

Sistem Kendali PID Menggunakan PLC CP1H dan HMI pada Aplikasi *Miniplant* Tekanan Udara

Masrurotul Khusniyah¹, Edi Sulistio Budi², Hari Kurnia Safitri³

[Submission: 30-07-2021, Accepted: 30-08-2021]

Abstract— The control system is a very vital component in the world of education, especially in the Department of Electronics Engineering, therefore an air pressure miniplant was created to support the teaching and learning process, especially in the pressure control system. Inside this air pressure miniplant, there are several components, namely the SKU114991178 pressure transmitter sensor, YF-S201 water flow sensor, servo motor, gate valve and ball valve. In order for system performance to remain stable, PID and HMI controls are needed as interfaces to monitor the system in real time. Based on the graph of the system response, it is obtained that $K_p = 4,2$, $K_i = 4,2$, $K_d = 1,05$ with a set point of 4 bars. Based on the value of the PID parameter, it shows a good and stable system response.

Keywords—HMI, PID, pressure transmitter SKU114991178, water flow YF-S201.

Abstrak— Sistem kendali merupakan komponen yang sangat vital dalam dunia pendidikan terutama pada jurusan Teknik Elektronika maka dari itu diciptakan *miniplant* tekanan udara untuk menunjang proses belajar mengajar terutama dalam sistem kendali tekanan. Didalam *miniplant* tekanan udara ini terdapat beberapa komponen yaitu sensor *pressure transmitter* SKU114991178, sensor *water flow* YF-S201, motor servo, *gate valve* dan *ball valve*. Agar kinerja sistem tetap stabil maka dibutuhkan kontrol PID dan HMI sebagai *interface* untuk memonitor sistem secara *real time*. Berdasarkan grafik respon sistem diperoleh $K_p = 4,2$, $K_i = 4,2$, $K_d = 1,05$ dengan *set point* 4 bar. Berdasarkan nilai parameter PID tersebut, menunjukkan respon sistem yang baik dan stabil.

Kata Kunci— HMI, PID, pressure transmitter SKU114991178, water flow YF-S201.

I. PENDAHULUAN

Sistem kendali telah menjadi komponen yang vital dalam dunia industri maupun pendidikan. Untuk pengembangan laboratorium sistem kendali diperlukan media pembelajaran yang memadai terutama dalam sistem kendali tekanan.

Agar tidak terjadi *overpressure* maka perlu dilakukan pengaturan tekanan agar tidak terjadi *overpressure*. Tekanan

yang tidak sesuai dengan *set point* akan menyebabkan sistem menjadi tidak stabil. Maka dari itu sistem ini dirancang agar dapat bekerja secara otomatis dalam mengendalikan tekanan udara.

Dari hasil penelitian kontrol PID pada *steam miniplant* boiler menggunakan PLC dan HMI [1], pada pengaturan tekanan *steam* boiler dirancang oleh beberapa komponen yang terdiri dari: Motor Servo, Sensor tekanan (mpx5700ap), PLC dan HMI. Sistem ini berfungsi untuk mengontrol tekanan pada boiler sesuai dengan *setpoint* agar tidak terjadi *overpressure*. Dari data hasil pengujian didapatkan nilai konstanta PID $K_p = 28,01$, $K_i = 0,46$, dan $K_d = 1,68$ untuk mendapatkan sistem yang stabil pada *boiler* yang ditampilkan dalam HMI dengan waktu respon sebesar 0.25 detik.

Dari hasil penelitian sistem kendali udara pada kompresor dengan pengaturan kecepatan motor 3 fasa [2], pada penelitian ini digunakan metode kontrol *proportional, integral* (PI), metode pengendali dan pengaturan untuk mendapatkan parameter kontrol K_p dan K_i berdasarkan metode *Trial and Error*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan motor sinkron 3 fasa 2 HP dan dilakukan dengan menggunakan beban dan tanpa beban, dengan *setpoint* tekanan 6 bar. Pada pengujian keseluruhan parameter PI yang digunakan dapat menghasilkan tekanan pada *steady state* 5,89 bar dari *setpoint* sebesar 6 bar, pada nilai $K_p = 250$ dan $K_i = 100$ dengan *settling time* sebesar 113,6 detik.

Agar tekanan tetap berada pada kondisi yang diinginkan, maka diperlukan suatu perangkat kontrol yang dapat diterapkan pada sistem yaitu PLC (*Programmable Logic Controller*) serta HMI (*Human Machine Interface*) yang terpasang pada PC yang berfungsi sebagai media untuk mengawasi kinerja sistem secara *real time*. Pada perangkat kontrol PLC terdapat beberapa jenis kontroler salah satunya yaitu PID.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam perancangan sistem ini, *miniplant* tekanan udara bekerja secara otomatis, dimana pembacaan tekanan udara menggunakan sensor *pressure transmitter* serta pembacaan kecepatan aliran udara menggunakan sensor *waterflow*

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

¹Mahasiswa, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta no.9, e-mail: masruokhusniyah@gmail.com

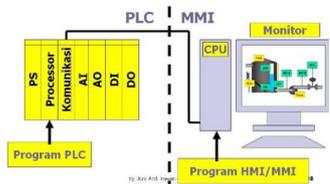
^{2,3}Dosen, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang. e-mail: edi.sulistio@yahoo.com



meter. Tekanan *output* yang dihasilkan dari proses akan dibandingkan dengan tekanan yang berasal dari *set point*. Sistem kendali yang digunakan pada sistem ini berupa kontrol PID yang diprogram dalam PLC CP1H dan HMI yang terpasang di dalam PC sebagai pengawas sistem.

A. HMI (Human Machine Interface)

HMI adalah *unit control* terpusat untuk fasilitas manufaktur yang dilengkapi dengan penerima data, *event logging, video feed*, pemacu. HMI digunakan untuk mengakses sistem setiap saat untuk berbagai tujuan, misalnya untuk menampilkan kesalahan mesin, menampilkan status proses, menampilkan jumlah produk, dan tempat dimana *user* melakukan mengendalikan mesin yang ada pada plant. Penggunaan HMI memiliki beberapa keuntungan, misalnya penggunaan kode warna sehingga memudahkan identifikasi, penggunaan ikon atau gambar sehingga mudah dikenali, dan layar yang dapat dirubah-rubah sehingga memungkinkan untuk pembuatan level akses masuk ke sistem. [1]



Gambar 2: Hubungan PLC dan HMI [1]

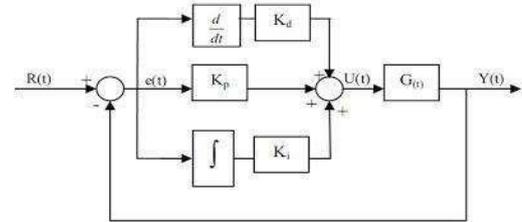
B. PLC (Programmable Logic Controller)

PLC adalah sebuah komputer yang khusus dirancang untuk mengontrol suatu proses atau mesin. Berdasarkan namanya PLC adalah *Programmable* menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya. *Logic* menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan *logic* (ALU), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR dan lain sebagainya. *Controller* menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan. [3]

C. Kontroler PID

Kontroler PID (*Proportional – Integral – Derivative controller*) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (*Feed back*). Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P

(*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan 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 adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan. [4]



Gambar 1: Diagram Blok Kontrol PID [4]

Fungsi transfer dari PID *Controller* akan tampak sebagai berikut :

$$mv(t) = K_p e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Keterangan :

$mv(t)$ = *Output* dari pengontrolan PID atau *Manipulated Variable*

K_p = *Konstanta Proporsional*

T_i = *Konstanta Integral*

T_d = *Konstanta Derivatif*

$e(t)$ = *error* (selisih antara *set point* dengan nilai sensor)

D. Pressure Transmitter SKU114991178

Sensor tekanan (*Pressure Transmitter*) merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur tekanan suatu zat. Prinsip kerja dari sensor tekanan atau *pressure transmitter* yaitu merubah tegangan mekanis menjadi sinyal listrik.

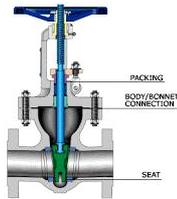


Gambar 3: Pressure Transmitter SKU114991178 [6]

E. Gate Valve

Gate Valve merupakan jenis atau tipe *valve* pada sistem instalasi perpipaan yang punya fungsi untuk menghentikan dan meneruskan aliran (*flow*). Sedangkan cara kerja *Gate Valve*, jika pegangan (*handle*) diputar, bagian *bonnet* bergerak naik ke atas konektor dengan area *stopping wedge* merubah dengan memaksa gerakan menjadi naik dan turun. *Handle* yang menaikkan dan menurunkan *stopper* menempati ruang *bonnet*.





Gambar 4: Gate Valve [7]



Gambar 6: Kompresor [9]

F. Ball Valve

Ball Valve merupakan sebuah perangkat pipa dengan pengontrol aliran yang berbentuk disc bulat seperti bola. Ball Valve bisa menahan tekanan hingga 10.000 Psi dan system ture sekitar 200°C. Ball Valve juga dapat menahan tekanan hingga 1000 bar dan suhu hingga 482 F. [7]

G. Motor Servo 6221MG

Motor servo adalah sebuah perangkat sebagai aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.



Gambar 5: Motor Servo 6221MG [8]

H. Kompresor

Kompresor adalah mesin yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan dan dapat memampatkan gas atau udara. Untuk menghasilkan tenaga, kompresor umumnya menggunakan motor listrik sebagai penggeraknya. Udara yang dihasilkan kompresor biasanya diaplikasikan untuk penggerak sistem pneumatik, pengecatan dengan teknik air brush, ataupun mengisi angin pada ban. Bentuk fisik dari kompresor dapat dilihat pada gambar 6. [9]

I. Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai pusat yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik baik robot mainan, maupun robot industri.



Gambar 7: Arduino [10]

J. Water Flow Sensor

Water Flow sensor adalah sensor yang mempunyai fungsi sebagai penghitung debit air yang mengalir yang dimana terjadi pergerakan motor yang akan dikonversi kedalam nilai satuan Liter.



Gambar 8: Water Flow Sensor [11]

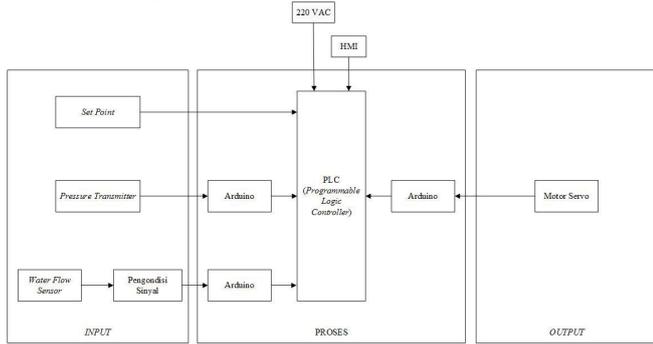
III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem ditunjukkan pada gambar 9 dimana pada blok input terdapat 3 input yaitu set point yang berfungsi sebagai nilai input, Pressure Transmitter yang berfungsi sebagai feedback sensor sistem menuju motor servo, dan waterflow sensor yang keluaran sinyal frekuensinya di konversikan menjadi tegangan murni. Pada blok proses terdapat 2 buah perangkat yaitu PLC dan Arduino dimana PLC berfungsi sebagai komponen utama untuk mengolah data input menjadi output dengan pengontrolan PID, sedangkan arduino berfungsi sebagai pengolah data dari sensor menuju



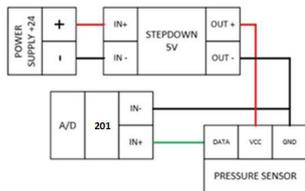
PLC atau sebaliknya. Pada blok *output* terdapat motor servo berfungsi sebagai aktuator pada sistem ini.



Gambar 9: Diagram Blok Sistem

B. Perancangan Sensor Pressure Transmitter SKU114991178

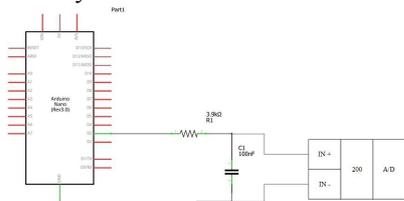
Sensor tekanan yang digunakan yaitu *pressure transmitter*, sensor ini berfungsi sebagai feedback sistem. memiliki tiga pin yaitu berwarna merah, warna hitam dan warna kuning. Rangkaian *schematic* sensor *pressure transmitter* dapat ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10: Rangkaian Schematic Pressure Transmitter SKU114991178

C. Perancangan Pengondisi Sinyal

Pengondisi sinyal digunakan untuk mengubah sinyal keluaran dari sensor *water flow* YF-S201 yang berupa frekuensi menjadi tegangan agar dapat dibaca oleh perangkat PLC. Rangkaian ini bisa digunakan untuk penyaring sinyal yang masuk dengan cara menahan sinyal dengan nilai frekuensi tertentu dan juga akan meneruskan sinyal tersebut ke komponen lainnya.



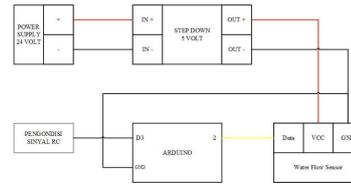
Gambar 11: Rangkaian Schematic Pengondisi Sinyal

D. Perancangan Water Flow Sensor

Sensor ini digunakan untuk membaca kecepatan aliran udara. Sensor ini memiliki 3 pin yaitu pin berwarna merah, pin berwarna hitam dan pin berwarna kuning. Rangkaian

Masrurotul K. : Sistem Kendali PID menggunakan...

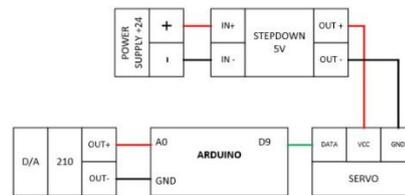
schematic water flow sensor dapat ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12: Rangkaian Schematic Water Flow Sensor

E. Perancangan Motor Servo

Motor servo digunakan untuk menggerakkan *disc* pada *gate valve*, dimana *gate valve* ini berfungsi sebagai aktuator untuk mengatur kestabilan tekanan udara pada selang. Rangkaian *schematic* motor servo dapat ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13: Rangkaian Schematic Motor Servo

F. Perancangan Kontrol PID

Perancangan kontrol PID dilakukan dengan menganalisa PID berdasarkan nilai K_p , K_i dan K_d yang telah diatur menggunakan metode osilasi *Ziegler-Nichols*. Respon dari kontrol PID ini akan menunjukkan apakah mampu menghasilkan *output* yang sesuai dengan yang diinginkan. Selanjutnya menentukan nilai konstanta K_p , K_i , dan K_d yang diperoleh berdasarkan tabel 1.

TABEL I
 METODE OSILASI ZIEGLER-NICHOLS

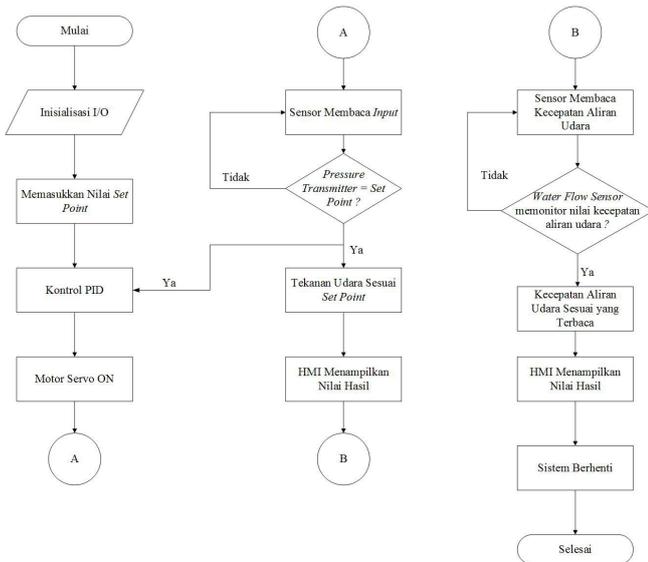
Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$0,5K_u$	∞	0
PI	$0,45K_u$	$\frac{1}{1,2}P_u$	0
PID	$0,6K_u$	$0,5P_u$	$0,123P_u$

G. Perancangan Software

Langkah pertama sistem harus menginisialisasi *Input* dan *Output* yang berfungsi untuk menentukan nilai awal. Kemudian dilakukan *input set point* pada HMI yang terpasang didalam PC. Kontrol PID akan bekerja untuk membuka atau menutup *gate valve* serta mempertahankan *set point* ketika terjadi *disturbance* agar kerja sistem tetap stabil. Selanjutnya dilakukan pembacaan sensor *pressure transmitter*, pembacaan



sensor harus sama dengan *set point* jika tidak sensor akan terus menerus membaca hingga mendapatkan nilai sesuai dengan *set point*. Dalam sistem ini sensor *Pressure Transmitter* juga berfungsi sebagai *feedback* pada motor servo. Selanjutnya *Waterflow sensor* akan melakukan pembacaan *set point*, jika hasil baca sensor sama dengan *set point* maka kecepatan aliran udara yang mengalir pada selang telah sesuai dengan *set point*. Sedangkan jika hasil baca sensor tidak sama dengan *set point* maka sensor akan terus membaca kecepatan aliran udara pada selang hingga hasil baca sesuai dengan *set point*.



Gambar 15: Flowchart Perencanaan Software

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian PLC

Pengujian PLC bertujuan untuk memastikan bahwa PLC yang digunakan tidak rusak atau mengalami kerusakan pada saat digunakan.

a. Pengujian Digital Input

Kondisi LED pada PLC seluruhnya menyala saat kondisi *input high/on* dan seluruhnya akan mati jika *input* berada pada kondisi *low/off*. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 2.

TABEL 2

HASIL PENGUJIAN DIGITAL INPUT

NO.	Alamat Digital Input	Kondisi LED	
		LOW	HIGH
1.	0.00	Mati	Menyala
2.	0.01	Mati	Menyala

3.	0.02	Mati	Menyala
4.	0.03	Mati	Menyala
5.	0.04	Mati	Menyala

b. Pengujian Digital Output

Pin *output* pada PLC dapat digunakan seluruhnya karena tegangan *output* yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi pada *datasheet* saat diberikan logika *low/high*. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 3.

TABEL 3

HASIL PENGUJIAN DIGITAL INPUT

NO.	Alamat Digital Output	Tegangan (V)	
		LOW	HIGH
1.	100.00	0	24
2.	100.01	0	24
3.	100.02	0	24

c. Pengujian Analog Input

Tegangan *input* dengan *range* 0-5 Volt yang terbaca pada analog *input* akan diolah oleh kontroler menjadi bilangan dengan tipe data desimal. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.

TABEL 4

HASIL PENGUJIAN ANALOG INPUT

NO.	Vin Power Supply (V)	Analog Input (Decimal)
1.	0	0
2.	1	1195
3.	2	2398
4.	3	3586
5.	4	4789
6.	5	5994

d. Pengujian Analog Output

Tegangan *output* dengan *range* 0-5 Volt yang terbaca pada analog *output* akan diolah oleh kontroler menjadi bilangan dengan tipe data desimal dan dapat disimpulkan bahwa analog *output* dapat digunakan seluruhnya dan menghasilkan data yang akurat dan linier. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 5.

TABEL 5

PENGUJIAN ANALOG OUTPUT

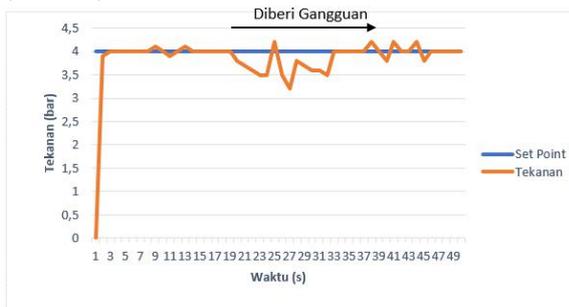
NO.	Analog Output (Decimal)	Tegangan Keluaran Analog Output (V)
1.	0	0



2.	1195	1
3.	2398	2
4.	3586	3
5.	4789	4
6.	5994	5

B. Pengujian Kontrol PID

Kontrol PID memiliki fungsi yaitu untuk mengontrol tekanan yang mengalir pada selang. Pada pengujian PID di *set point* 4 bar didapatkan nilai parameter $K_p = 4,2$, $K_i = 4,2$, $K_d = 1,05$.



Gambar 19: Grafik Pengujian Kontrol PID

Pada gambar 19 menunjukkan bahwa saat motor servo yang telah diberikan kontrol PID, mula-mula tanpa beban berusaha mempertahankan tekanan agar tetap sesuai dengan *set point*. Kemudian mulai diberikan gangguan berupa bukaan *valve* sebesar 30% maka tekanan turun hingga 3,2 bar. Setelah itu, PID berusaha menaikkan dan mempertahankan tekanan sampai dengan *set point*. Menurunnya tekanan udara disebabkan karena adanya udara yang keluar pada *valve disturbance* sehingga kemampuan udara yang ada pada selang tidak sesuai *set point*.

C. Pengujian HMI

Pengujian HMI bertujuan untuk memastikan bahwa HMI yang dibuat sudah sesuai dengan yang diharapkan dan juga untuk mencegah terjadinya kerusakan pada alat jika sistem *monitoring* tersebut tidak sesuai dengan yang diharapkan.

TABEL 6
 PENGUJIAN HMI

NO.	Pengujian	Waktu Respon (s)		Delay Time (s)
		HMI	PLC	
1.	Pengujian ke-1	0,74	0,24	0,5
2.	Pengujian ke-2	0,86	0,32	0,54
3.	Pengujian ke-3	0,6	0,38	0,22

Masrurotul K. : Sistem Kendali PID menggunakan...

Rata-Rata	0,42
-----------	------

Rata-rata selisih waktu antara HMI dan tombol manual pada PLC adalah sebesar 0,42 s tetapi hal ini tidak mengganggu kinerja sistem karena sistem tetap bekerja dengan baik. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 6.

D. Pengujian Pressure Transmitter SKU114991178

Pengujian sensor *Pressure Transmitter* bertujuan untuk mengetahui seberapa besar sensitivitas dan keakuratan sensor *Pressure Transmitter*.

TABEL 7
 PENGUJIAN PRESSURE TRANSMITTER SKU114991178

No.	Pembacaan Sensor (Bar)	Tegangan Keluaran (V)	Resolusi PLC
1.	0	0	0
2.	1	0,375	500
3.	1,5	0,5625	750
4.	2	0,75	1000
5.	2,5	0,9375	1250
6.	3	1,125	1500
7.	3,5	1,3125	1750
8.	4	1,5	2000

Pada tabel 7 dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja sesuai dengan karakteristik pada sensor (*datasheet* sensor *pressure transmitter*) bahwa jika tekanan pada sensor naik maka tegangan keluaran yang dihasilkan juga naik, begitu juga jika tekanan naik maka nilai resolusi PLC yang dihasilkan juga naik.

E. Pengujian Water Flow YF-S201

Pengujian sensor *Air Flow* bertujuan untuk mengetahui seberapa besar sensitivitas dan keakuratan sensor *Air Flow*.

TABEL 8
 PENGUJIAN WATER FLOW YF-S201

No.	Set Point (Bar)	Bukaan Manual Valve (%)	Water Flow (ml/menit)	Resolusi PLC	Tegangan Keluaran
1.	4	100%	9	2700	3,35
2.		80%	7	2100	1,75
3.		60%	6	1800	1,5
4.		40%	5	1500	1,25
5.		20%	3	900	0,15

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



Pada tabel 8 maka menunjukkan bahwa semakin besar bukaan *valve* maka semakin besar pula kecepatan aliran yang terbaca oleh sensor dan sebaliknya semakin kecil bukaan *valve* maka semakin kecil pula kecepatan aliran yang terbaca oleh sensor.

F. Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo bertujuan untuk menguji pergerakan motor servo berdasarkan program dan PWM yang telah ditentukan.

TABEL 9
 PENGUJIAN MOTOR SERVO

No.	Set Point (Bar)	Valve (Cm)	Manipulated Variable (%)
1.	0	0	0
2.	0,4	0,015	95
3.	0,8	0,03	93
4.	1,2	0,045	95
5.	1,6	0,06	94
6.	2	0,075	93
7.	2,4	0,09	92
8.	2,8	0,105	93
9.	3,2	0,12	95
10.	3,6	0,135	92
11.	4	0,15	93
Rata-Rata			85

Perubahan *set point* mempengaruhi bukaan *valve* sebesar 1% atau bebanding lurus dengan perubahan *set point*. Pembacaan MV (*Manipulated Variable*) pada PLC rata-rata tidak mengalami perubahan yang terlalu signifikan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 9.

V. PENUTUP

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan implementasi kontrol PID pada sistem maka respon sistem adalah sebagai berikut *Time Delay* sebesar 100 s, *Rise Time* sebesar 120 s, *Peak Time* sebesar 60 s, *Steady State* sebesar 180 s, dan *Error Steady State* sebesar 5%. Respon sistem lebih stabil dan lebih cepat dalam mengatur tekanan udara setelah sistem diimplementasikan kontrol PID.
2. Pembacaan sensor *pressure transmitter* dan sensor *water flow* sudah sesuai dengan spesifikasi yang ada jika hasil baca sensor naik maka tegangan keluaran yang dihasilkan juga naik.

3. Perbandingan pembacaan HMI dan Manual rata rata memiliki selisih waktu sebesar 0,42 s.
4. Pada pengujian motor servo perubahan *set point* mempengaruhi bukaan *valve* yang digerakkan oleh motor servo sebesar 1%. Pada pembacaan MV pada pengujian motor servo rata-rata 85%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Edi Sulistio Budi S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1, Ibu Hari Kurnia Safitri S.T.,M.T selaku dosen pembimbing 2 Serta tidak lupa pula kepada teman-teman kelas 4C D4 Teknik Elektronika yang telah meluangkan waktunya untuk membantu pengerjaan skripsi.

REFERENSI

- [1] Akbar, Kurniawan Falahi, Edi Sulistio Budi, Yulianto. Kontrol PID pada Steam *Miniplant* Boiler Menggunakan PLC dan HMI. JURNAL ELKOLIND, SEPTEMBER 2020, VOL.07, NO. 3. Hal : 4-5.
- [2] Setiawan, Muhammad Aji dan Indra Riyanto. Sistem Kendali Tekanan Udara pada Kompresor dengan Pengaturan Kecepatan Motor 3 Fasa. Jurnal Maestro Vol. 2. No. 1 April 2019.
- [3] Setiawan, Mohammad Randy. Sistem Pengaturan Suhu *Boiler* Pada Steamer Baglog dengan Kontrol PID Menggunakan PLC dan HMI. 2016
- [4] Arifin. *Controller PID*. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. 2015.
- [5] Yudianto H. Perancangan Sistem Kontrol PID Menggunakan Simulink. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. 2011
- [6] Datasheet Pressure Transmitter SKU114991178-SEEED. Seed Studio. 2008.
- [7] Datasheet Manual Valve. Asahi Yukizai Corporation. 2020
- [8] Datasheet Motor Servo 6221MG continous 360°. Smart Prototyping. 2018
- [9] Arduino Datasheet. Arduino. 2008.
- [10] Datasheet Water Flow Sensor YF-S201_SEA. Mantech. 2018.
- [11] Bolton, William. *Programmable Logic Controller (PLC)* Sebuah Pengantar Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga. 2003.
- [12] Jatmiko, Priyo. *PLC ,HMI and Industrial part*. Indonesia: Karta Nagari. 2015.



- [13] Kukuh Wahyu Budi Kusumawardana, Irianto, M. Z. E. Sistem Kontrol Pada Kompresor Tekanan Udara Sebagai Pengisi Udara Ban Kendaraan. 2013.
- [14] Setiawan, Iwan. *Kontrol PID untuk Proses Industri*. Jakarta : Elex Media Komputindo. 2008.

