

BAB IV

PENGUJIAN, ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja perangkat yang telah dirancang agar sistem dapat berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan terhadap rangkaian perangkat keras yang telah dirancang diantaranya rangkaian sistem minimum, pengkondisi sinyal sensor termokopel, penguat tegangan kontrol, dan driver AC.

4.1.1 Pengujian Sistem Minimum

Pengujian sistem minimum meliputi pengujian pada *port* analog input (ADC), *port* analog output (PWM), *interface* LCD, dan komunikasi serial yang telah terintegrasi di dalam rangkaian sistem minimum.

4.1.1.1 Pengujian *Interface* LCD

Pengujian *interface* LCD dilakukan dengan cara menampilkan suatu karakter tertentu. Apabila LCD telah dapat menampilkan suatu karakter berarti LCD dapat difungsikan ke dalam sistem dengan baik. Berikut adalah contoh program pengujian yang dilakukan untuk menampilkan suatu karakter.

```

$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 11059200

Config Lcdpin = Pin , Rs = PORTC.0 , E = PORTC.2 , Db4 = PORTC.4
Config Lcdpin = Pin , Db5 = PORTC.5 , Db6 = PORTC.6 , Db7 = PORTC.7
Config Lcdbus = 4
Config Lcd = 16 * 2
Cursor Off

Cls
Upperline
Lcd "TUGAS AKHIR"
End

```

Gambar 4.1 Program Pengujian LCD

Poin penting dalam pengujian LCD adalah konfigurasi *port* LCD yang terhubung ke *port* mikrokontroler harus sangat diperhatikan. Hal itu dikarenakan konfigurasi tersebut adalah jalur proses eksekusi LCD dalam menampilkan suatu karakter atas perintah mikrokontroler. Apabila LCD berhasil bekerja dengan baik, maka hasilnya akan diperlihatkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tampilan Karakter Di LCD

4.1.1.2 Pengujian *Port* Analog Input (ADC)

Pengujian *port* analog input pada sistem minimum, dilakukan dengan cara mengaktifkan *portA.0* sebagai *port* ADC yang akan digunakan sebagai input sensor. Pengujian dengan mengaktifkan *port* ADC tersebut kemudian hasil pembacaan ditampilkan ke LCD.

```

$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 11059200
$baud = 9600

Config Lcdpin = Pin , Rs = PORTC.0 , E = PORTC.2 , Db4 = PORTC.4
Config Lcdpin = Pin , Db5 = PORTC.5 , Db6 = PORTC.6 , Db7 = PORTC.7
Config Lcdbus = 4
Config Lcd = 16 * 2
Config ADC = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Dim A As Word

Start ADC

Cursor Off
Cls

Do
A = Getadc(0)
Upperline
Lcd "ADC = " ; A
Waitms 200
Loop

```

Gambar 4.3 Program Pengujian *Port* Analog Input (ADC)

Sensor dihubungkan ke *portA.0* sebagai input analog. Kemudian *port* difungsikan sebagai ADC untuk membaca nilai yang dihasilkan oleh sensor kemudian mendigitalkan nilai analog sensor tersebut yang berupa tegangan DC. Hasil pembacaan kemudian ditampilkan ke LCD agar dapat menunjukkan bahwa *port* telah berfungsi dengan baik.



Gambar 4.4 Tampilan nilai ADC Sensor Di LCD

4.1.1.3 Pengujian *Port* Analog Output (PWM)

Pengujian *port* analog output yang difungsikan sebagai PWM, dilakukan dengan cara memberikan nilai PWM pada *port*, kemudian mengukur output nilai *port* tersebut dengan menggunakan multimeter. Untuk itu, poin penting dalam pengujian ini adalah men-setting *port* analog output yaitu *portd.5* sebagai *port* PWM.

```

$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 11059200
$baud = 9600

Config TIMER1 = Pwm , Pwm = 8 , Compare A Pwm = Clear Up , Prescale = 1

Do
Pwm1a = 100
Waitms 200
Loop

```

Gambar 4.5 Program Pengujian *Portd.4* Sebagai *Port* PWM

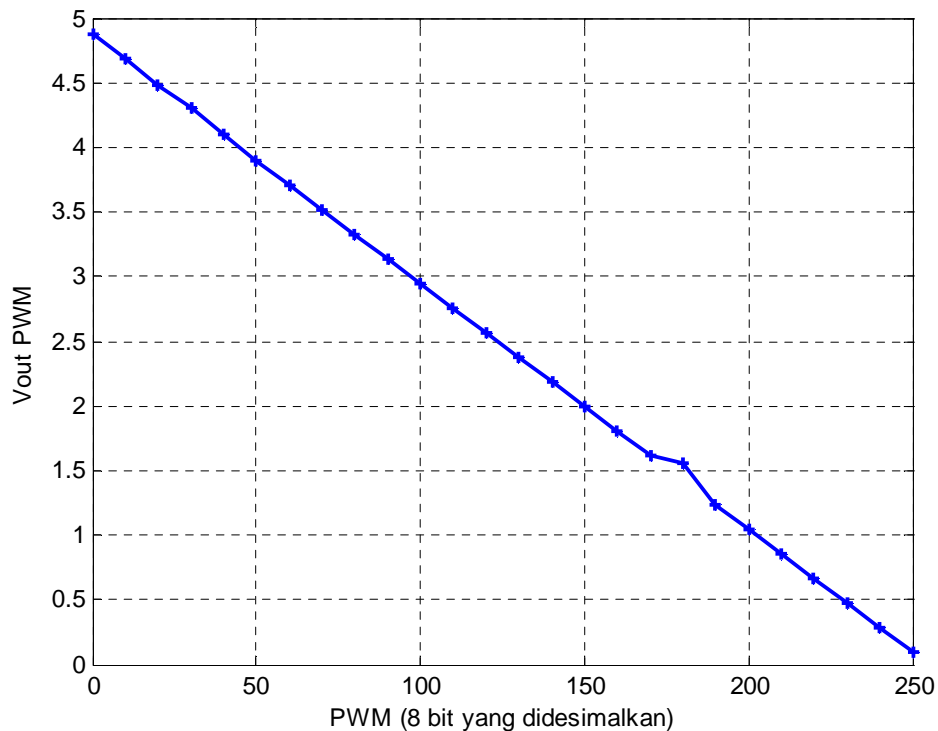
Port PWM diuji dengan memberikan variasi nilai PWM dari 0 sampai 255. Hal ini disebabkan pengaturan nilai PWM yang telah diset sebesar 8 bit, dimana nilai maksimum 8 bit adalah $2^8 - 1 = 255$. Tabel 4.1 menunjukkan hubungan antara nilai PWM yang diset dengan nilai tegangan yang terbaca pada multimeter.

Tabel 4.1 Hubungan Nilai PWM Dengan Tegangan Output *Port* PWM
(Multimeter)

No	PWM (8 bit yang didesimalkan)	Vout (V)	No	PWM (8 bit yang didesimalkan)	Vout (V)
1	0	4.87	14	130	2.37
2	10	4.68	15	140	2.18
3	20	4.48	16	150	1.99
4	30	4.30	17	160	1.8
5	40	4.10	18	170	1.61
6	50	3.90	19	180	1.55
7	60	3.71	20	190	1.23
8	70	3.52	21	200	1.04
9	80	3.33	22	210	0.85
10	90	3.14	23	220	0.66
11	100	2.95	24	230	0.47
12	110	2.76	25	240	0.28
13	120	2.57	26	250	0.09

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa hubungan antara nilai PWM dengan nilai tegangan output *port* yang terukur pada multimeter. Terlihat bahwa pada grafik dibawah, hubungan antara keduanya memiliki hubungan yang linier.

Perubahan antara nilai PWM dengan nilai output *port* PWM memiliki perubahan yang relatif konstan.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan PWM Dengan Tegangan Output *Port* PWM

4.1.1.4 Pengujian Komunikasi Serial

Pengujian komunikasi serial dilakukan dengan mengirim suatu karakter atau tulisan ke sistem komunikasi *hyper terminal*. Yang menjadi poin penting dalam pengujian ini adalah nilai *baud rate* dan perintah untuk mengirimkan karakter atau tulisan. *Baud rate* menjadi sangat penting karena merupakan nilai eksekusi untuk proses pengiriman data.

```

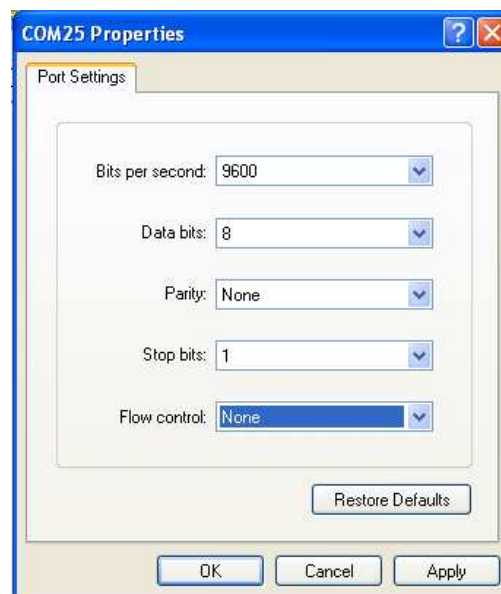
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 11059200
$baud = 9600

Do
Print "Test serial"
Print "communication OK"
Wait 1
Loop

```

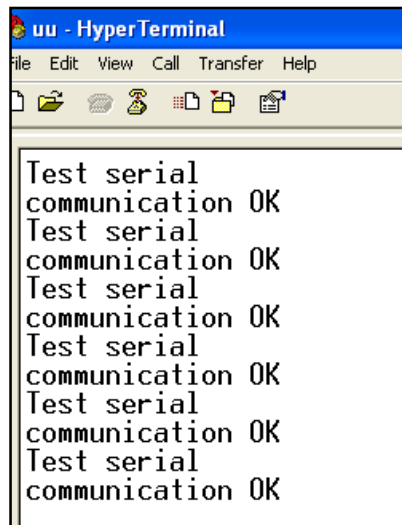
Gambar 4.7 Program Pengujian Komunikasi Serial

Hasil dari pengiriman karakter kemudian dikirim dan ditampilkan ke dalam sistem *hyper terminal*. Sebelum melihat ke *hyper terminal*, perlu dilakukan beberapa konfigurasi sebelumnya. Nilai *baud rate* harus disesuaikan dengan nilai *baud rate* pada program. Kemudian nilai *data bits* adalah 8, *parity* adalah *none*, *stop bits* adalah 1, dan *flow control* adalah *none*.



Gambar 4.8 Konfigurasi Pada *Hyper terminal*

Setelah melakukan konfigurasi pada *hyper terminal*, maka selanjutnya *hyper terminal* akan menampilkan karakter atau tulisan yang telah dikirim sesuai dengan program yang telah kita buat.



Gambar 4.9 Karakter atau Tulisan Yang Ditampilkan Di *Hyper terminal*

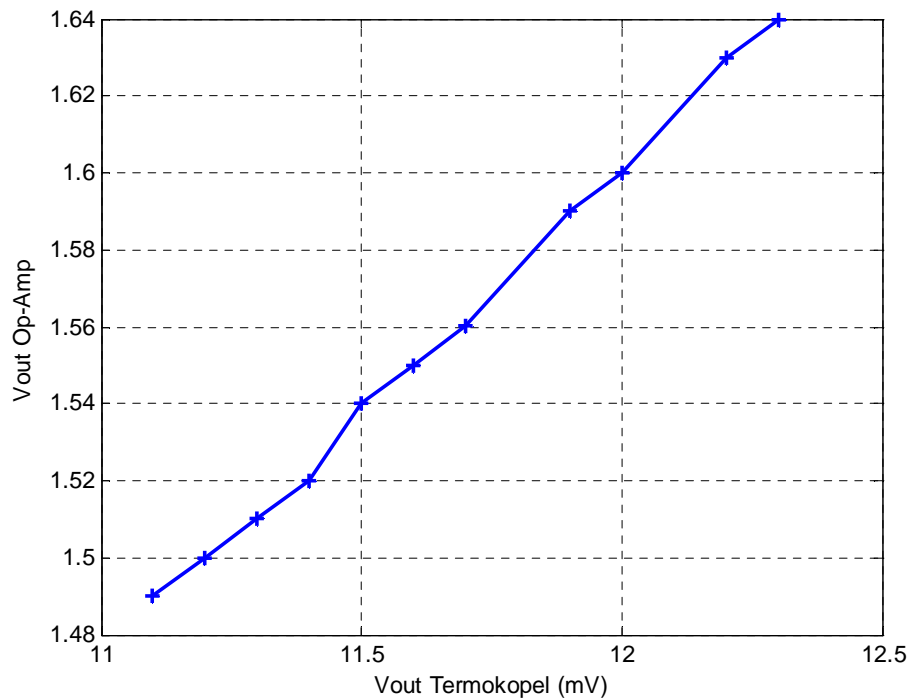
4.1.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Termokopel

Pengujian rangkaian ini dibutuhkan agar output sensor termokopel dapat menjadi lebih stabil dan memperkuat nilai output sensor yang sangat kecil. Rangkaian ini adalah berupa Op-Amp yang difungsikan sebagai penguat tipe *non-inverting* dengan penguatan sebesar $\pm 133,84$ kali.

Tabel 4.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Termokopel

No.	Vout Sensor (mV)	Vout Op-Amp (V)	Penguatan
1	11.1	1.49	134.23
2	11.2	1.5	133.93
3	11.1	1.51	136.04
4	11.4	1.52	133.33
5	11.5	1.54	133.91
6	11.6	1.55	133.62
7	11.7	1.56	133.33
8	11.9	1.59	133.61
9	12	1.6	133.33
10	12.2	1.63	133.61
11	12.3	1.64	133.33

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa tegangan keluaran sensor sangat kecil skali dalam orde mV. Tegangan output sensor dikuatkan sekitar $\pm 133,84$ kali. Berikut adalah gambar grafik hubungan antara tegangan output sensor dengan nilai tegangan keluaran op-amp.



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Vout Sensor dengan Vout Op-Amp

Dari grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai tegangan yang dikeluarkan sensor termokopel, maka akan semakin bertambah nilai tegangan yang dikeluarkan oleh Op-Amp, dan dimana hubungannya cukup linier.

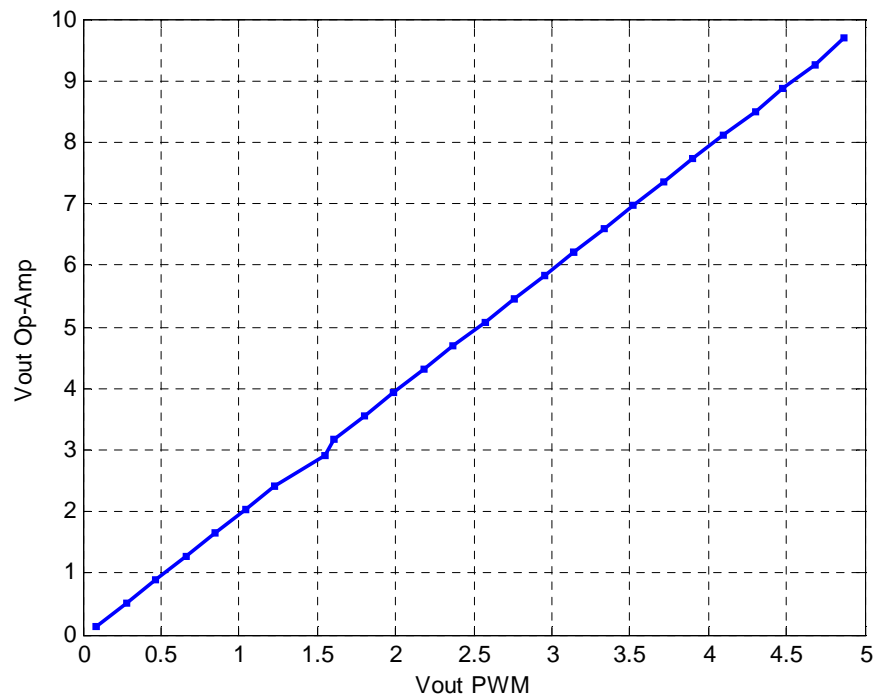
4.1.3 Pengujian Rangkaian Penguat Tegangan Kontrol

Pengujian rangkaian penguat ini dibutuhkan untuk memperkuat nilai tegangan output dari port PWM mikrokontroler yang hanya sebesar 0 – 5 Volt menjadi dua kalinya. Hal ini dikarenakan rangkaian pengontrol fasa memerlukan variasi input tegangan 0 – 10 Volt untuk mengatur sudut pemicuan TRIAC.

Tabel 4.3 Pengujian Rangkaian Penguat Tegangan Kontrol

No	Vout PWM (V)	Vout Op-Amp (V)	Penguatan	No	Vout PWM (V)	Vout Op-Amp (V)	Penguatan
1	4.87	9.70	1.99	14	2.37	4.70	1.98
2	4.68	9.26	1.98	15	2.18	4.32	1.98
3	4.48	8.88	1.98	16	1.99	3.93	1.97
4	4.30	8.50	1.98	17	1.80	3.55	1.97
5	4.10	8.12	1.98	18	1.61	3.17	1.97
6	3.90	7.74	1.98	19	1.55	2.90	1.87
7	3.71	7.35	1.98	20	1.23	2.41	1.96
8	3.52	6.98	1.98	21	1.04	2.03	1.95
9	3.33	6.60	1.98	22	0.85	1.64	1.93
10	3.14	6.22	1.98	23	0.66	1.26	1.91
11	2.95	5.84	1.98	24	0.47	0.88	1.87
12	2.76	5.46	1.98	25	0.28	0.50	1.79
13	2.57	5.08	1.98	26	0.09	0.13	1.44

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui grafik hubungan antara nilai tegangan output port PWM dengan nilai output setelah melalui rangkaian penguat Op-Amp. Hubungan antara nilai tegangan output port PWM berbanding lurus dengan nilai output dari Op-Amp, dimana penguatan yang terjadi adalah ± 2 kali dari nilai output tegangan port PWM. Hal ini sesuai dengan perhitungan yang telah dirancang pada rangkaian penguat tegangan kontrol sebelumnya.



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Antara Vout PWM dengan Vout Op-Amp

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa tegangan keluaran PWM setelah dikuatkan sebesar 2 kalinya, ternyata memiliki hubungan yang cukup linier. Dengan demikian rangkaian penguat dapat dikatakan telah bekerja dengan baik.

4.1.4 Pengujian Rangkaian Driver AC

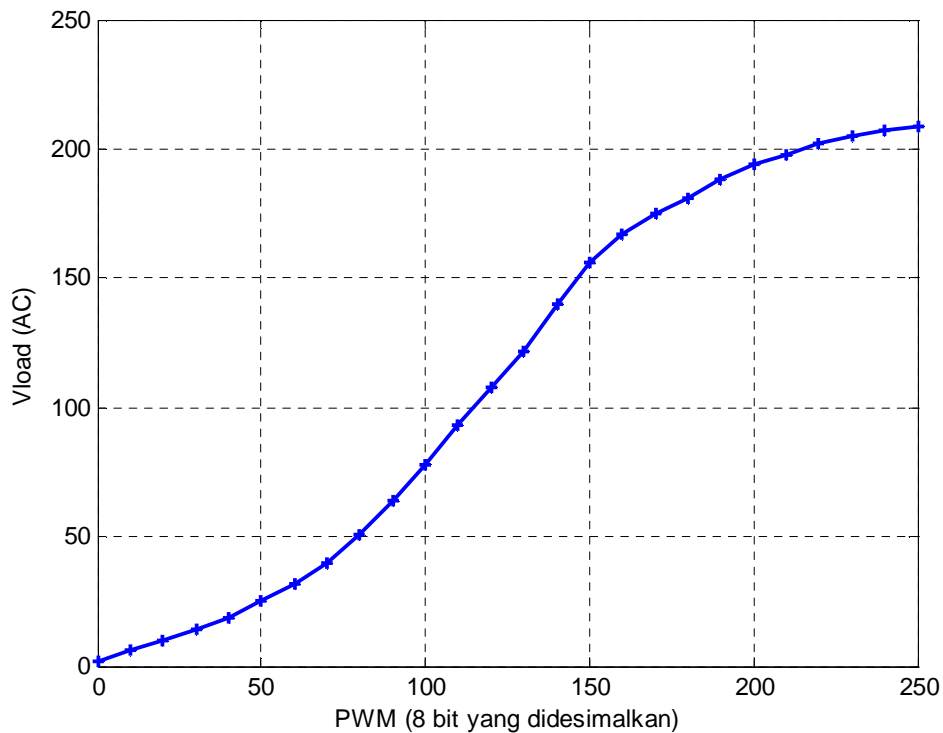
Pengujian driver AC bertujuan untuk mengetahui efek dari perubahan tegangan kontrol terhadap pengaturan tegangan yang di *supply* ke beban *furnace*. Tabel 4.4 merupakan data yang diambil berdasarkan variasi tegangan kontrol PWM yang diberikan dan kemudian mengukur tegangan yang disupply ke beban dengan multimeter.

Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian Driver AC

NO.	PWM (8 bit yang didesimalkan)	Vout PWM (V)	Vload (AC)	NO.	PWM (8 bit yang didesimalkan)	Vout PWM (V)	Vload (AC)
1	0	4.87	2	14	130	2.37	122
2	10	4.68	6	15	140	2.18	140
3	20	4.48	10	16	150	1.99	156
4	30	4.30	14	17	160	1.80	167
5	40	4.10	19	18	170	1.61	175
6	50	3.90	25	19	180	1.55	181
7	60	3.71	32	20	190	1.23	188
8	70	3.52	40	21	200	1.04	194
9	80	3.33	51	22	210	0.85	198
10	90	3.14	64	23	220	0.66	202
11	100	2.95	78	24	230	0.47	205
12	110	2.76	93	25	240	0.28	207
13	120	2.57	108	26	250	0.09	209

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa hubungan antara nilai PWM dengan tegangan supply ke beban adalah berbanding lurus. Semakin besar nilai PWM yang diberikan, maka supply tegangan ke *plant furnace* juga akan semakin besar, dan begitu dengan sebaliknya. Namun, berbeda dengan hubungan antara nilai PWM dengan dengan output port PWM, semakin besar nilai PWM, maka nilai tegangan port PWM akan semakin mengecil. Hal ini disebabkan karena pada

program nilai PWM diatur dengan mode *clear up*. Dari data tersebut, maka dapat dilakukan analisa dengan menggambarannya dalam bentuk grafik hubungan pada gambar 4.7.



Gambar 4.12 Grafik Hubungan PWM dengan Vload (AC)

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan kurva hubungan tegangan kontrol PWM dengan tegangan yang disupply ke bebab *furnace*. Semakin besar nilai PWM, maka akan menyebabkan semakin besar nilai tegangan yang akan disupply ke *furnace*, demikian pula sebaliknya. Hal ini membuktikan bahwa driver AC yang digunakan dapat bekerja dengan baik dengan memberikan supply tegangan ke *furnace*.

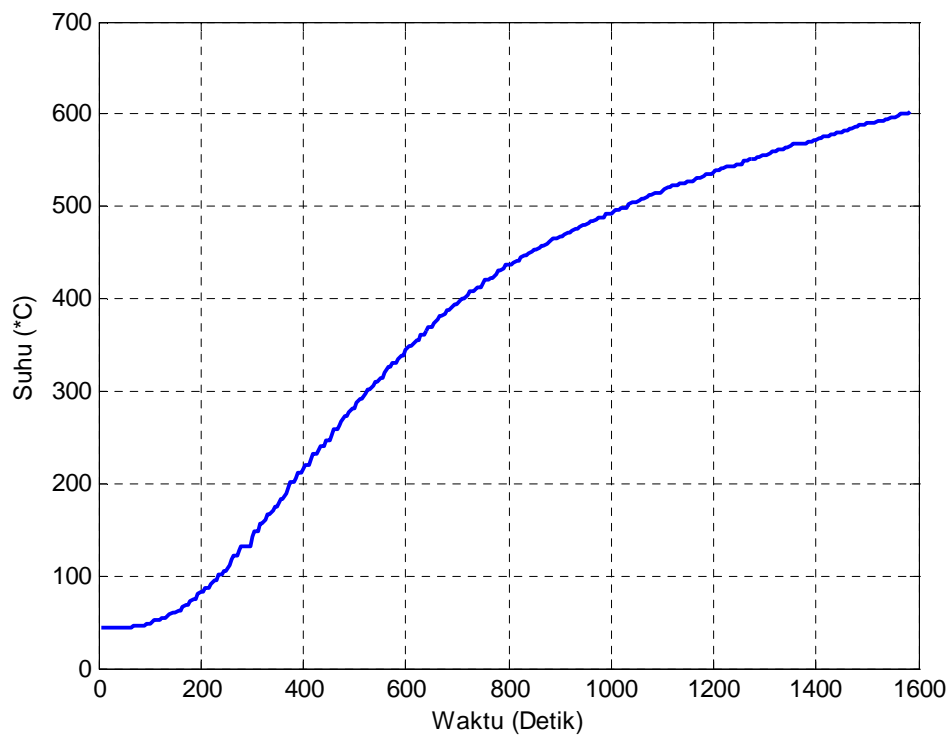
4.2 Pengujian Sistem Pengendali Jaringan Syaraf Tiruan

Pengujian sistem pengendali jaringan syaraf tiruan meliputi penggabungan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang telah dirancang. Pengujian yang akan dilakukan meliputi antara lain :

1. Pengujian Sistem Kalang Terbuka (*Open Loop*)
2. Pengujian Sistem dengan Variasi Tipe Data Pelatihan JST
3. Pengujian Dengan Suhu Referensi Naik
4. Pengujian Sistem Dengan Pemberian Gangguan

4.2.1 Pengujian Sistem Kalang Terbuka (*Open Loop*)

Pengujian sistem kalang terbuka (*open loop*) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik *plant furnace* yang akan dikendalikan. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan nilai tegangan penuh ke *plant*. Nilai tegangan yang diberikan berupa nilai PWM yang diberikan dari mikrokontroler. Nilai range PWM yang akan mengontrol *plant*, mulai dari 0 – 255. Nilai tegangan penuh pada PWM bernilai 255 setara dengan nilai output port PWM sebesar 0 Vdc. Dimana, nilai PWM 255 akan menyebabkan *furnace* menghasilkan tingkat pemanasan yang maksimal, sedangkan nilai PWM 0 akan menyebabkan *furnace* menghasilkan tingkat pemanasan yang minimal. Berikut adalah grafik yang menunjukkan hasil pengujian pada sistem kalang terbuka.



Gambar 4.13 Grafik Respon Sistem Dengan Pengujian Kalang Terbuka

Tabel 4.5 Sebagian Data Pengujian Sistem Kalang Terbuka

detik ke-	Suhu (°C)	detik ke-	Suhu (°C)	detik ke-	Suhu (°C)	detik ke-	Suhu (°C)
790	432	890	465	990	492	1090	515
795	436	895	466	995	493	1095	515
800	436	900	468	1000	493	1100	516
805	438	905	468	1005	495	1105	518
810	440	910	470	1010	496	1110	521
815	442	915	471	1015	497	1115	521
820	442	920	471	1020	498	1120	522
825	445	925	474	1025	499	1125	523
830	448	930	476	1030	499	1130	523
835	448	935	476	1035	502	1135	524
840	450	940	478	1040	504	1140	526
845	451	945	479	1045	505	1145	526
850	453	950	479	1050	505	1150	527
855	453	955	481	1055	506	1155	528
860	456	960	484	1060	508	1160	528

Dari gambar 4.8 dan tabel 4.5, maka dapat dilihat bahwa pengujian sistem dilakukan dengan memberikan nilai tegangan penuh berupa nilai PWM sebesar 255. Suhu awal dimulai dengan suhu 43°C dan akan terus menerus naik hingga lebih dari 600°C, dengan kenaikan suhu sebesar $\pm 0.353^{\circ}\text{C}$ setiap detik.

4.2.2 Pengujian Sistem Dengan Variasi Tipe Data Pelatihan

Tujuan dari pengujian sistem dengan variasi tipe data pelatihan ini adalah untuk mendapatkan tipe data pelatihan JST yang paling optimal dan baik yang dapat di implementasikan nantinya. Pengujian ini dilakukan dengan cara menguji beberapa tipe data pelatihan yang memiliki *sampling* data yang berbeda-beda. Variasi tipe data pelatihan JST dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.6 Variasi Tipe Data Pelatihan JST

Spesifikasi JST	Tipe JST					
	JST 1	JST 2	JST 3	JST 4	JST 5	JST 6
Sampling Data (menit)	2	6	10	20	-	-
Neuron	[20,1]	[10,1]	[10,1]	[10,1]	[5,1]	[5,1]
Aktivasi	logsig, logsig	logsig, logsig	logsig, logsig	logsig, logsig	logsig, ,logsig	Logsig, logsig
Target error	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Target epoch	20000	20000	20000	20000	20.000	20.000
Learning rate	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

Berdasarkan tabel 4.6, terdapat empat jenis tipe data JST yang memiliki *sampling* data yang bervariasi. Tabel di atas juga menjelaskan spesifikasi tiap JST pada saat proses pelatihan meliputi susunan neuro, fungsi aktivasi, target *error*,

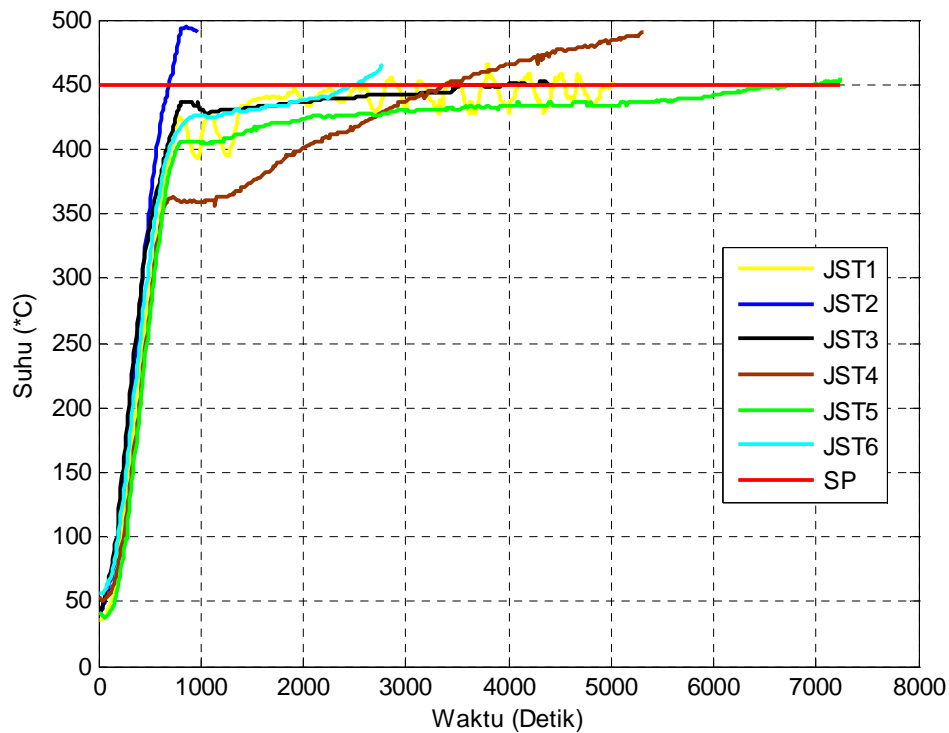
target *epoch*, dan *learning rate*, dimana parameter tersebut merupakan parameter penting dalam proses pelatihan JST. Hasil pelatihan JST tiap tipe data JST dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.7 Hasil Pelatihan JST

Hasil Pelatihan JST	Tipe JST					
	JST 1	JST 2	JST 3	JST 4	JST 5	JST 6
Pencapaian Error	0.0375	0.01	0.00999	0.01	0.00975	0.00992
Pencapaian Epoch	20000	1971	197	179	70	77

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pelatihan tiap tipe data JST memiliki hasil yang berbeda terkait dengan pencapaian target *error* dan *epoch* masing-masing tipe data JST. Pada konfigurasi JST 1, target *error* tidak tercapai yaitu 0,0375, namun target *epoch* dapat dicapai sebesar 20.000 *epoch*. Sedangkan pada JST 2, JST 3, JST 4, JST 5, dan JST 6 target *error* tercapai dengan sempurna, dengan pencapaian *epoch* masing- masing sebesar JST 2 = 1.971 *epoch*, JST 3 = 197 *epoch*, JST 4 = 179 *epoch*, JST 5 = 70 *epoch*, dan JST 6 = 77 *epoch*.

Setelah hasil proses pelatihan diketahui, langkah selanjutnya adalah pengujian tiap tipe data JST ke *plant*. Pengujian dilakukan dengan memberikan suhu referensi (*set point*) kepada tiap-tiap tipe data JST yang sudah diimplementasikan ke *plant*. Suhu referensi yang diberikan untuk pengujian adalah sebesar 450°C. Respon akan ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik Respon Sistem Pada Pengujian Beberapa Tipe Data JST

Tabel 4.8 Karakteristik Respon Sistem Pada Beberapa Tipe Data JST

Suhu Referensi (SP)	Parameter	Tipe JST					
		JST 1	JST 2	JST 3	JST 4	JST 5	JST 6
450	Rise Time (s)	543.5333	426.5714	566.6667	2029.8	1075	563.9
	Settling Time (s)	4893.4	Nan	2618	Nan	5997.6	Nan
	Settling Min	393	413	409	410	410	411
	Settling Max	466	495	452	490	455	465
	Overshoot	3.5556	10	0.4444	8.8889	1.1111	3.3333
	Undershoot	0	0	0	0	0	0
	Peak	466	495	452	490	455	465
	Peak Time (s)	3790	850	4310	5300	7240	2770

Berdasarkan pada tabel 4.8, terlihat jelas perbandingan yang mencolok pada tiap-tiap tipe data pelatihan JST yang meliputi nilai waktu naik (*rise time*), waktu penetapan (*settling time*), lonjakan maksimum (*overshoot*), dan waktu

puncak (*peak time*). Dari analisa berdasarkan tabel di atas, waktu naik (*rise time*) paling cepat ditunjukkan oleh tipe JST 1 dimana sebesar 179,9 detik saja dan waktu naik paling lama ditunjukkan pada tipe JST 4 selama 2.029,8 detik. Hanya saja nilai waktu penetapan paling baik ditunjukkan oleh tipe JST 3 sebesar 2.168 detik, dimana memiliki waktu terbaik dibandingkan JST lainnya.

Jika ditinjau dari lonjakan maksimum (*overshoot*), tipe JST 3 memiliki persentase lonjakan maksimum yang paling kecil yaitu sebesar 0,4444%. Hal ini menunjukkan bahwa osilasi yang terjadi pada tipe JST 3 sangat kecil, relatif konstan dan stabil saat mencapai suhu referensi. Tipe JST3 juga menunjukkan nilai *overshoot* yang masih cukup baik sebesar 1,7778%, dimana masih dalam batas toleransi sebesar 2-5% dalam sistem kontrol. Namun nilai lonjakan maksimum (*overshoot*) terburuk ditunjukkan oleh tipe JST 2 sebesar 30,8889% dan disusul oleh tipe data JST 4 sebesar 8,8889%.

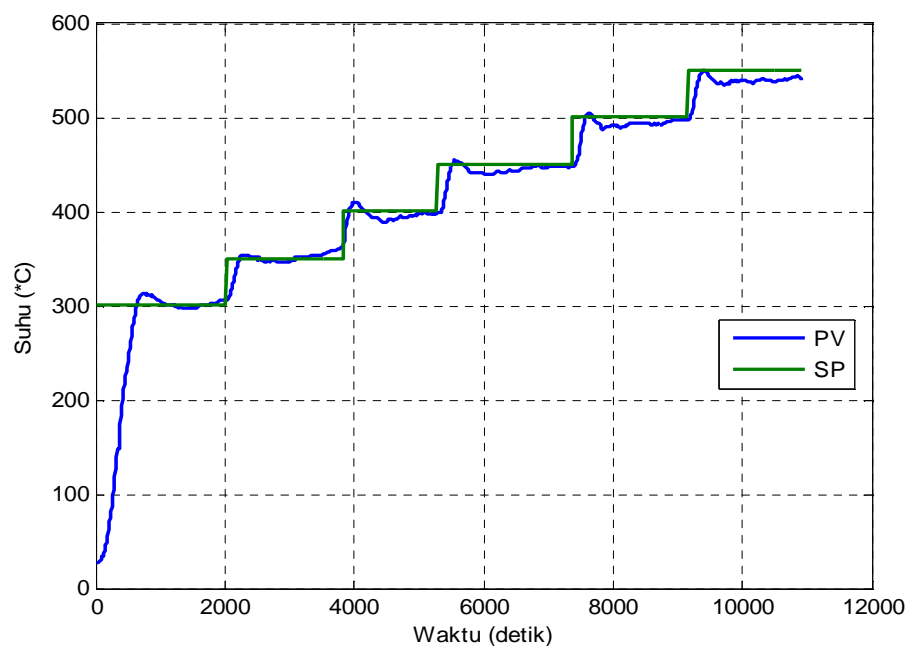
Suhu puncak (*peak*) terbaik, ditunjukkan oleh tipe JST 4 sebesar 452°C, dimana nilai yang paling mendekati suhu referensi. Kemudian disusul oleh tipe JST 1 yang memiliki nilai suhu puncak sebesar 458°C. nilai suhu puncak (*peak*) terburuk ditunjukkan oleh tipe JST 2 sebesar 589°C dan disusul kemudian oleh tipe JST 4 sebesar 490°C.

Berdasarkan hasil analisis dari parameter-parameter diatas, maka dapat disimpulkan bahwa dari keenam tipe data JST yang telah diuji, tipe data JST 3 yang memiliki performa yang sangat baik pada hasil pengujian diatas, meskipun waktu naik (*rise time*) yang telah ditunjukkan tidak begitu cepat, tetapi hasil

terbaik ditunjukkan pada performa pada saat mencapai suhu referensi, dimana memiliki nilai *overshoot* yang sangat kecil, relatif stabil dan konstan.

4.2.3 Pengujian Sistem Dengan Suhu Referensi Naik

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kecepatan respon sistem JST terhadap perubahan kenaikan suhu referensi. Hal ini penting untuk mengetahui apakah sistem kendali JST yang telah dirancang mampu berkerja pada suhu referensi yang lebih luas. Pengujian dilakukan dengan beberapa suhu diantaranya 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, dan 500°C. Perubahan suhu referensi dilakukan ketika sistem telah mencapai suhu sistem dalam keadaan tunak. Gambar 4.10 menunjukkan performa sistem dengan beberapa suhu referensi naik.

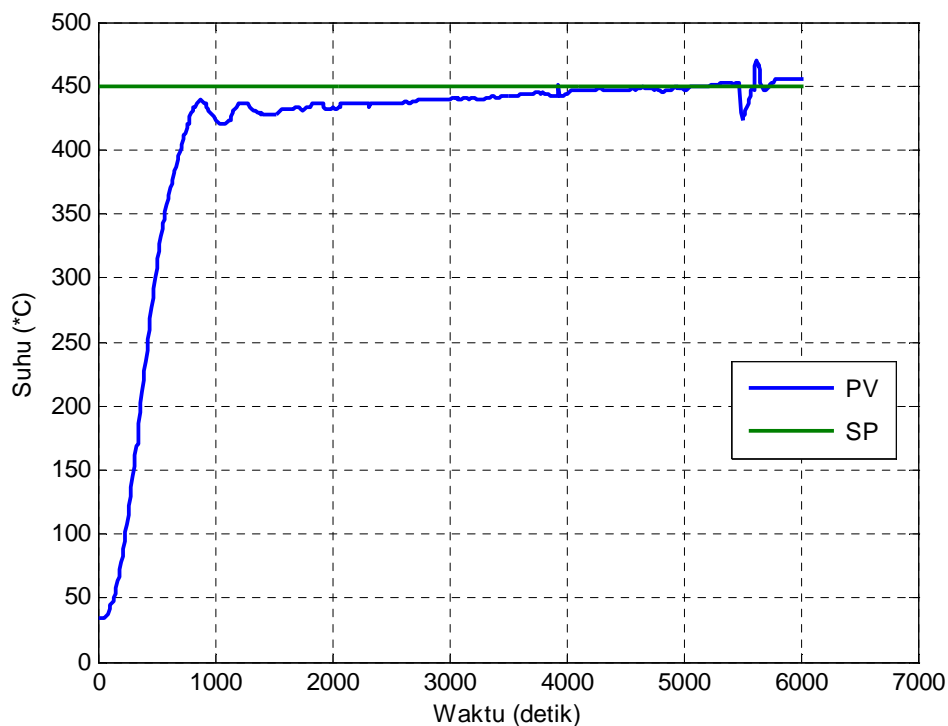


Gambar 4.15 Grafik Respon Sistem Pada Suhu Referensi Naik

Berdasarkan grafik respon yang telah didapat, suhu awal dimulai dengan suhu 28°C. Pengujian dilakukan dengan mula-mula memberi suhu referensi (*set point*) sebesar 300°C. Ketika sistem mencapai suhu 300 °C, sistem mengalami *overshoot* dan semakin lama suhu akan menjadi naik. Dalam waktu kurang lebih 30 menit, pengujian dilakukan untuk melihat respon sistem setelah mencapai keadaan tunak (*state*). Perubahan nilai suhu referensi dilakukan setiap kurang lebih 30 menit, ketika terlihat sistem telah mencapai keadaan stabil atau tunak. Terlihat pada grafik, sistem dapat merespon suhu referensi 400°C dengan baik dan respon yang cepat, meskipun diawali dengan *overshoot* yang kecil, tetapi setelah itu sistem dapat mengkondisikan untuk mencapai nilai suhu referensi yang telah ditentukan. Pada suhu referensi 550°C, sistem tidak mencapai suhu referensi dikarenakan sistem sudah pada daerah yang jenuh, dimana sistem tidak mampu lagi untuk mencapai suhu referensi. Pada suhu referensi 550°C, sistem hanya dapat mencapai keadaan tunak pada suhu 500°C. Performa yang baik, tetap ditunjukkan pada suhu referensi 450°C, dimana terlihat sistem dapat merespon cukup baik sehingga dapat stabil lebih lama pada kondisi tunak, dibandingkan dengan suhu referensi lainnya. Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian JST pada *plant* untuk *pyrolysis* sangat baik pada suhu 450°C dan untuk range suhu lainnya bisa dikatakan kurang optimal.

4.2.4 Pengujian Sistem Dengan Pemberian Gangguan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui unjuk kerja sistem ketika diberi gangguan ketika berada pada keadaan tunak. Dalam hal ini gangguan yang akan diberikan adalah berupa kipas angin yang akan meniup ke arah plant furnace. Tujuannya untuk mengetahui seberapa cepat respon cepat sistem untuk kembali keadaan tunak setelah diberikan gangguan tersebut, dimana waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi semula adalah waktu pemulihan. Pengujian dengan gangguan panas tidak diberikan karena tidak dibuat untuk melakukan proses pendinginan. Grafik dibawah akan menunjukkan respon sistem setelah diberikan gangguan.



Gambar 4.16 Grafik Respon Sistem Dengan Pemberian Gangguan

Dari gambar 4.16, dapat diketahui bahwa respon sistem sangat sensitif terhadap gangguan berupa kipas. Hal ini dikarenakan dengan pemberian gangguan selama 5 detik sistem telah mengalami penurunan suhu yang sangat signifikan. Kemudian untuk mencapai keadaan *steady* kembali, sistem mengalami osilasi terlebih dahulu. Membutuhkan waktu yang lama untuk kembali ke keadaan *steady*. Maka dapat disimpulkan bahwa, sistem sangat rentan terhadap gangguan berupa kipas, karna akan menyebabkan penurunan suhu yang sangat drastis sehingga mengganggu sistem untuk mencapai keadaan normal atau *steady* kembali.