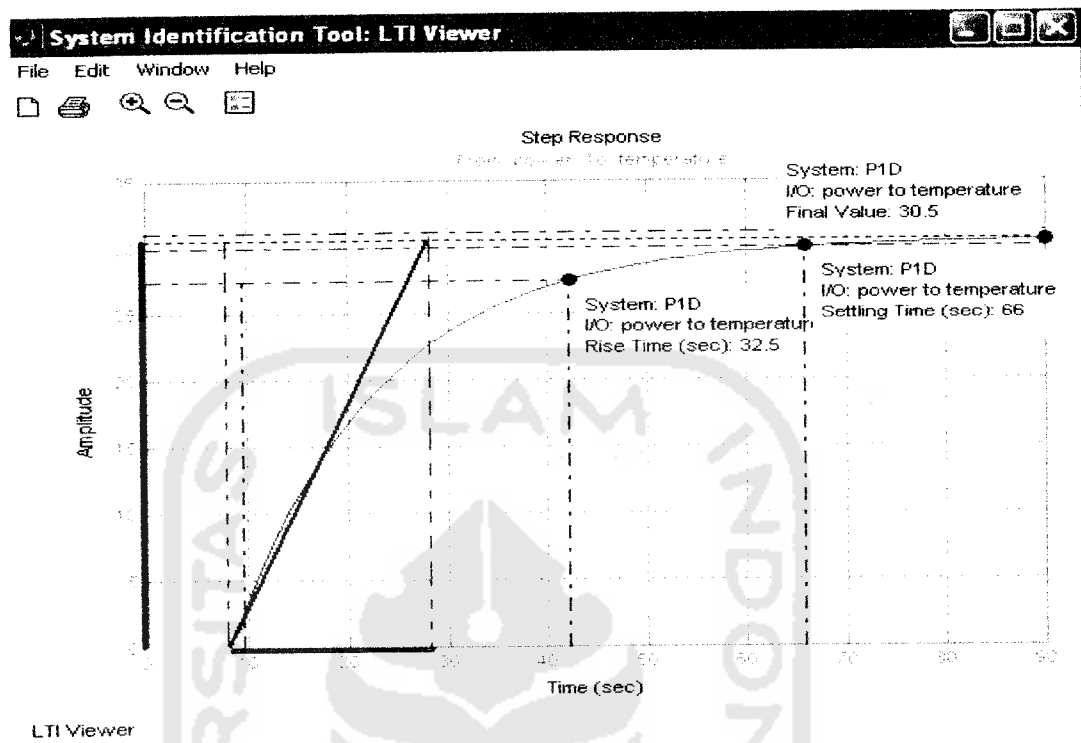
Dengan karakteristik seperti diatas maka analisis kinerja kontrol PID pada tugas akhir ini dapat dilakukan.

4.3.1 Nilai K_p , T_i , T_d dari hasil Pemodelan dan Identifikasi Sistem

Transfer fungsi *plant heater* diperoleh setelah melakukan pemodelan dan identifikasi sistem *plant*, yaitu:

$$G(s) = \frac{30.517 e^{-8.137}}{14.777s + 1}$$

Dengan menggunakan MATLAB, *step response* dari *transfer* fungsi sistem diperoleh:



Gambar 4.6 Step Respon Sistem *Plant heater*

Parameter-parameter sistem diperoleh dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols. Dari persamaan plant heater:

$$G(s) = \frac{30.517 e^{-8.137s}}{14.777s + 1}$$

maka:

$$L \text{ (garis warna kuning) } = 8,137 \text{ s}$$

$$T \text{ (garis warna merah) } = 20 \text{ s}$$

$$K \text{ (garis warna biru tua) } = 30.517$$

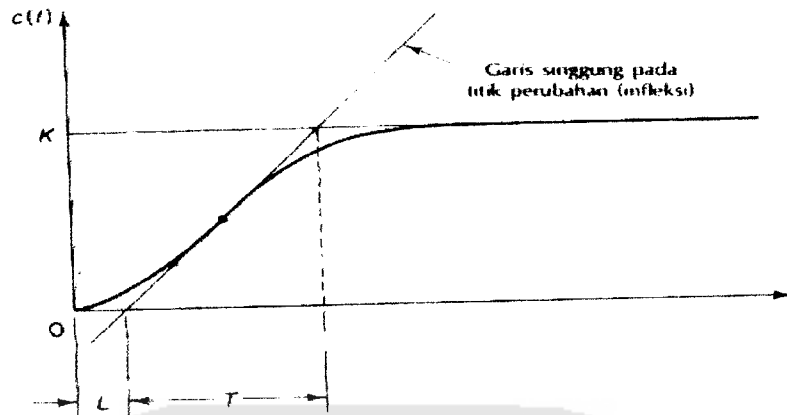


Table 4.5 Aturan Ziegler Nichols 1

Tipe alat kontrol	K_p	T_i	T_d
P	T/L	\sim	0
PI	$0.9 T/L$	$L/0.3$	0
PID	$1.2 T/L$	$2L$	$0.5L$

Berdasarkan metode *open-loop Ziegler-Nichols*, maka:

$$\dots\dots\dots (4.1)$$

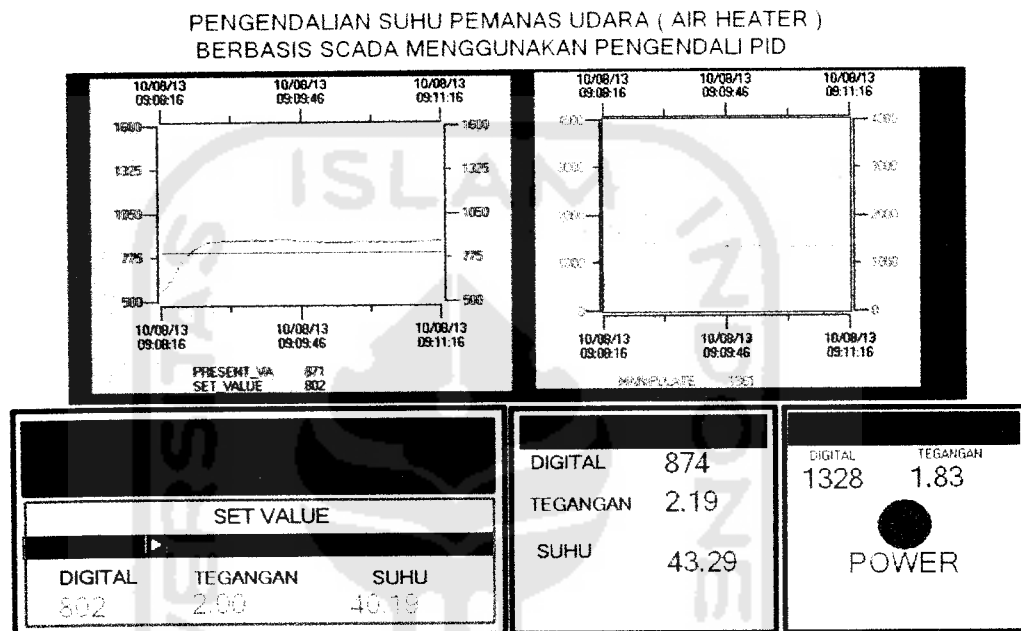
$$\dots\dots\dots (4.2)$$

$$T_D = 0.5(L) = 0.5(8.137) = 4.068 \dots\dots\dots (4.3)$$

Dalam perannya sebagai masukan untuk PLC nilai proporsional mendapatkan pengali seratus kali, sedangkan untuk integral dan derivatif

dikalikan sepuluh kali. Sehingga nilai masukan pada sistem akan menjadi 295 untuk proporsional, 163 untuk integral dan 41 untuk derivatif.

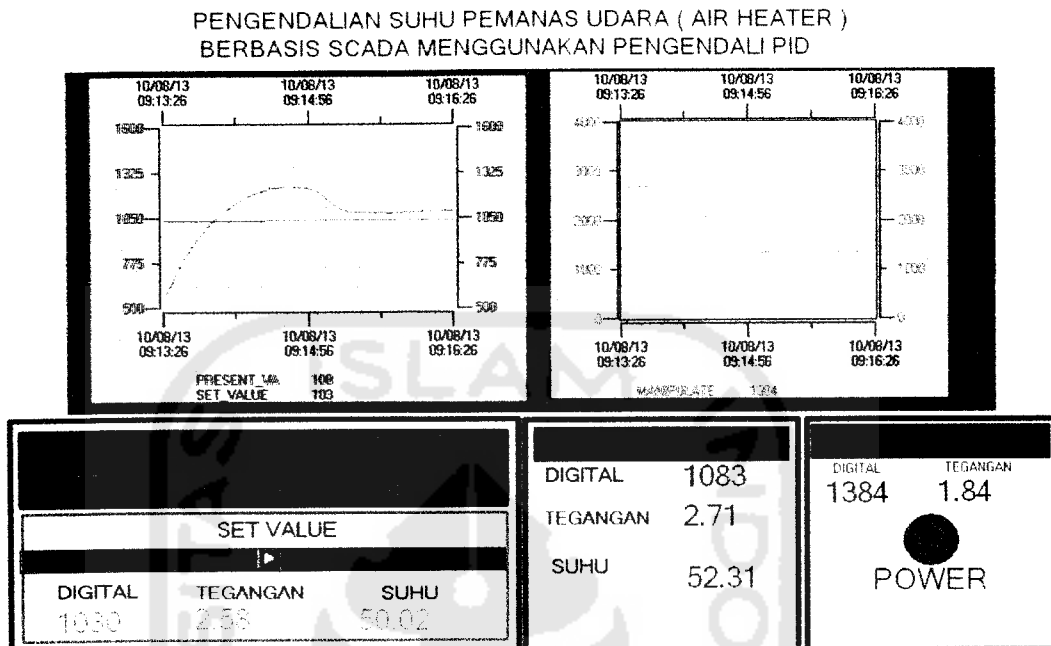
a. Dari suhu 30°C sampai *set point* 40°C



Gambar 4.7 Grafik *Setpoint* 40°C (1)

Dari pengamatan yang dilakukan, nilai suhu awal adalah berkisar pada suhu 30°C implementasinya bisa dilihat pada grafik di atas. Diberi masukan *setpoint* 40.19°C . Terlihat dalam grafik bahwa dengan parameter PID ini tidak dapat menahan suhu pada *setpoint* yang diinginkan. Awalnya tanggapan transien adalah sekitar 10 detik untuk *rise time*, setelah melewati *setpoint* menuju suhu 43°C , tidak terjadi penurunan suhu ke *setpoint* yang dikehendaki. Tanggapan sistem mengalami *steady state* pada suhu 43°C pada waktu 30 detik, artinya ada *error* sistem sebesar 3°C .

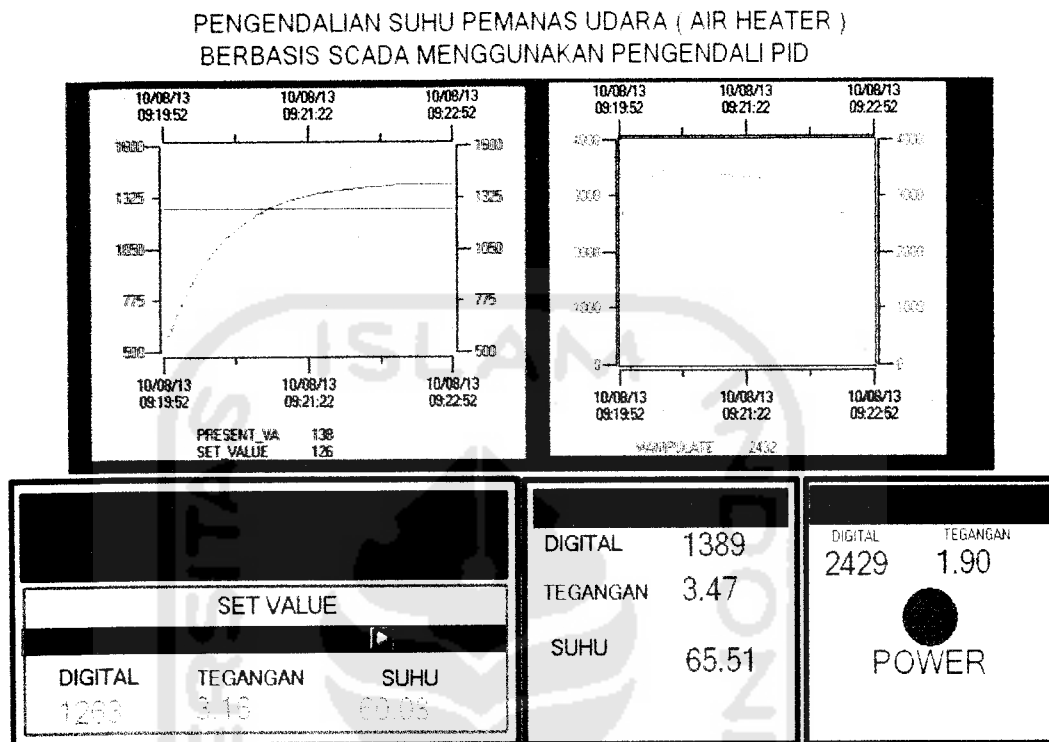
b. Dari suhu 30° C sampai *set point* 50° C



Gambar 4.8 Grafik *Setpoint* 50° C (2)

Dari pengamatan yang dilakukan, nilai suhu awal adalah berkisar pada suhu 30°C implementasinya bisa dilihat pada grafik di atas. Diberi masukan *setpoint* 50.°C. Terlihat dalam grafik bahwa dengan parameter PID ini tidak dapat menahan suhu pada *setpoint* yang diinginkan. Awalnya tanggapan transien adalah sekitar 20 detik untuk *rise time* , setelah melewati *setpoint* pada suhu 50°C terjadi *overshoot* menuju suhu 57°C pada waktu 60 detik sampai 90 detik, kemudian terjadi penurunan suhu ke suhu 52°C. Tanggapan sistem mengalami *steady state* pada suhu 52°C pada waktu 120 detik, artinya ada *error* sistem sebesar 2°C.

c. Dari suhu 30° C sampai *set point* 60° C



Gambar 4.9 Grafik *Setpoint* 60° C (3)

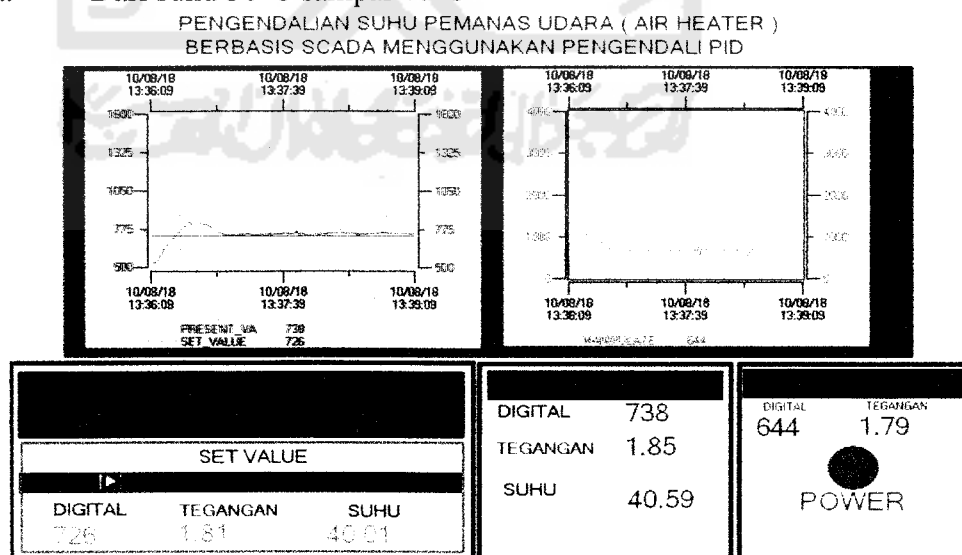
Dari pengamatan yang dilakukan, nilai suhu awal adalah berkisar pada suhu 30°C implementasinya bisa dilihat pada grafik di atas. Diberi masukan *setpoint* 60.°C. Terlihat dalam grafik bahwa dengan parameter PID ini tidak dapat menahan suhu pada *setpoint* yang diinginkan. Awalnya tanggapan transien adalah sekitar 45 detik untuk *rise time* , setelah melewati *setpoint* pada suhu 60°C terjadi *overshoot* menuju suhu 65°C. Setelah pengamatan selama 3 menit tidak terjadi penurunan ke *setpoint* yang diinginkan. *Error* sistem dalam percobaan ini sebesar 5°C.

4.3.2 Metode *trial and error*

- Parameter $K_p = 220$, $T_i = 80$, $T_d = 41$

Untuk memperbaiki tanggapan keluaran sistem maka dari nilai K_p , T_i , dan T_d dari hasil metode Ziegler-Nichols perlu di ubah nilai K_p dan T_i nya agar *error* sistem dapat diperkecil dan nilai *overshoot* tidak terlalu tinggi. Pengaruh nilai K_p yang besar adalah respon sistem semakin cepat mencapai keadaan mantabnya namun jika nilai K_p diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem akan berosilasi, maka dalam percobaan selanjutnya nilai K_p akan diperkecil dari 295 menjadi 220. Untuk memperberkecil *error* sistem maka nilai K_i harus dinaikan, maka nilai T_i harus diperkecil dari 163 menjadi 80 karena nilai K_i bergantung dari K_p dan T_i dimana $K_i = K_p / T_i$. Berikut percobaan dengan *setpoint* 40°C, 50°C, dan 60°C.

- a. Dari suhu 30°C sampai 40°C



Gambar 4.10 Grafik *Setpoint* 40° C (4)

Dari pengamatan yang dilakukan, terjadi perubahan terhadap tanggapan sistem setelah nilai parameter K_p dan T_i diubah dimana *error* sistem semakin kecil dibandingkan pada tanggapan dengan setpoint yang sama pada parameter sebelumnya. Namun pada tanggapan ini *overshoot* masih mencapai 44°C . Selain itu setelah mencapai suhu 40°C masih terjadi osilasi namun tidak terlalu besar. Dari hasil respon diatas diketahui nilai karakteristik tanggapan adalah seperti tabel 4.6.

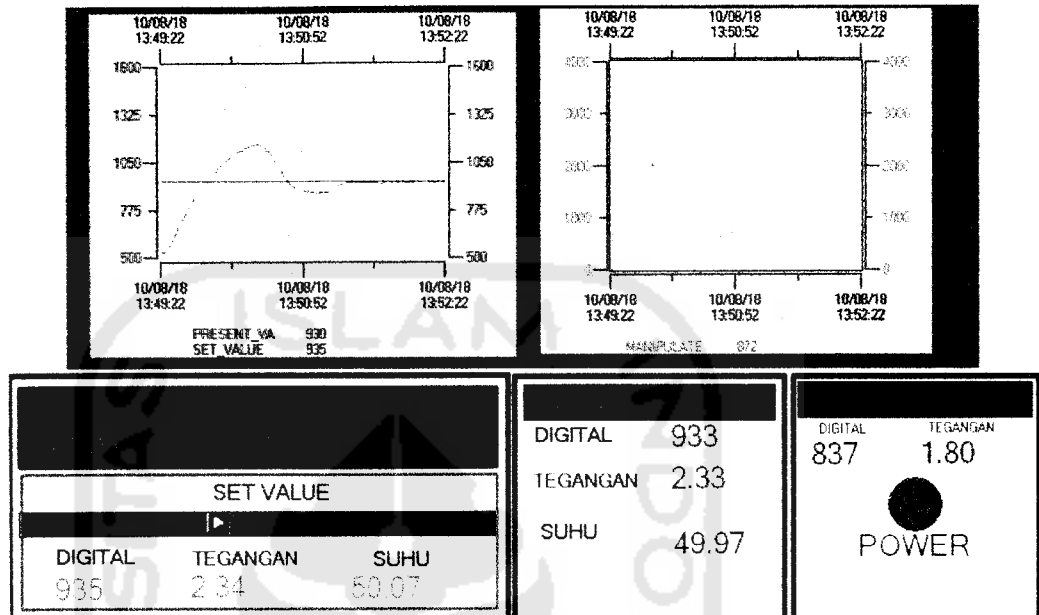
Tabel 4.6 Karakteristik respon kendali PID untuk *setpoint* 40°C (2)

Tanggapan Transien	Nilai
Waktu Naik	10 detik
Waktu puncak	25detik
Waktu <i>setpoint</i>	50 detik
Maksimum <i>overshoot</i>	10 %

Dalam pengujian diatas diketahui waktu naik dicapai dalam waktu 10 detik, waktu puncak dicapai dalam waktu 25 detik. Waktu mencapai *setpoint* dicapai dalam waktu 50 detik. Nilai maksimum *overshoot* adalah 10 % dan nilai *manipulated value* adalah 644.

b. Dari suhu 30°C sampai 50°C

PENGENDALIAN SUHU PEMANAS UDARA (AIR HEATER)
BERBASIS SCADA MENGGUNAKAN PENGENDALI PID



Gambar 4.11 Grafik *Setpoint* 50° C (5)

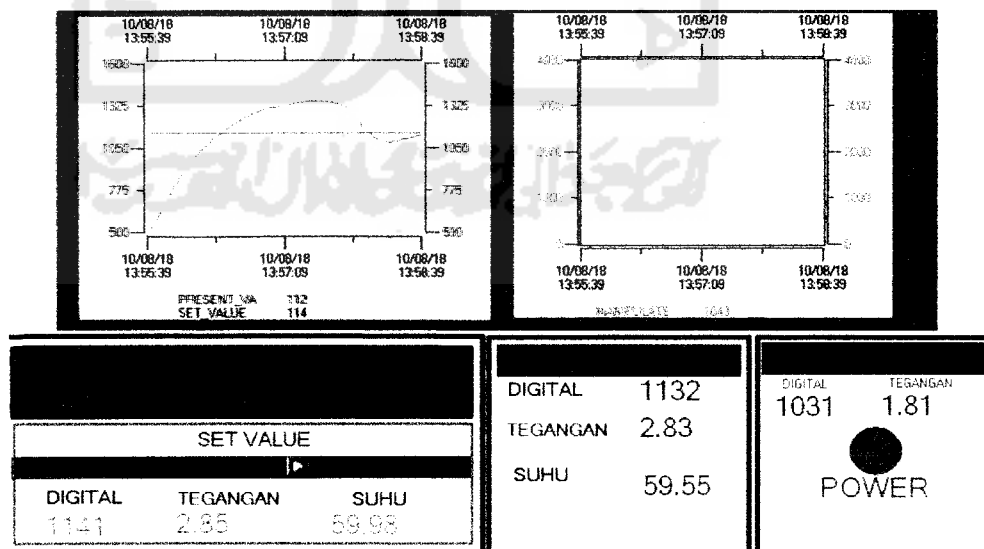
Dari pengamatan yang dilakukan pada *setpoint* ini , terjadi perubahan terhadap tanggapan sistem dimana *error* sistem kurang dari 1°C. dibandingkan pada tanggapan dengan *setpoint* yang sama pada parameter sebelumnya yaitu sekitar 3°C.. Namun pada tanggapan ini *overshoot* sangat tinggi mencapai 60°C. Setelah *overshoot* respon sistem tidak mencapai *steady state* pada suhu 50°C, namun turun pada suhu 47°C dan setelah itu baru mencapai *steady state*. Dari hasil respon diatas diketahui nilai karakteristik tanggapan adalah seperti tabel 4.7.

Tabel 4.7 Karakteristik respon kendali PID untuk *setpoint* 50 ° C (2)

Tanggapan Transien	Nilai
Waktu Naik	20 detik
Waktu puncak	60 detik
Waktu <i>setpoint</i>	115 detik
Maksimum <i>overshoot</i>	20 %

Dalam pengujian diatas diketahui waktu naik dicapai dalam waktu 20 detik, waktu puncak dicapai dalam waktu 60 detik. Waktu mencapai *setpoint* dicapai dalam waktu 115 detik. Nilai maksimum *overshoot* adalah 20 % dan nilai *manipulated value* adalah 837.

- c. Dari suhu 30°C sampai 60°C
 PENGENDALIAN SUHU PEMANAS UDARA (AIR HEATER)
 BERBASIS SCADA MENGGUNAKAN PENGENDALI PID

**Gambar 4.12** Grafik *Setpoint* 60° C (6)

Dari pengamatan yang dilakukan pada *setpoint* ini , terjadi perubahan terhadap tanggapan sistem dimana *error* sistem kurang dari 1°C. dibandingkan pada tanggapan dengan *setpoint* yang sama pada parameter sebelumnya yaitu sekitar 5°C.. Namun pada tanggapan ini *overshoot* sangat tinggi mencapai 70°C. Setelah *overshoot* respon sistem tidak mencapai *steady state* pada suhu 60°C, namun turun pada suhu 57°C dan setelah itu baru mencapai *steady state*. Setelah pengamatan selama 3 menit maka diketahui nilai karakteristik tanggapan adalah seperti tabel 4.8.

Tabel 4.8 Karakteristik respon kendali PID untuk *setpoint* 60 ° C (2)

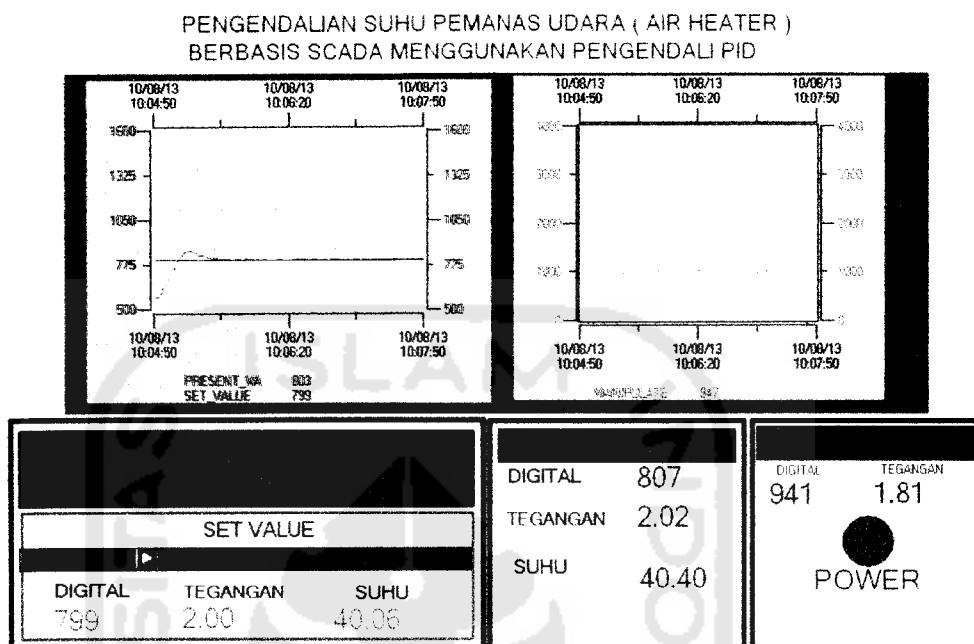
Tanggapan Transien	Nilai
Waktu Naik	40 detik
Waktu puncak	110 detik
Waktu <i>setpoint</i>	180 detik
Maksimum <i>overshoot</i>	16.67 %

Dalam pengujian diatas diketahui waktu naik dicapai dalam waktu 40 detik, waktu puncak dicapai dalam waktu 110 detik. Waktu mencapai *setpoint* dicapai dalam waktu 180 detik. Nilai maksimum *overshoot* adalah 16.67 % dan nilai *manipulated value* adalah 1031.

- Parameter $K_p = 1000$, $T_i = 100$, $T_d = 10$

Berikut adalah beberapa percobaan untuk mengetahui tanggapan transien dengan parameter PID yang diberikan untuk mendukung sistem *closed loop*. Nilai parameter $K_p = 1000$, $T_i = 100$, dan $T_d = 10$.

- a. Dari suhu 30° C sampai *set point* 40° C



Gambar 4.13 Grafik *Setpoint* 40°C (7)

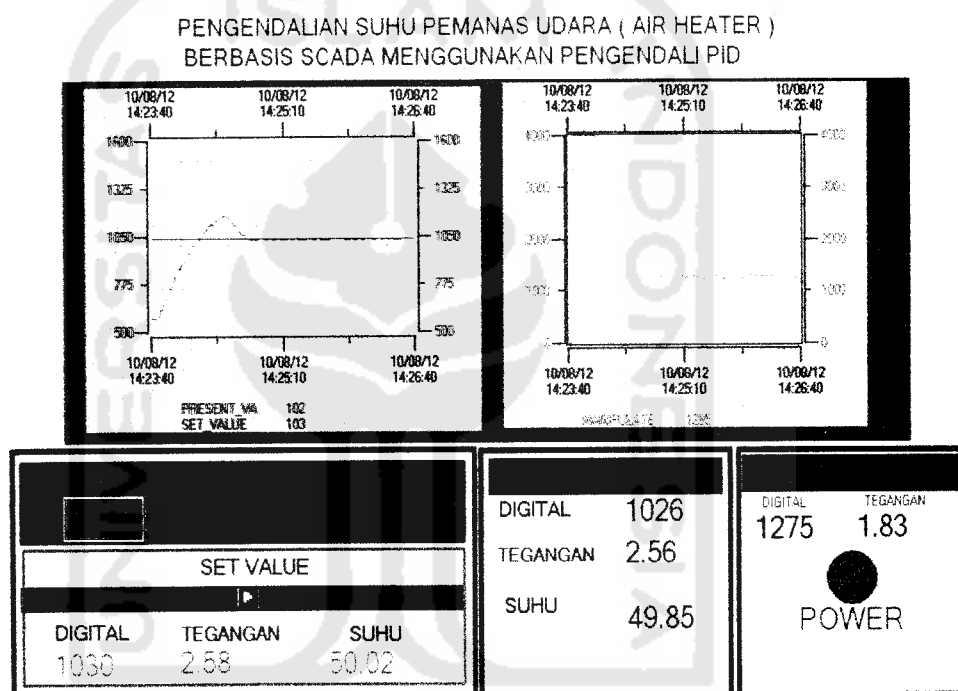
Dari pengamatan yang telah dilakukan, nilai suhu awal adalah berkisar pada suhu 30°C , implementasinya bisa dilihat pada grafik di atas. Diberi masukan *setpoint* 40.06 ° C. Dari hasil respon diatas diketahui nilai karakteristik tanggapan adalah seperti table 4.9.

Tabel 4.9 Karakteristik respon kendali PID untuk *setpoint* 40.06 ° C

Tanggapan Transien	Nilai
Waktu Naik	10 detik
Waktu puncak	25 detik
Waktu <i>setpoint</i>	40 detik
Maksimum <i>overshoot</i>	5%

Dalam pengujian diatas diketahui waktu naik dicapai dalam waktu 10 detik, waktu puncak dicapai dalam waktu 25 detik. Waktu mencapai *setpoint* dicapai dalam waktu 40 detik. Nilai maksimum *overshoot* adalah 5 % dan nilai *manipulated value* adalah 1027.

b. Dari suhu 30° C sampai *set point* 50° C



Gambar 4.14 Grafik *Setpoint* 50° C (8)

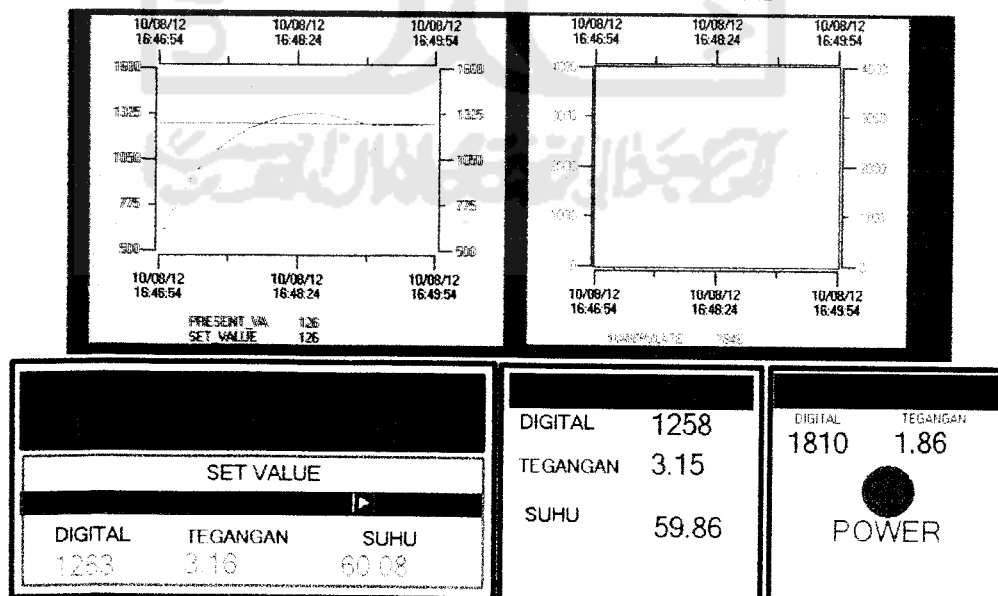
Dari pengamatan yang dilakukan, nilai suhu awal adalah berkisar pada suhu 30°C implementasinya bisa dilihat pada grafik di atas. Diberi masukan *setpoint* 50.02 ° C. Dari hasil respon diatas diketahui nilai karakteristik tanggapan adalah seperti tabel 4.10.

Tabel 4.10 Karakteristik respon kendali PID untuk *setpoint* 50.02 ° C

Tanggapan Transien	Nilai
Waktu Naik	20 detik
Waktu puncak	50 detik
Waktu <i>setpoint</i>	60 detik
Maksimum <i>overshoot</i>	10 %

Dalam pengujian diatas diketahui waktu naik dicapai dalam waktu 20 detik, waktu puncak dicapai dalam waktu 50 detik. Waktu mencapai *setpoint* dicapai dalam waktu 60 detik. Nilai maksimum *overshoot* adalah 10 % dan nilai *manipulated value* adalah 1275.

- c. Dari suhu 30° C sampai setpoint 60° C
 PENGENDALIAN SUHU PEMANAS UDARA (AIR HEATER)
 BERBASIS SCADA MENGGUNAKAN PENGENDALI PID

**Gambar 4.15** Grafik *Setpoint* 60° C (9)

Dari pengamatan yang dilakukan, nilai suhu awal adalah berkisar pada suhu 30°C implementasinya bisa dilihat pada grafik di atas. Diberi masukan *setpoint* 60.08°C. Dari hasil respon diatas diketahui nilai karakteristik tanggapan adalah seperti tabel 4.11.

Tabel 4.11 Karakteristik respon kendali PID untuk *setpoint* 60.08 ° C

Tanggapan Transien	Nilai
Waktu Naik	45 detik
Waktu puncak	100 detik
Waktu <i>setpoint</i>	140 detik
Maksimum <i>overshoot</i>	5 %

Dalam pengujian diatas diketahui waktu naik dicapai dalam waktu 45 detik, waktu puncak dicapai dalam waktu 100 detik. Waktu mencapai *setpoint* dicapai dalam waktu 140 detik. Nilai maksimum *overshoot* adalah 5 % dan nilai *manipulated value* adalah 1810.

4.3.3 Perbandingan Karakteristik Tanggapan Transien Masing-Masing Parameter.

Dengan membandingkan tiga percobaan dengan parameter PID yang berbeda maka dapat dianalisis parameter mana yang memenuhi kriteria pengendali *closed loop* yang performansi lebih baik dengan melihat tanggapan transien masing-masing parameter. Berikut adalah tabel perbandingan untuk *setpoint* 40°C, 50°C, dan 60°C.

a. Untuk setpoint 40°C

Tabel 4.12 Tanggapan transien masing-masing parameter pada setpoint 40 ° C

Tanggapan transien Parameter	Waktu naik (detik)	Waktu puncak (detik)	Waktu <i>setpoint</i> (detik)	Maksimum <i>Overshoot</i> (%)	<i>Error</i> sistem (° C)
K _p = 295 T _i = 163 T _d = 41	10	30	Tidak mencapai <i>setpoint</i>	7.5	± 3
K _p = 220 T _i = 80 T _d = 41	10	25	50	10	± 0.58
K _p = 1000 T _i = 100 T _d = 10	10	25	40	5	± 0.36

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa masing masing parameter memiliki respon yang berbeda. Dari ketiga parameter tersebut waktu naiknya adalah sama sebesar 10 detik, namun untuk waktu puncak parameter K_p = 295, T_i = 163 dan T_d = 41 rersponnya lebih lambat dari kedua parameter lainnya. Perbedaan mulai terlihat ketika parameter K_p = 295, T_i = 163 dan T_d = 41 tidak dapat mencapai *setpoint*. Sedangkan parameter K_p = 1000, T_i = 100, T_d = 10 bekerja 10 detik lebih cepat untuk mencapai *setpoint* . Selain lebih cepat, *overshoot* dan *error* sistemnya pun lebih kecil daripada parameter yang lain.

a. Untuk setpoint 50°C

Tabel 4.13 Tanggapan transien masing-masing parameter pada setpoint 50 ° C

Tanggapan transien Parameter	Waktu naik (detik)	Waktu puncak (detik)	Waktu <i>setpoint</i> (detik)	Maksimum <i>Overshoot</i> (%)	<i>Error</i> sistem (° C)
K _p = 295 T _i = 163 T _d = 41	20	60	Tidak mencapai <i>setpoint</i>	14	± 2.29
K _p = 220 T _i = 80 T _d = 41	20	60	115	20	± 0.10
K _p = 1000 T _i = 100 T _d = 10	20	50	60	10	± 0.17

Dalam pengamatan selama 3 menit, dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa perbandingan parameter hampir sama dengan *setpoint* 40° C. Dari ketiga parameter tersebut waktu naiknya adalah sama sebesar 20 detik, namun untuk waktu puncak parameter K_p = 1000, T_i = 100 dan T_d = 10 responnya lebih cepat 10 detik dari kedua parameter lainnya. Perbedaan mulai terlihat ketika parameter K_p = 295, T_i = 163 dan T_d = 41 kembali tidak dapat mencapai *setpoint*. Sedangkan parameter K_p = 1000, T_i = 100, T_d = 10 bekerja dua kali lebih cepat untuk mencapai *setpoint* 50° C dibandingkan dengan parameter K_p = 220, T_i = 80 dan T_d = 41. Selain lebih cepat, *overshoot* sistemnya pun lebih kecil daripada parameter yang lain.

a. Untuk setpoint 60°C

Tabel 4.14 Tanggapan transien masing-masing parameter pada setpoint 60 ° C

Tanggapan transien Parameter	Waktu naik (detik)	Waktu puncak (detik)	Waktu <i>setpoint</i> (detik)	Maksimum <i>Overshoot</i> (%)	<i>Error</i> sistem (° C)
K _p = 295 T _i = 163 T _d = 41	45	180	Tidak mencapai setpoint	8.3	± 5
K _p = 220 T _i = 80 T _d = 41	40	110	180	16.67	± 0.43
K _p = 1000 T _i = 100 T _d = 10	45	100	140	5	± 0.22

Dalam pengamatan selama 3 menit, parameter K_p = 220, T_i = 80 dan T_d = 41 memiliki waktu naik paling cepat, namun untuk waktu puncak parameter K_p = 1000, T_i = 100 dan T_d = 10 responnya lebih cepat 10 detik dari parameter K_p = 220, T_i = 80 dan T_d = 41. Perbedaan mulai terlihat ketika parameter K_p = 295, T_i = 163 dan T_d = 41 kembali tidak dapat mencapai *setpoint*. Sedangkan parameter K_p = 1000, T_i = 100, T_d = 10 bekerja lebih cepat untuk mencapai *setpoint* 60° C dibandingkan dengan parameter K_p = 220, T_i = 80 dan T_d = 41. Selain lebih cepat, *overshoot* sistemnya pun lebih kecil daripada parameter yang lain.

Secara keseluruhan bahwa parameter K_p = 1000, T_i = 100, T_d = 10 memiliki respon yang lebih baik dibandingkan kedua parameter lainnya.