

Aplikasi PID *Controller Level Feed Water Boiler* pada *Miniplant* dengan Menggunakan PLC Dan HMI

Septian Dwi Prasetya, Edi Sulistio Budi, Yulianto

Abstrak — *Feedwater* merupakan air yang akan diumpankan ke dalam *boiler* dengan suhu tertentu sehingga pemanasan air di dalam *boiler* lebih efisien dan tidak membutuhkan banyak bahan bakar dalam menghasilkan uap. Untuk menjaga *level feedwater* agar tidak melewati *range* yang telah ditentukan, maka dibutuhkan pengontrolan PID. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem pengontrolan *level feedwater* dengan metode PID (*proportional, integral, and derivative*) sehingga dapat menghasilkan respon sistem yang stabil. Selain itu, PLC dan HMI dipilih sebagai kontrolernya untuk mempermudah pengaturan *level feedwater* pada penelitian ini. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan hasil analisa yaitu *level feedwater* sesuai dengan setpoint yaitu 20 cm, dikarenakan pengaruh dari konstanta PID sehingga mempengaruhi motor pompa. Dalam penentuan parameter PID digunakan dua cara yaitu dengan metode *Ziegler-Nichols 1* dan *manual tuning*. Hasil respon dengan perhitungan *Ziegler-Nichols 1* dengan $K_p = 20,4$, $T_i = 24s$, dan $T_d = 6s$ menghasilkan respon yang kurang baik dengan *rise time* atau $T_r = 135s$, *settling time* atau $t_s = 152s$ dan $EES = 2$ cm. Oleh sebab itu, dilakukan *manual tuning* dengan hasil terbaik pada saat nilai parameter $K_p = 12$, $T_i = 0,01s$, dan $T_d = 0,03s$. Sehingga didapatkan hasil pengujian kontrol level tangki *feedwater* dengan akurasi 99,75% dan *settling time* sebesar 129s.

Kata kunci : *PID Controller, Feedwater Level, PLC, and HMI*.

I. PENDAHULUAN

Siring berkembangnya zaman dan teknologi tidak dapat dipungkiri lagi kebutuhan energi listrik semakin bertambah. Hampir di seluruh Indonesia, kebutuhan masyarakat banyak yang bergantung pada ketersediaan listrik. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan listrik yang besar di Indonesia maka dibuatlah pembangkit energi listrik seperti PLTU. PLTU merupakan suatu pembangkit listrik yang menghasilkan energi listrik yang berasal dari generator yang diputar dengan turbin uap. Turbin uap ini memanfaatkan tekanan uap hasil dari penguapan air yang dipanaskan di dalam *boiler*. Dalam proses pemanasan *boiler* diperlukan tangki *feedwater* agar proses

pemanasan air di dalam *boiler* lebih efisien. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem pengendalian yang tepat untuk mengatasi masalah diatas. Salah satu sistem kontrol yang banyak digunakan di industri sekarang ini ialah *Programmable Logic Controller (PLC)* dan *Human Machine Interface (HMI)*. Selain itu dibutuhkan pula metode pengontrolan untuk menjaga *level feedwater* agar tidak melewati *range/batas* yang telah di tentukan, yaitu teknik pengontrolan PID. Pengontrolan PID terdiri dari *Proportional (P)*, *Integral (I)*, dan *Derivative (D)*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Feedwater*

Sebuah *boiler* harus mempunyai air umpan yaitu air yang suhu, tekanan dan levelnya di kontrol sebelum di masukkan ke dalam *boiler*. Hal tersebut dibutuhkan untuk memastikan *boiler* aman. Pada pembangkit listrik tenaga uap atau PLTU pemanasan pada *feedwater heater* berasal dari ekstrasi panas turbin. Pada rancangan prototip ini *feedwater heater* memanaskan air umpan yang akan masuk ke *boiler* menggunakan *heater* dan di kontrol dengan suhu maksimal 60 derajat. Pada *feedwater heater* terdapat pompa input dan output yang terhubung pada pipa input dan output itu sendiri. Pompa input menyerap air dari tangki *supply* air ke dalam *feedwater heater*, sedangkan pompa output menyerap air dari *feedwater heater* ke dalam *boiler*[3].

2.2 Kontrol PID

Sistem Kontrol PID (*Proportional – Integral – Derivative controller*) adalah kontroler yang digunakan untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (*feedback*). Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), yang masing – masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing – masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan ialah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang

Septian Dwi Prasetya adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, email :septiandwiprasetyo13@gmail.com
Edi Sulistio Budi dan Yulianto adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

diinginkan . Tabel 1 menunjukkan kelebihan dan kekurangan masing – masing kontrol P, I, dan D.

Tabel 1
Efek Pengendalian PID

Respon Lup Tertutup	Rise Time	Overshoot	Settling Time	Steady- State Error
Proporsional	Meningkatkan	Meningkatkan	Perubahan Kecil	Mengurangi
Integral	Menurunkan	Meningkatkan	Meningkatkan	Mengeliminasi
Derivatif	Perubahan Kecil	Menurunkan	Menurunkan	Perubahan kecil

2.3 PLC

Pengontrol logika yang dapat di program merupakan komputer elektronik yang mudah dalam pemakaiannya yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai jenis dan tingkat kesulitan yang beranekaragam. PLC juga menawarkan kemudahan dalam pemrograman, implementasi, perawatan, *troubleshooting*, dan modifikasi program jika sewaktu - waktu diperlukan sehingga dapat mengurangi kesalahan - kesalahan yang disebabkan oleh operator (*human error*) dan dapat melakukan perekaman proses kerja alat



Gambar 1. Bentuk Fisik PLC

2.4 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2cm – 4cm dengan akurasi 3mm. Pada perkembangannya, metode ultrasonik dengan memanfaatkan cepat rambat gelombang ultrasonik pada udara dapat di gunakan dalam sistem monitoring *level/tinggi* cairan [8]. Bentuk fisik sensor ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor Ultrasonik

2.5 Pompa

Pada prinsipnya, sebuah pompa air menyedot dan membuang air dengan menggunakan putaran impeler sehingga menimbulkan tarikan, air yang ditarik akan terus menerus

menarik air dari dasar sumur untuk dialirkan menuju pipa *out*. kemudian pada pipa *out*, impeler akan mendorong air untuk menuju ke penampungan atau pembuangan, jadi pada dasarnya sebuah pompa air bekerja menghisap (menyedot) dan mendorong air sekaligus dalam sekali kerja baca. Oleh karena itu pemasangan pompa air biasa diletakan di tengah antara penampung dan sumur agar tarikan dan dorongan dapat digunakan secara optimal .



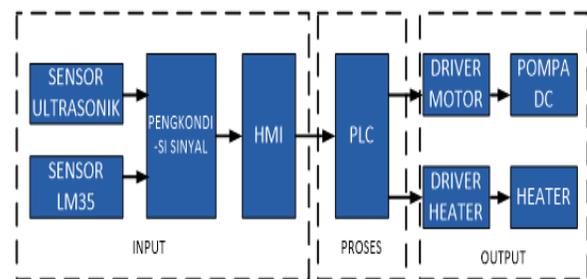
Gambar 3. Pompa DC

2.6 Sensor LM35

Sensor LM35 merupakan sensor yang bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan ideal yang keluar dari LM35 mempunyai perbandingan 100°C yang setara dengan 1 volt. Sensor ini memiliki pemanasan sendiri atau (*self heating*) kurang dari 0,1°C, dapat dioperasikan dengan menggunakan *power supply* tunggal dan dapat dihubungkan antar muka (*interface*) rangkaian kontrol yang sangat mudah.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari diagram blok pada Gambar 4 yaitu sensor ultrasonik akan mendeteksi ketinggian tangki *feedwater* yang selanjutnya diteruskan ke rangkaian pengkondisi untuk menguatkan dan mengubah nilai tegangan sebagai masukan PLC. Setelah itu, setpoint diatur melalui HMI. Setiap hasil pembacaan sensor ultrasonik diolah di dalam PLC dengan menggunakan metode PID. Data yang sudah diolah dikirim ke *driver* motor untuk mengontrol PWM motor pompa DC yang

digunakan untuk memompa air pada pipa *water inlet*. Selain itu, terdapat sensor LM35 yang digunakan untuk mendeteksi suhu air tangki *feedwater heater*. Apabila sensor mendeteksi suhu yang tidak sesuai dengan setpoint yang ditentukan melalui HMI maka PLC akan mengirim perintah ke *driver heater* untuk mengatur waktu penyalan *heater*.

3.2 Perancangan Mekanik

Pada perancangan sistem pengaturan level *feedwater* pada *miniplant* memiliki beberapa spesifikasi mekaniknya, antara lain:

1. Dimensi Total Alat
 - Panjang : 200 cm
 - Lebar : 120 cm
 - Tinggi : 150 cm
2. Dimensi Tangki *Feedwater Heater*
 - Diameter : 30 cm
 - Tinggi : 30 cm
 - Tebal : 5 mm

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



Gambar 5. Mekanik secara keseluruhan



Gambar 6. Mekanik Tampak Samping

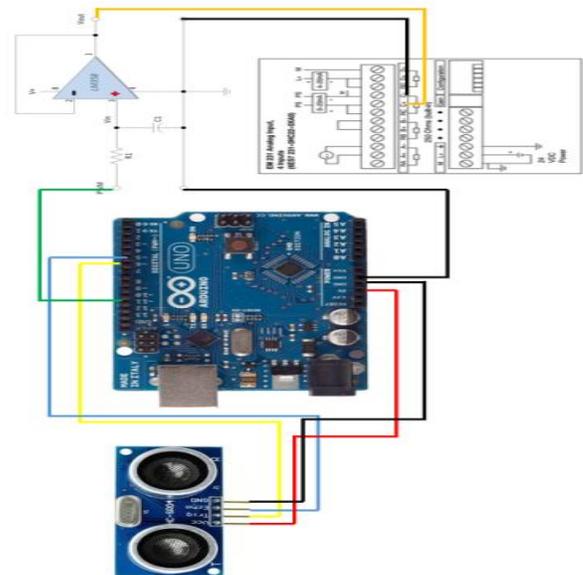
Pada perancangan sistem pengaturan level *feedwater* pada *miniplant* memiliki beberapa spesifikasi elektrik, antara lain:

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 : ± 10 VDC, 0 – 20mA
2. Sensor Suhu LM35
 - Jenis Sensor : *Waterproof*
 - Range Tegangan : 4 – 30 VDC
 - Range Suhu : 0 – 100°C
 - Output Lead : Merah (Vcc), Kuning (data), hitam (Gnd)
 3. Heater
 - Tegangan : 220 V
 - Watt : 1000 W
 4. Sensor Ultrasonik
 - Range : 20 – 400 mm
 - Tegangan : 5 VDC
 5. Power Supply
 - Tegangan : 24 V
 - Arus : 2 A

3.3 Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Ultrasonik

Sinyal yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik berupa jarak yang akan di *scaling* oleh PLC dan di konversi menjadi sinyal PWM oleh mikrokontroler atmega 328 dalam *range* jaraknya 0-40 cm. rangkaian konfigurasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

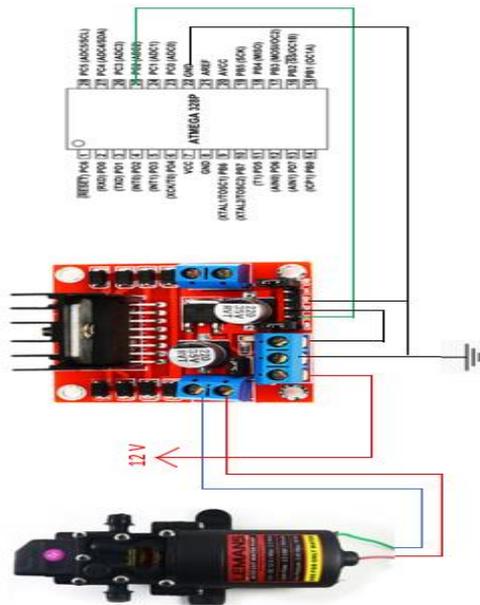


Gambar 7. Konfigurasi Rangkaian Driver Sensor Ultrasonik

3.4 Perancangan Driver Motor Pompa

Pengontrolan kecepatan motor pompa DC dari PLC melalui mikrokontroler atmega 328P dan sebuah *driver* motor terlebih dahulu. Hal tersebut bertujuan untuk mengubah nilai tegangan analog keluaran PLC menjadi tegangan PWM yang akan mentrigger *driver* motor pompa.

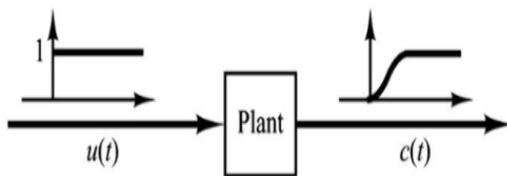
Driver motor pompa DC yang di gunakan dalam penelitian ini adalah *driver* motor L298N. L298N merupakan *modul driver* motor yang di dalamnya terdapat ICL298. IC L298 memiliki dua rangkaian *H Bridge* yang bisa mengatur dua arah putaran motor menggunakan logika 0 dan 1 dan juga untuk megatur kecepatan/rpm motor menggunakan PWM. Tegangan PWM akan mempengaruhi tegangan masukan pompa sehingga kecepatan motor pompa DC terkontrol.



Gambar 8. Konfigurasi Atmega dan Driver Motor

3.5 Perancangan Kontrol PID

Tiga parameter utama dalam kontroler PID yang mempengaruhi kinerja kontroler adalah Konstanta Proporsional (K_p), Konstanta Integral (K_i), dan Konstanta Derivativ (K_d). Pada perancangan kontroler yang akan dilakukan, menggunakan metode tuning dengan parameter *Ziegler-Nichols* metode pertama dengan memberikan sinyal masukan berupa unit step seperti Gambar 9.



Gambar 9 Respon Sistem Terhadap Unit Step

Langkah selanjutnya adalah menentukan dan memasukkan nilai L (*delay time*) dan T (konstanta) kedalam rumus parameter PID pada Metode *Ziegler-Nichols*. Setelah itu, menghitung nilai K_p , T_i , dan T_d sesuai dengan aturan berikut:

$$K_p = 1,2 T/L \tag{1}$$

$$T_i = 2 L \tag{2}$$

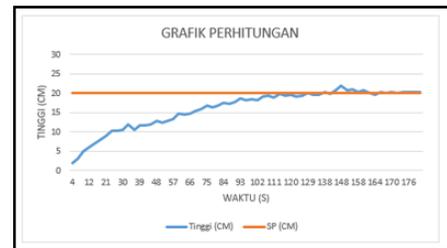
$$T_d = 0,5 L \tag{3}$$

Dan nilai K_i dan K_d didapat dari rumus pada Persamaan 4 dan 5.

$$K_i = K_p/T_i \tag{4}$$

$$K_d = K_p \times T_d \tag{5}$$

Pengambilan kurva respon *plant* dilakukan dengan cara memberi masukan berupa setpoint (unit step) yang sudah ditentukan pada *plant*. Dalam perancangan kontrol PID sistem kontrol *level waterheater* di tentukan setpoint 20 cm. Hasil pengujian respon perubahan *level* terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Grafik Perhitungan Manual Tuning

Berdasarkan Gambar 10 maka didapatkan nilai sebagai berikut:

$$L = 12$$

$$T = 216 - 12 = 204$$

Dari nilai T dan L maka didapatkan nilai K_p , T_i , dan T_d yaitu berikut ini:

$$\begin{aligned} K_p &= 1,2 \times T/L \\ &= 1,2 \times 204/17 \\ &= 20,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_i &= 2 \times L \\ &= 2 \times 12 \\ &= 24s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= 0,5 \times L \\ &= 0,5 \times 12 \\ &= 6 s \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai fungsi alih berikut:

$$\begin{aligned} K_p &= 20,4 \\ K_i &= K_p / T_i \\ &= 20,4 / 24 \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_d &= K_p \times T_d \\ &= 20,4 \times 6 \\ &= 122,6 \end{aligned}$$

Dari nilai K_p , K_i dan K_d tersebut, maka grafik respon PID dapat diketahui. Dalam pengaplikasian pada siemens S7-200 yang digunakan untuk parameter PID adalah nilai $K_p = 20,4$, $T_i = 24s$ dan $T_d = 6s$.

IV. HASIL DAN ANALISA

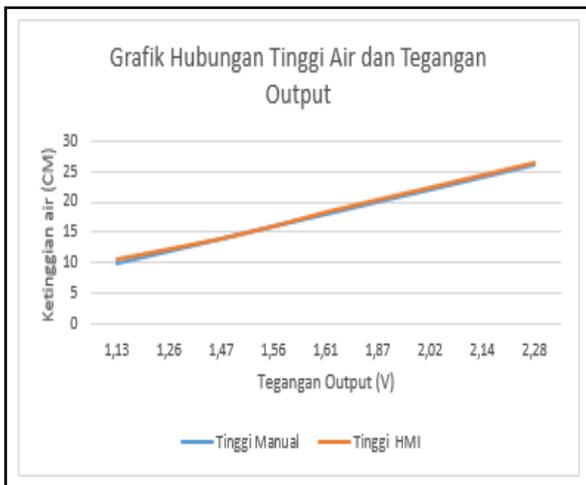
4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian pada sensor ultrasonik bertujuan untuk mengetahui output sinyal saat melakukan pengukuran sensor ultrasonik. Peralatan yang digunakan untuk proses pengujian tersebut antara lain sensor ultrasonik, mikrokontroler atmega 328P, rangkaian pengkondisi sinyal, dan PLC siemens S7-200. Pengujian sensor ini dilakukan dengan cara mengukur tinggi air di dalam tangki. Sensor di pasang di bagian tutup tangki dan tangki akan di isi air dari level 0 - 26 cm. Hasil pengujian sensor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2
Pengujian Sensor Ultrasonik

No.	Tinggi Manual (cm)	Tinggi HMI (cm)	Error (%)	V.out (Volt)
1.	10	10,4	4	1,13
2.	12	12,2	1,67	1,26
3.	14	13,8	1,42	1,47
4.	16	16,1	0,62	1,56
5.	18	18,2	1,11	1,61
6.	20	20,5	2,5	1,87
7.	22	22,4	1,18	2,02
8.	24	24,3	1,25	2,14
9.	26	26,4	1,54	2,28

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



Gambar 11 Perbandingan Ketinggian Air Terhadap Tegangan Output

Dari hasil pengujian sensor ultrasonik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa sensor ultrasonik bekerja optimal dan mampu mengeluarkan sinyal output tegangan sesuai *range* analog input PLC yaitu sinyal output tegangan dalam *range* 1-5 VDC. Perbandingan antara jarak yang di ukur manual menggunakan penggaris dengan jarak yang di keluarkan HMI bisa di katakan sudah akurat di lihat dari persentase *error* rata – rata sebesar 1,7 %.

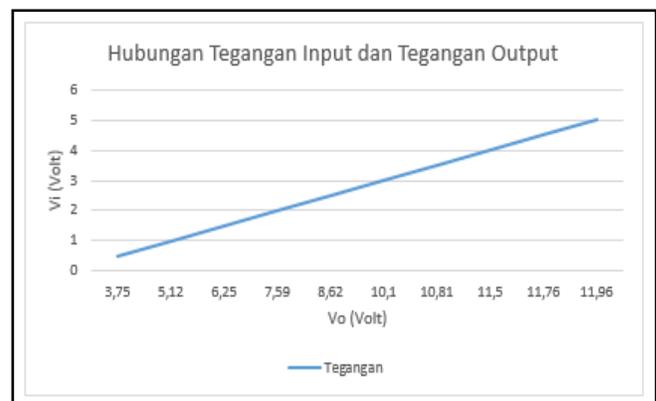
4.2 Pengujian Driver Motor Pompa

Pada penelitian ini menggunakan *driver* motor pompa DC L298N yang digunakan untuk mengatur rpm pompa DC atau kecepatan motor pompa DC. Pengujian pada *driver* motor L298N ini bertujuan untuk mengetahui kinerja motor pompa DC. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah mikrokontroler atmega328p, *driver*, *power supply* DC, multimeter dan motor pompa DC. Pada mikrokontroler sudah ditanamkan program *range* tegangan kerja yang sudah di sesuaikan dengan kontroler 0-5 Volt DC. Pada mikrokontroler juga di tanamkan program PWM mulai dari 0-255 untuk mengatur kecepatan motor. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberi input tegangan DC 0-5 Volt pada program mikrokontroler untuk mengetahui hasil tegangan output yang di hasilkan *driver* pompa yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3
Pengujian Motor Pompa

No.	Vinput(Volt)	PWM	Voutput(volt)
1.	0	0	0
2.	0,5	25,5	3,75
3.	1	51	5,12
4.	1,5	76,5	6,25
5.	2	102	7,59
6.	2,5	127,5	8,62
7.	3	153	10,10
8.	3,5	178,5	10,81
9.	4	204	11,50
10.	4,5	229,5	11,76
11.	5	255	11,96

Perbandingan tegangan input dengan output *driver* pompa berdasarkan data hasil pengujian digambarkan dengan grafik pada Gambar 12 sebagai berikut:



Gambar 12 Perbandingan Tegangan Input dan Tegangan Output

Dari grafik pada Gambar 14 maka bisa dikatakan kerja *driver* sudah *linear*. Kelinearan suatu sistem akan menghasilkan keakuratan kinerjanya. Dalam penelitian ini *driver* motor pompa L298N mampu menerjemahkan tegangan analog output PLC yang mengirim perintah program untuk mengontrol kecepatan motor pompa DC menjadi tegangan output 0 – 12 Volt yang merupakan tegangan input pompa.

4.3 Pengujian Sensor LM35

Pengujian pada sensor LM35 bertujuan untuk mengetahui output sinyal saat proses pengukuran. Peralatan yang digunakan untuk proses pengujian tersebut antara lain sensor LM35, pengkondisi sinyal, termometer dan PLC siemens S7-200. Pengujian sensor ini mengacu pada perbandingan suhu yang di baca termometer dan nilai tegangan yang di hasilkan pengkondisi sinyal sensor suhu LM35, sehingga akan di ketahui keefektifan kinerja pengkondisi sinyal. Data pengujian di ambil saat air mulai di panaskan hingga suhu yang terbaca termometer 40 derajat Celsius. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

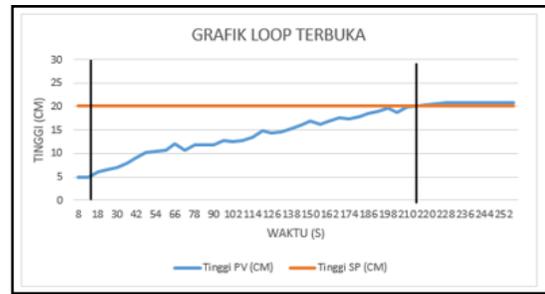
Tabel 4
Hasil Pengujian LM35

NO.	SUHU (°C)	VOU (V)
1.	30	0,9
2.	35	1,3
3.	40	2,2
4.	45	3
5.	50	4,15
6.	55	4,54
7.	60	4,93

Berdasarkan hasil data yang diperoleh pada pengujian sensor suhu LM35, pengkondisi sinyal mengubah sinyal input suhu menjadi tegangan 0- 5 volt yang di butuhkan oleh analog input PLC S7200, PLC di program untuk memberi *range* input suhu 30°Celsius hingga 60°Celsius menjadi tegangan 0-5 Volt.

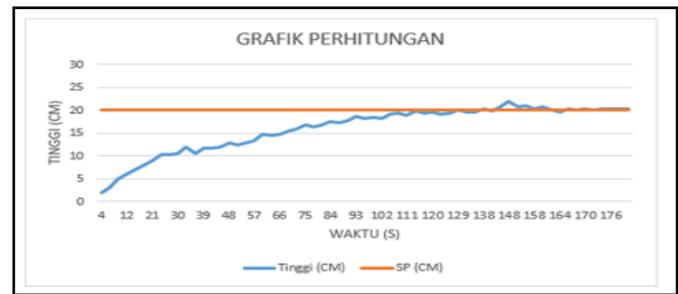
4.4 Pengujian Kontrol PID

Pengujian kontrol PID di lakukan dengan cara membandingkan respon sistem tanpa kontrol dan hasil respon sistem dengan kontrol. Kontrol PID berfungsi untuk mengatur ketinggian air dalam tangki *feedwater* dengan mengatur kecepatan motor pompa DC. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengambil sampel data dari pengujian respon *level* (tinggi tangki) terhadap waktu tanpa menggunakan kontroler PID. Pengujian kontrol PID yang digunakan menggunakan metode *Ziegler Nichols* Orde 1 dengan grafik respon kurva S seperti Gambar 13.



Gambar 13 Kurva Karakteristik Sistem Tanpa

Berdasarkan gambar respon grafik *open loop* tersebut, dapat di ketahui nilai $L = 12$ dan nilai $T = 204$, sehingga saat di lakukan perhitungan menggunakan prinsip *Zigher Nichols* di dapatkan hasil $K_p = 20,4$, $T_i = 24s$, dan $T_d = 6s$. Nilai hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai input di HMI untuk mengetahui respon sistem menggunakan nilai K_p , T_i , dan T_d menggunakan perhitungan *Ziegler Nichols*. Respon sistem hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 14.



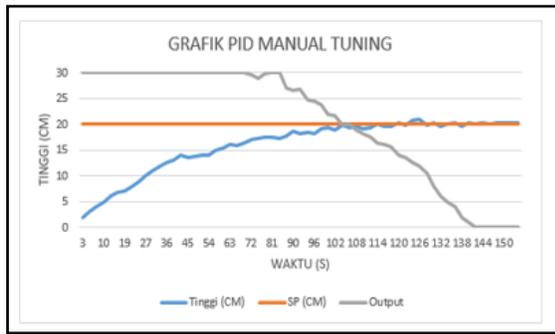
Gambar 14 Grafik Sistem Perhitungan

Berdasarkan grafik respon sistem hasil perhitungan tersebut dapat di ketahui karakteristik respon sistem sebagai berikut.

- $T_r = 135s$
- $T_d = 24s$
- $T_s = 152s$
- $EES = 22 - 20 = 2 \text{ cm}$

Berdasarkan data karaktersitik respon sistem tersebut, dapat di ketahui respon sistem perhitungan PID menghasilkan *error steady state* yang terjadi saat $t_s 5\%$ adalah 2 cm dari nilai setpoint. Selain itu, *rise time* (T_r) saat menggunakan kontrol PID lebih cepat dibandingkan dengan tanpa kontroler.

Dengan hasil nilai PID yang diperoleh melalui hasil perhitungan yang kurang maksimal untuk waktu *steady state*, dilakukan tuning parameter PID secara manual untuk memperoleh hasil yang terbaik. Dari hasil tuning secara manual, diperoleh hasil respon terbaik dengan nilai parameter $K_p = 12$, $T_i = 0,01 \text{ s}$ dan $T_d = 0,03s$. Hasil dari respon sistem dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Grafik PID Tunning Manual

Dari grafik respon sistem menggunakan kontrol PID seperti yang ditunjukkan Gambar 15, diperoleh karakteristik respon sistem sebagai berikut:

- Tr = 116s
- Tp = 126s
- Ts = 129s

Dari hasil pengujian sistem dari hasil perhitungan *Ziegler Nichols* dengan tuning manual, dapat disimpulkan bahwa waktu untuk mencapai setpoint atau *rise time* menggunakan kontrol PID hasil tuning manual lebih cepat dibandingkan dengan nilai kontroler PID hasil perhitungan *Ziegler Nichols*.

Hasil pengujian kontrol *level feedwater* dengan penentuan target setpoint yang berbeda – beda dapat dilihat dari Tabel 5.

Tabel 5
Pengujian Kontrol Level Dengan Beberapa Setpoint

Setpoint Level Air (CM)	Level Tercapai (CM)	Settling Time (s)	Overshoot (CM)
10	10,2	24	10,6
12	11,7	53	12,7
15	15,3	76	15,6
20	19,8	129	21
23	23,2	152	23,7

Dari hasil pengujian dengan beberapa nilai setpoint *level* air yang telah diatur seperti Tabel 5, maka dapat disimpulkan bahwa dengan nilai parameter PID yaitu $K_p = 12$, $T_i = 0,01$, dan $t_d = 0,03$ didapatkan hasil pengujian kontrol level air dengan akurasi 99,75% dengan *overshoot* 4,77% dan EES 1,67 %, sehingga waktu untuk mencapai kondisi stabil dari level air saat 0 – 20 cm dibutuhkan waktu 129 detik (s).

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada sistem pengaturan *level feedwater* menggunakan PLC dan HMI, maka didapatkan beberapa kesimpulan berikut:

- 1) Sensor ultrasonik dihubungkan IC LM358N dan atmega 328 sebagai rangkaian pengkondisi sinyal dan pengubah

sinyal PWM sehingga menghasilkan nilai akurasi sebesar 98,3 %.

- 2) Pengontrolan *level* pada tangki *feedwater* menghasilkan respon yang baik dengan parameter PID yaitu $K_p = 12$, $T_i = 0,01$, dan $T_d = 0,03s$ dapat menghasilkan nilai akurasi 99,75 % dan EES sebesar 1,67 % dengan menggunakan kontrol PID.
- 3) Kontrol PID pada PLC dapat menghasilkan pengontrolan *level* terbaik pada *feedwater* dengan menggunakan manual tuning sehingga menghasilkan kondisi stabil pada ketinggian 0 – 20 cm dengan waktu sebesar 129 detik.

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 sensor levelnya gunakan sensor yang bisa langsung terkoneksi ke PLC sehingga tidak membutuhkan rangkaian pengkondisian sinyal.
- 2) Untuk lebih memudahkan dalam pengontrolan jarak jauh bisa menggunakan SCADA maupun DCS sehingga penerapannya layaknya di dunia industri.

DAFTAR PUSAKA

- [1] Fajar, Adek Fathir. 2014. *Pengaruh Feedwater Heater Terhadap Efisiensi Sistem Pembangkit 410 MW Dengan Pemodelan Gate Cycle*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Yudho, Bhakti. 2013. *Perbandingan Pengendali P, PI, PID Pada Proses Pengendalian Suhu Dalam Sistem Mini Boiler*. Jurnal Amplifier Vol.3, No.2. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Sriwijaya.
- [3] Santoso, Habibi. 2018. *Optimalisasi Untuk Menghasilkan Efisiensi Ideal Turbin Uap Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Kapasitas 20MW*. Jurnal Jurusan Teknik Industri. Universitas Indraprasta PGRI.
- [4] Arifin, Muhammad. 2015. *Modul Pengaturan Motor Pompa DC Brushless Dengan Metode PID pada Sistem Kendali Terdistribusi Untuk kontrol Ketinggian Air*. Skripsi Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Malang.
- [5] Montolalu, Reynldo 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.
- [6] Chusnul Adib, Mohammad. 2016. *Rancang Bangun Pengendalian Alat Vacuum Pressure Impregnation Berbasis PLC Dan HMI Untuk Gulungan Baru Mesin Listrik*. JETri, Volume 14, Nomor 1. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Trisakti.
- [7] *System Manual S7-200*.
- [8] Santoso, Ricky Prasetya. 2017. *Perancangan Sistem Pemetaan Ruang Secara Dua Dimensi menggunakan sensor ultrasonic*. Jurnal vol. 1 No 3. Jurusan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
- [9] Kurniawan, Wijaya. 2009. *Pengendalian Suhu dan Ketinggian Air pada Boiler menggunakan Kendali PID dengan metode Root Locus*. EECIS Vol.III. Jurnal Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya.
- [10] Johnson, Curtis D. 2014. *Process Control Instrumentation Technology*. America: United States.