

# Aplikasi PID Controller Pada Pengaturan Suhu Boiler Dengan Menggunakan PLC Dan HMI

Healthy Angelia Putri, Edi Sulistio Budi, Denda Dewatama

**Abstrak** — Pemakaian listrik di Indonesia, sebagian besar bersumber dari pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap. Dalam proses mengubah air menjadi uap sering terjadi kendala, sehingga mengakibatkan uap yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang diinginkan. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan keluaran sesuai yang diinginkan dengan respon sistem yang baik. Untuk mendapatkan respon sistem yang baik maka diterapkan metode kendali PID pada sistem. Dengan menggunakan PLC dan HMI sebagai kontrolernya diharapkan dapat mempermudah dalam pengaturan suhu boiler pada penelitian ini. Pada penelitian ini menggunakan *miniplant boiler* berkapasitas 50 liter dengan diameter 35 cm dan tinggi 52 cm. Cara kerja alat tersebut adalah untuk menstabilkan suhu di dalam boiler pada setpoint 100°C. Dengan hasil nilai parameter PID menggunakan metode *Ziegler – Nichols* sistem orde 1 yaitu  $K_p = 18,9$ ,  $T_i = 240s$ , dan  $T_d = 60s$  didapatkan hasil yang kurang bagus dengan nilai karakteristik sistem yaitu  $T_r = 1976s$ ,  $T_s = 2743s$  dan  $EES = 1\%$ , maka dilakukan manual tuning PID dengan nilai parameter PID yaitu  $K_p = 10$ ,  $T_i = 2s$ , dan  $T_d = 4,2s$ . Sehingga hasil dari pengontrolan suhu boiler didapatkan hasil pengujian kontrol suhu dengan akurasi 99,5% ,  $error\ steady\ state = 0,5\%$  dan  $settling\ time = 2640s$ , sehingga waktu untuk mencapai kondisi stabil dari suhu 30 – 100 derajat dibutuhkan waktu 44 menit.

**Kata kunci** : Suhu, Boiler, PLC, HMI, dan kendali PID

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan listrik di Indonesia, sebagian besar bersumber dari pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap. Pembangkit listrik tenaga uap merupakan pembangkit listrik yang dihasilkan oleh generator yang diputar oleh turbin uap hasil dari air yang dipanaskan di dalam boiler . Dalam proses mengubah air menjadi uap sering terjadi kendala sehingga mengakibatkan keluaran tidak sesuai dengan yang diinginkan, seperti volume aliran air dibawah atau diatas setpoint, level ketinggian air terlalu tinggi atau rendah, dan suhu yang kurang atau melebihi setpoint.

Pada penelitian ini, suhu pada boiler akan dikendalikan sehingga suhu yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan.

Cara kerja dari sistem ini adalah mempertahankan suhu boiler agar tetap stabil sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan melalui HMI. Pengontrolan suhu dilakukan dengan mengatur heater yang berfungsi sebagai pemanas boiler sehingga dapat menghasilkan uap yang dapat menggerakkan turbin. Sistem ini nantinya dapat digunakan sebagai media pembelajaran di laboratorium yang akan dikontrol menggunakan PLC Siemens S7-200 dengan metode PID serta dilengkapi dengan HMI (*Human Machine Interface*) Omron NB7W-TW00B untuk mempermudah monitoring suhu secara *real time*. Metode PID dipilih karena dapat menghasilkan respon sistem yang baik, sederhana dan mudah diimplementasikan, serta umum digunakan di industri

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Boiler

Boiler atau ketel uap merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi, dimana alat ini berisi air. Boiler dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis antara lain: berdasarkan aliran fluida di dalam pipa, maka boiler diklasifikasikan menjadi boiler pipa api dan pipa air. Berdasarkan cara pemakaiannya, boiler dapat diklasifikasikan menjadi boiler tetap atau stasioner dan boiler mobil atau boiler pindah (*portable boiler*). Berdasarkan poros tutup drum (*shell*), boiler diklasifikasikan menjadi boiler tegak dan mendarat.

### 2.2 PLC Siemens S7-200

Pengontrol logika yang dapat di program atau *Programmable Logic Control* (PLC) adalah komputer yang dirancang untuk penggunaan pada mesin. Tidak seperti komputer, pengontrol ini telah dirancang untuk bekerja pada lingkungan industri dan dilengkapi dengan input / output khusus dan pengendali bahasa pemrograman .

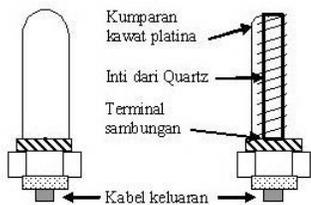


Gambar 1. PLC Siemens S7-200 CPU224

Siemens S7-200 merupakan PLC yang dapat memberikan fleksibilitas dan kekuatan untuk mengendalikan berbagai perangkat otomasi. Modul ini juga dapat ditambahkan *expand I/O* digital atau analog dan *expand komunikasi* untuk berkomunikasi dengan perangkat lainnya melalui komunikasi PROFIBUS, GPRS, RS485 atau RS232 dengan mudah. Bentuk fisik Siemens S7-200 dapat dilihat pada Gambar 1.

2.3 Sensor RTD

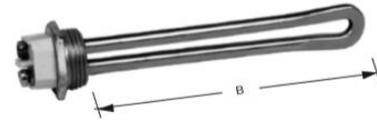
*Resistance Temperature Detector (RTD)* adalah sebuah sensor termal yang didasarkan pada prinsip resistansi logam yang meningkat seiring termal. Logam yang digunakan bisa beragam seperti platinum, yang sifatnya dapat digunakan secara berulang – ulang (*repeatable*), sangat sensitif, dan sangat mahal. Ataupun nikel, yang sifatnya hanya dapat digunakan beberapa kali, lebih sensitif, dan agak murah. Bentuk fisik sensor RTD dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kontruksi RTD

2.4 Heater

*Heater* atau elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah dengan memberikan sumber tegangan AC pada *heater* sehingga arus listrik dapat mengalir pada elemen lilitan kawat (*resistance wire*) yang dilapisi pipa logam sehingga dapat menghasilkan panas pada elemen. Terdapat berbagai jenis *Heater* berdasarkan bahan dan penggunaannya seperti *Coil Heater*, *Ceramic Heater*, *Tabular Heater*, *Immersion Heater* dan *Catridge Heater*. Bentuk fisik *heater* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Immersion Heater

2.5 Kendali PID (*Proportional Integral Derivative*)

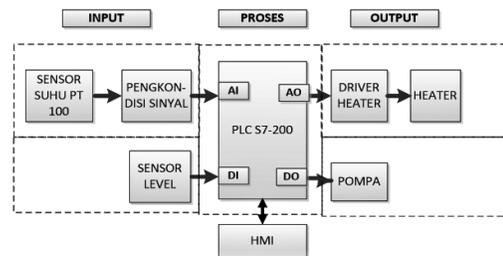
Pengendali PID merupakan gabungan dari tiga macam pengendali yaitu proporsional, integral, dan derivatif. Tujuan dari penggabungan tiga macam pengendali tersebut adalah untuk memperbaiki kinerja sistem masing – masing pengendali karena akan saling memperbaiki, menutupi, melengkapi kekurangan dan kelebihan masing – masing Tabel 1 menunjukkan karakteristik PID.

Tabel 1  
Karakteristik PID [10]

PENGUATAN	RISE TIME	OVERSHOOT	SETTLING TIME	STEADY STATE
Kp	Berkurang	Bertambah	Perubahan kecil	Berkurang
Ki	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Hilang
Kd	Perubahan kecil	Berkurang	Berkurang	Perubahan kecil

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja sistem ini adalah saat sensor suhu PT 100 mendeteksi suhu di dalam tabung *boiler* maka hasil pembacaan sensor tersebut akan dikuatkan dan diubah nilainya dari nilai resistansi menjadi nilai tegangan menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal, sehingga dapat diproses oleh analog input PLC. PLC Siemens S7-200 merupakan komponen utama pada *miniplant boiler* yang digunakan untuk mengolah data input menjadi output dengan pengontrolan PID agar sistem dapat bekerja dengan stabil. Selanjutnya data yang sudah diolah didalam PLC dikirimkan ke driver *heater* untuk mengatur waktu penyalaan *heater* secara variabel. *Heater* disini berfungsi sebagai aktuator untuk mengatur pemanas agar mencapai setpoint. Selain itu, terdapat sensor level yang

digunakan untuk mendeteksi ketinggian air di tabung boiler. Apabila sensor level mendeteksi ketinggian air kurang dari batas normal maka PLC akan menghidupkan pompa. HMI (*Human Machine Interface*) digunakan untuk mengamati kinerja sistem secara keseluruhan serta untuk menetapkan nilai setpoint yang diinginkan.

3.2 Perancangan Mekanik

Pada perancangan sistem pengaturan suhu boiler pada miniplant memiliki beberapa spesifikasi mekaniknya, antara lain:

1. Dimensi Total Alat
  - Panjang : 200 cm
  - Lebar : 120 cm
  - Tinggi : 150 cm
2. Dimensi Tabung
  - Diameter : 35 cm
  - Tinggi : 52 cm
  - Tebal : 1 cm
  - Kapasitas : 50 liter
  - Bahan : *Stainless Steel*

Sedangkan gambar mekanik keseluruhan dan gambar mekanik boiler dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 berikut.



Gambar 5 Mekanik Sistem



Gambar 6 Mekanik Boiler

Pada perancangan sistem pengaturan suhu boiler pada miniplant memiliki beberapa spesifikasi elektrik, antara lain:

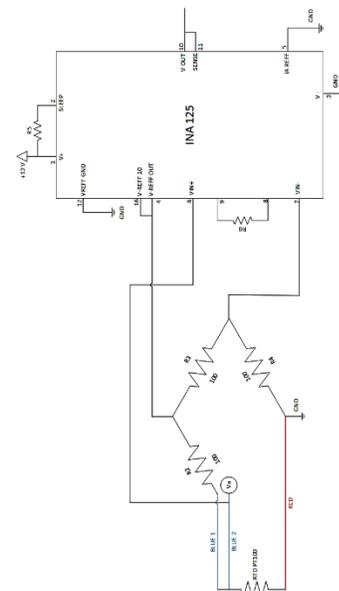
1. PLC Siemens S7-200 CPU 224 DC/DC/DC
  - Tegangan : 24 VDC
  - Digital Input : 14
  - Digital Output : 10
  - Analog Input : 4 x 12 Bit (EM235)
  - Input Range : 0-5V, 0-10V, 0-20mA
  - Analog Output : 2 x 12 Bit (EM232)

- Output Range :  $\pm 10$  VDC, 0 – 20mA
2. Sensor suhu RTD (PT 100)
    - Jenis Sensor : Wire Wound (3-Wire)
    - Range Suhu :  $-200$  °C s/d  $400$  °C
    - Sensitivitas :  $0,385$   $\Omega/^\circ\text{C}$
  3. Heater
    - Tegangan : 220 V
    - Watt : 2000 W
    - Dimensi : 16 mm x 180 mm
  4. Power Supply
    - Tegangan : 24 V
    - Arus : 2 A

3.3 Perancangan Rangkaian Sensor Suhu PT100

Pada penelitian ini menggunakan sensor suhu jenis *Resistance Temperature Detector* (RTD) dengan tipe PT100. PT100 memiliki output berupa resistansi dimana resistansi tersebut harus diubah menjadi nilai tegangan agar dapat diolah pada PLC. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian pengkondisi sinyal yang dapat mengubah nilai resistansi hasil pembacaan sensor PT100 menjadi nilai tegangan dengan range 0 – 5V sehingga dapat dibaca oleh PLC. Rangkaian yang dibutuhkan oleh PT100 tersebut adalah rangkaian jembatan *wheatstone*. Gambar 7 merupakan rangkaian pengkondisi sinyal PT100.

Rangkaian pengkondisi sinyal suhu PT 100 digunakan untuk mengubah hasil pembacaan sensor suhu PT 100 yaitu dari nilai resistansi diubah menjadi tegangan menggunakan jembatan *wheatstone*. Setelah itu, nilai tegangan tersebut dikuatkan dengan menggunakan IC INA 125 sehingga diperoleh nilai tegangan 0 – 5V yang dapat dibaca oleh PLC. Hasil pembacaan PLC dikirim ke driver heater.

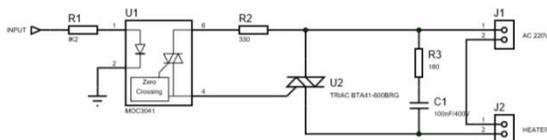


Gambar 7 Rangkaian Pengkondisi Sinyal PT100

3.4 Perancangan Rangkaian Driver Heater

Heater yang digunakan pada penelitian ini berjenis immersion heater 220VAC/2000W. Rangkaian driver heater ini digunakan untuk mengatur penyalaan pada heater dengan cara mengatur waktu penyalaan input driver heater dari PLC. Setelah itu, diperoleh pewaktu penyalaan heater dengan skala 0 – 10s yang disesuaikan dengan respon data PID dengan skala 0 – 100%. Skala 0 – 100% tersebut didapat dari pengaturan tegangan input driver 1 – 5V. Sehingga apabila waktu penyalaan yang diperoleh dari data PID 0% atau minimal maka heater akan OFF selama 10s dan ON selama 0s. Apabila data PID yang diperoleh adalah 50% maka heater akan OFF selama 5s dan ON selama 5s. Jika data PID yang diperoleh sebesar 100% maka heater akan OFF selama 0s dan ON selama 10s.

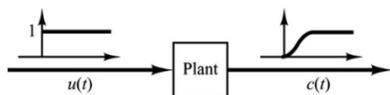
Rangkaian driver heater ini memanfaatkan IC MOC 3041 yang terdapat pada rangkaian Zero Crossing Detector untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220V saat melewati titik tegangan nol. Titik nol ini digunakan sebagai acuan awal pemberian waktu tunda (delay) untuk memicu penyalaan TRIAC sehingga arus listrik dapat mengalir menuju heater.



Gambar 8 Rangkaian Driver Heater

3.5 Perancangan Kendali PID

Perancangan PID dilakukan untuk menentukan nilai Kp, Ki dan Kd dari plant yang terkontrol yaitu heater. Perancangan dilakukan dengan memberikan input berupa unit step pada plant sehingga didapatkan respon sistem yang berasal dari umpan balik yaitu pembacaan sensor suhu. Respon sistem terhadap input unit step ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Respon sistem terhadap input unit step

Langkah berikutnya setelah didapatkan respon sistem dengan setpoint berupa unit step adalah menentukan nilai L yang merupakan delay time dan T merupakan konstanta delay time. Setelah itu, menghitung nilai Kp, Ti, dan Td sesuai dengan aturan berikut:

$$Kp = 1,2 T/L \dots\dots\dots(1)$$

$$Ti = 2 L \dots\dots\dots(2)$$

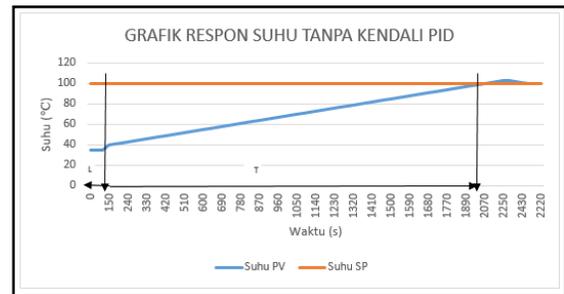
$$Td = 0,5 L \dots\dots\dots(3)$$

Dan nilai Ki dan Kd didapat dari rumus berikut ini:

$$Ki = Kp/Ti \dots\dots\dots(4)$$

$$Kd = Kp \times Td \dots\dots\dots(5)$$

Pengambilan kurva respon sistem dengan cara memberi inputan berupa setpoint (unit step) pada plant. Pada penelitian ini setpoint harus ditentukan terlebih dahulu sebelum mencari karakteristik grafik respon sistem. Dalam perancangan kendali PID pada sistem pengaturan suhu miniplant boiler, setpoint yang ditentukan sebesar 100 °C. Hasil pengujian respon perubahan suhu terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik Respon Karakteristik Sistem Tanpa Kontroler

Dari grafik respon pada Gambar 10 diketahui bahwa respon plan berupa kurva S yang tidak memiliki osilasi, maka dalam perancangan ini menggunakan metode Ziegler Nichols 1. Langkah berikutnya adalah mencari nilai L dan T dari grafik respon, dan diperoleh data sebagai berikut:

$$L = 120s$$

$$T = 2010s - 120s = 1890s$$

Dari nilai T dan L yang didapatkan dari gambar kurva respon sistem, maka nilai Kp, Ti dan Td dapat dihitung menggunakan persamaan 1, 2 dan 3 diatas seperti berikut:

$$Kp = 1,2 \times T/L$$

$$= 1,2 \times 1890 / 120$$

$$= 18,9$$

$$Ti = 2 \times L$$

$$= 2 \times 120$$

$$= 240s$$

$$Td = 0,5 \times L$$

$$= 0,5 \times 120$$

$$= 60s$$

Sehingga diperoleh fungsi alih kendali PID sebagai berikut:

$$Kp = 18,9$$

$$Ki = Kp / Ti$$

$$= 18,9 / 240$$

$$= 0,08$$

$$Kd = Kp \times Td$$

$$= 18,9 \times 60$$

$$= 1134$$

Dalam penerapan sistem pada PLC Siemens S7-200 menggunakan parameter PID yaitu nilai Kp, Ti, dan Td. Sehingga nilai tuning PID yang dimasukkan pada parameter PID adalah Kp = 18,9, Ti = 240s dan Td = 60s. Dengan

demikian, nilai parameter tersebut digunakan untuk parameter kontrol di PLC.

IV. HASIL DAN ANALISA

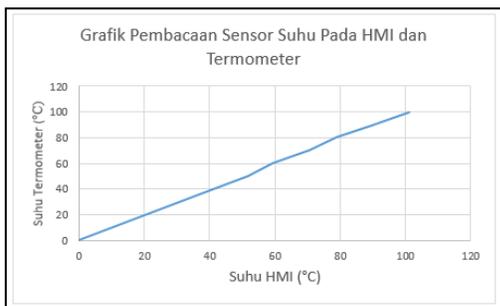
1.1 Pengujian Sensor Suhu PT100

Pengujian sensor suhu PT 100 dilakukan untuk mengetahui kebenaran maupun kesesuaian antara pembacaan sensor yang ditampilkan pada HMI terhadap hasil pengukuran menggunakan alat ukur termometer. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai *error* dari hasil pembacaan sensor dengan termometer. Pengujian dilakukan dengan mengubah nilai suhu setiap kenaikan 10°C seperti yang ditunjukkan pada dan Tabel 2.

**Tabel 2**  
Perbandingan Pembacaan Sensor Suhu

No.	Pembacaan Suhu PT 100 pada HMI (°C)	Pembacaan Suhu Thermometer (°C)	Error (%)
1.	40,9	40	2,25
2.	51,5	50	3
3.	59,2	60	1,33
4.	70,4	70	0,57
5.	79	80	1,25
6.	89,7	90	0,33
7.	101,2	100	1,2
<b>Error rata – rata</b>			<b>1,417</b>

Dari hasil pengujian pada Tabel 2, selanjutnya akan diolah menjadi bentuk grafik seperti Gambar 11 berikut.



**Gambar 11.** Grafik Pembacaan Sensor Suhu pada HMI Terhadap Termometer

Dari hasil pengujian sensor suhu PT100 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, diperoleh nilai *error* rata – rata sebesar 1,147 %, maka dapat disimpulkan bahwa hasil kalibrasi sensor yang telah diolah pada PLC dibandingkan dengan termometer akurat dan sesuai. Dengan demikian, sensor suhu PT100 dapat menghasilkan kinerja yang baik.

1.2 Pengujian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu PT100

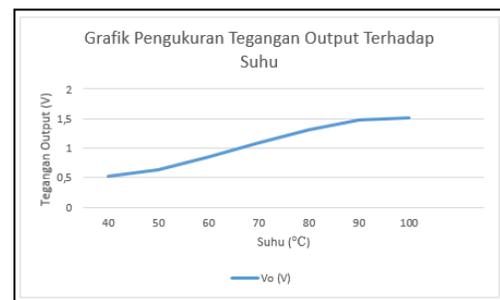
Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor PT100 bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan output pada saat perubahan nilai suhu serta nilai *analog input word* (AIW).

Data analog input diperoleh dengan mengkonversikan tegangan yang terbaca pada analog input menjadi nilai tegangan dalam bentuk word. Perbandingan hasil tegangan output dan suhu yang terbaca pada analog input PLC yang terhubung ke output sensor dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3**  
Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

No.	Suhu (°C)	Tegangan Output (V)	AIW	AIW Perhitungan	Error (%)
1.	40	0,89	7455	7637	2,38
2.	50	1,06	9425	9855	4,36
3.	60	1,24	11680	12072	3,25
4.	70	1,41	13574	14289	5
5.	80	1,77	15832	16507	4,09
6.	90	1,93	18382	18723	1,83
7.	100	1,52	19896	20941	4,99

Hasil perbandingan tegangan dengan suhu yang diperoleh dari hasil pengujian seperti Tabel 3, diolah dalam bentuk grafik seperti Gambar 12.



**Gambar 12.** Pengukuran Tegangan Output Terhadap Perubahan Suhu

Dari hasil perbandingan tegangan output terhadap perubahan suhu seperti yang ditunjukkan Gambar 12, didapatkan hasil yang linier. Hal ini dapat dilihat dari gambar grafik diatas dimana kenaikan tegangan linier terhadap perubahan suhu. Sedangkan, dari perbandingan nilai pengukuran dan perhitungan *analog input word* (AIW) didapatkan nilai *error* minimal sebesar 1,83 % dan *error* maksimal sebesar 5 % dengan nilai *error* rata – rata nya adalah 3,7 %. Sehingga dengan didapatkan nilai *error* yang tidak lebih dari 5 %, maka dapat dikatakan bahwa sistem dapat bekerja dengan optimal.

1.3 Pengujian Driver Heater

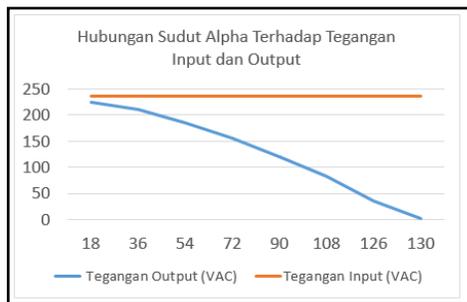
Pengujian driver *heater* ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari komponen OPTOTRIAC MOC 3041 dan TRIAC BT139. Prinsip kerja dari driver *heater* ini yaitu mengatur waktu penyalan input driver dari PLC dengan memberikan pulsa *high* sehingga dapat mengalir menuju MOC 3041. Selanjutnya, lampu LED akan aktif dan TRIAC akan aktif pula akibatnya TRIAC terpicu sehingga *heater* teraliri arus.

Dengan diurnya sudut picu ( $\alpha$ ) maka besarnya tegangan pada heater akan bervariasi tergantung dari waktu tunda (*delay*) yang dikeluarkan oleh PLC untuk mengatur tingkat kepanasan heater. Waktu penyalaaan dari heater ini sesuai dengan respon sistem dari data PID dengan skala 0 – 100%. Selanjutnya dilakukan pengujian driver heater dengan cara pengaturan sudut picu ( $\alpha$ ) yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4**  
Hasil Pengujian Driver Heater

Tegangan Input (VAC)	Nilai Sudut Alpha	Gambar Sinyal	Tegangan Output (VAC)
236	18		224,5
236	72		155,7
236	108		83,8

Hasil pengujian pada Tabel 4 diatas dapat diolah dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 13 berikut

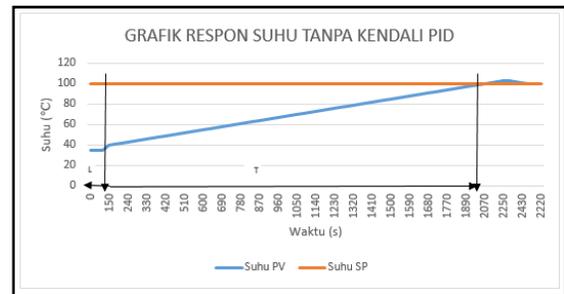


**Gambar 13.** Hasil Pengukuran Driver Heater

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dan diolah dalam bentuk grafik pada Gambar 13, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai sudut picu ( $\alpha$ ) yang diberikan maka tegangan output yang dihasilkan heater akan semakin kecil, sehingga mengakibatkan tingkat kepanasan heater semakin turun. Dan begitu sebaliknya, apabila nilai sudut picu atau alpha yang diberikan semakin kecil, maka tegangan output heater akan semakin besar. Hal ini menandakan bahwa tingkat kepanasan heater semakin naik.

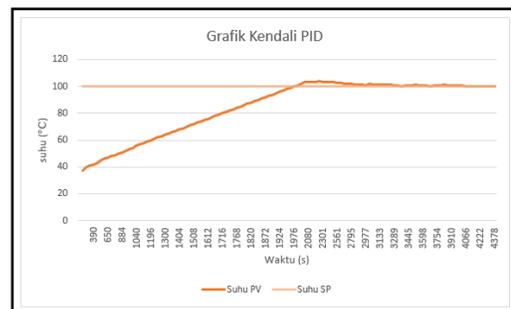
**1.4 Pengujian Kontrol PID**

Pengujian kendali PID bertujuan untuk melihat dan mengetahui nilai parameter PID menggunakan metode *Ziegler Nichols* sistem orde 1. Kendali PID berfungsi untuk mengatur suhu dalam boiler yaitu dengan cara mengatur waktu penyalaaan heater. Pengujian kendali PID yang digunakan adalah metode *Ziegler-Nichols* dengan grafik respon kurva S. Pengambilan data untuk pengujian tanpa kendali PID dilakukan dengan cara menhidupkan heater secara manual sampai setpoint terpenuhi yaitu 100 derajat celcius. Hasil respon pengujian tanpa kendali PID seperti ditunjukkan Gambar 14.



**Gambar 14.** Kurva Respon Karakteristik Sistem Tanpa Kontroler

Berdasarkan grafik diatas didapatkan nilai L sebesar 120 s dan T sebesar 2010s. Setelah itu, pengambilan data dengan cara memasukkan nilai  $K_p = 18,9$ ,  $T_i = 240s$ , dan  $T_d = 60s$  yang didapatkan dari hasil perhitungan. Hasil dari respon dengan menggunakan kendali PID dapat dilihat pada Gambar 15.



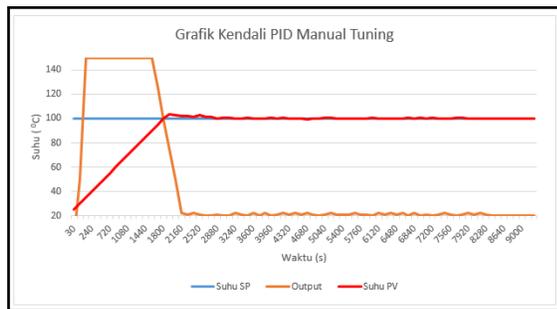
**Gambar 15.** Grafik Respon Menggunakan kontrol PID

Dari gambar grafik diatas diperoleh karakteristik respon sistem menggunakan kendali PID seperti yang ditunjukkan Gambar 15, maka diperoleh karakteristik respon sistem sebagai berikut:

- $T_r = 1976s$ ,
- $T_d = 845s$ ,
- $T_s = 2743s$ .
- $EES = 1\%$

Dengan perhitungan metode *Ziegler - Nichols 1* menghasilkan waktu *steady state* yang kurang maksimal, sehingga dilakukan tuning parameter PID secara manual untuk

memperoleh hasil respon yang terbaik. Maka dari itu, diperoleh hasil respon sistem yang terbaik pada saat nilai  $K_p = 10$ ,  $T_i = 2$ , dan  $T_d = 4,2$ . Hasil dari respon sistem dapat dilihat pada Gambar 16.



**Gambar 16.** Grafik Respon Kontrol PID Dengan Manual Tuning

Dari grafik respon sistem pada Gambar 16, diperoleh karakteristik respon sistem dengan manual tuning saat setpoint 100 derajat yaitu sebagai berikut:

- $T_r = 1800s$
- $T_d = 610s$
- $T_s = 2640s$ .
- $EES = 0,5 \%$

Sehingga dari hasil pengujian dengan perhitungan dan manual tuning dapat disimpulkan bahwa waktu mencapai *steady state* (*rise time*) saat manual tuning lebih cepat daripada hasil perhitungan *Ziegler-Nichols 1*.

Dari hasil pengujian dengan beberapa nilai setpoint suhu yang telah diatur, maka dapat disimpulkan bahwa dengan nilai parameter PID yaitu  $K_p = 10$ ,  $T_i = 2$ , dan  $T_d = 4,2$  didapatkan hasil pengujian kontrol suhu dengan akurasi 99,5% dengan overshoot 2,3% dan EES 0,5 % dengan level air yang terdeteksi oleh sensor level pada batas medium atau sekitar 12 liter, sehingga waktu untuk mencapai kondisi stabil dari suhu 30 – 100 derajat dibutuhkan waktu 44 menit.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian skripsi ini menggunakan boiler dengan diameter 35 cm, tinggi 52 cm, tebal 1 cm dan berkapasitas 50 liter. Suhu di dalam boiler dikontrol menggunakan PLC dan HMI dengan metode PID agar menghasilkan suhu yang stabil sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan. Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan berikut:

- 1) Sensor suhu PT100 yang dihubungkan dengan rangkaian jembatan *wheatstone* serta IC INA125 sebagai pengkondisi sinyal memiliki nilai akurasi 96,3 %.
- 2) Pengontrolan suhu boiler pada setpoint 100°C dengan parameter PID yaitu  $K_p = 10$ ,  $T_i = 2$ , dan  $T_d = 4,2s$  dapat

menghasilkan nilai akurasi 99,5 % dan EES 0,5% dengan *settling time* atau waktu untuk mencapai kondisi stabil dari suhu 30 – 100 derajat sebesar 44 menit.

- 3) PLC dan HMI dapat memberikan hasil akurat dan tampilan yang *real time* pada setiap respon input dan outputnya dengan rata – rata interval waktu respon sebesar 0,25s.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan maka untuk pengembangan penelitian alat ini selanjutnya penulis memberikan beberapa saran berikut ini:

- 1) Untuk lebih memudahkan dalam pengontrolan jarak jauh bisa menggunakan SCADA maupun DCS sehingga penerapannya layaknya di dunia industri.
- 2) Untuk pompa bisa diganti dengan pompa bertekanan tinggi seperti yang ada di PLTU sehingga sistem bisa berjalan terus – menerus (*looping*).

## DAFTAR PUSAKA

- [1] Nanda, Ikhsan Putra. 2018. *Studi Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Uap / PLTU Di PT Multimas Nabati Asahan*. Jurnal Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Medan.
- [2] Montolalu, Reynaldo Sandy. 2015. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Level dan Temperatur Boiler Dengan Metode PID dan Kontrol Dua Posisi*. Jurnal Vol.02 No.2. Jurnal Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom.
- [3] Kurniawan, Wijaya. 2009. *Pengendalian Suhu Dan Ketinggian Air Pada Boiler Menggunakan Kendali PID Dengan Metode Root Locus*. Jurnal EECIS Vol. III No. 2. Jurnal Jurusan Teknik Elektro. Universitas Brawijaya.
- [4] Muin, Syamsir A. 1988. *Pesawat – Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)*. Jakarta: Rajawali Pers.
- [5] Bolton, William. 2006. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Jakarta: Erlangga
- [6] Manual Book Siemens S7-200. 2003.
- [7] Johnson, Curtis D. 2014. *Process Control Instrumentation Technology*. America: United States.
- [8] Lubis, Hasrin. 2016. *Rancang Bangun Alat Penggongseng Kelapa Untuk Pembuatan Bumbu Dapur Dengan Menggunakan Pemanas Listrik Temperatur 800c Dengan Kapasitas 3 Kg*. Jurnal Teknik Mesin. Politeknik Negeri Lhoksumawe.
- [9] Datasheet Immersion Heater
- [10] Katsuhiko, Ogata. 1997. *Modern Control Engineering Third Generation*. University Of Minnesota.