

Perancangan Sistem SCADA Pada Kontrol Flow dan Pressure Dengan Metode PID

Hatta Mahakim¹, Muhamad Rifa'i², Denda Dewatama³

[Submission: 25-07-2021, Accepted: 31-07-2021]

Abstract— SCADA is one of the suitable system in monitoring and controlling a plant. Therefore, it is important for an educational institution to educate their student in the control system in order to get involved into the industrial world. At the design of this SCADA trainer the operator can configure the PID parameters on the flow and pressure control with the required set point. The results of the SCADA experiment found that the PID control was at the right flow for the 80 mL / s set point with $K_p = 198$, $T_i = 1.2$, $T_d = 0.3$. The results of the system response did not find a steady state because the sensor is inaccurate in reading, with a rise time (T_r) of 6 seconds and a peak time (T_p) of 6 seconds. The PI parameter on the pressure control at the correct 6 Psi set point is $K_p: 5.49$, $T_i: 2.1$. The resulting system response with these parameters is very good with a rise time (T_r) of 7 seconds and a peak time (T_p) of 0 seconds.

Intisari— SCADA merupakan salah satu sistem yang cocok dalam memonitoring dan kontrol suatu plant, Maka dari itu penting bagi sebuah institusi pendidikan untuk pembekalan anak didiknya dalam hal sistem kontrol agar dapat terjun dalam dunia industri. Pada perancangan trainer SCADA dengan metode PID ini operator dapat mengkonfigurasi sendiri parameter PID pada kontrol flow dan pressure dengan set point yang diperlukan. Hasil percobaan SCADA ditemukan kontrol PID pada flow yang tepat untuk set point 80 mL/s dengan $K_p = 198$, $T_i = 1.2$, $T_d = 0.3$. Hasil respon sistem tidak menemukan steady state dikarenakan sensor yang tidak akurat dalam pembacaan, dengan rise time (T_r) 6 detik dan peak time (T_p) sebesar 6 detik. Parameter PI pada kontrol pressure pada set point 6 Psi yang tepat sebesar $K_p: 5.49$, $T_i: 2.1$. Respon sistem yang dihasilkan dengan parameter tersebut sangat baik dengan rise time (T_r) 7 detik dan peak time (T_p) 0 detik.

Kata Kunci — SCADA, PID, Pressure, Flow

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, teknologi PLC dan SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) sangat dibutuhkan untuk mengontrol dan monitoring suatu plant dengan mudah dan dapat dikontrol dari jarak jauh [1]. Untuk itu pentingnya pengetahuan dalam teknik otomasi untuk

lulusan teknik elektronika yang ingin terjun dalam dunia industri. Pengaturan *flow* dan *pressure* hampir diperlukan dalam setiap industri terutama pada sistem boiler, agar proses pengendaliannya dapat berjalan terus menerus dan dapat di monitor dari jarak jauh maka digunakan PLC sebagai alat pengendalinya.

Dengan latar belakang tersebut diperlukan suatu modul/trainer untuk sistem kontrol besaran *flow* dan *pressure* dengan menerapkan SCADA dan PLC OMRON CP1H sebagai kontrollernya. Modul ini dapat mengontrol *flow* dan *pressure* dengan metode PID. Modul ini didesain *plug and play* yang mana pengguna dapat dengan mudah mengoperasikannya dengan cara menghubungkan konektornya. Diharapkan dari trainer ini mahasiswa dapat mempelajari lebih lanjut teknik otomasi, dalam hal ini SCADA dan Analog input/output PLC agar lebih siap bersaing dalam dunia kerja.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sensor Aliran

Flow sensor merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur aliran suatu zat baik itu cair ataupun gas yang melalui suatu luas penampang tertentu. *Flow* sensor dalam proses kerjanya saat mengukur aliran akan menghasilkan suatu nilai keluaran yakni *flowrate* atau yang biasa kita dengar dalam kehidupan sehari-hari sebagai debit aliran. Prinsip kerja dari *flow* sensor jenis ini ialah dengan menghitung putaran kincir yang terletak didalam sensor yang otomatis berputar ketika air melewatinya. Dalam kincir tersebut diletakan sebuah rotor yang mempunyai magnet, saat kincir berputar karena terpaan aliran air maka akan dihasilkan medan magnet berdasarkan prinsip *effect hall*, sensor efek hall dirancang untuk merasakan adanya objek magnetis dengan perubahan posisinya [2]. Debit aliran dari keluaran *flow* sensor dinyatakan dalam liter/hour, satuan tersebut dapat diperkecil lagi menjadi liter/menit atau liter/detik sesuai dengan kebutuhan.

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

¹Mahasiswa, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang. e-mail: mahakimhatta@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: muh.rifai@polinema.ac.id, denda.dewatama@polinema.ac.id



9 772356 053009

B. Pressure Transmitter

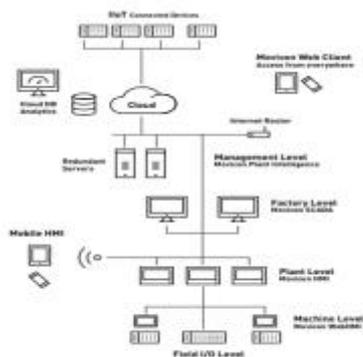
Prinsip kerja dari sensor tekanan itu sendiri adalah mengubah tegangan mekanik menjadi listrik dengan keluaran 4-20 mA. Kurang ketegangan didasarkan pada prinsip bahwa tahanan pengantar berubah dengan panjang dan luas penampang [3]. Daya yang diberikan pada kawat itu sendiri menyebabkan kawat menjadi bengkok. Sehingga menyebabkan ukuran kawat berubah dan mengubah ketahanannya.



Gambar 1. Pressure Transmitter

C. SCADA

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah suatu program aplikasi yang digunakan untuk pengumpulan informasi, mentransfer kembali ke pusat kendali, melakukan analisis yang diperlukan dan kontrol, dan kemudian menampilkan data pada sejumlah operator display [4].



Gambar 2. Dasar-Dasar SCADA

Sistem pemantauan dan kontrol industri biasanya terdiri dari sebuah host pusat atau master (biasa dinamakan sebagai *master station*, *master terminal unit* atau MTU), satu atau lebih unit-unit pengumpul dan kontrol data lapangan (biasa dinamakan *remote station*, *remoter terminal unit* atau RTU) dan sekumpulan perangkat lunak standar maupun *customized*

yang digunakan untuk memantau dan mengontrol elemen-elemen data-data di lapangan [5]. Sebagian besar sistem SCADA banyak memiliki karakteristik kontrol kalang-terbuka (*open-loop*) dan banyak menggunakan komunikasi jarak jauh, walaupun demikian ada beberapa elemen merupakan kontrol kalang-tertutup (*closed-loop*) dan/atau menggunakan komunikasi jarak dekat.

Sistem yang mirip dengan sistem SCADA juga bisa kita jumpai di beberapa pabrik proses, perawatan dan lain-lain. Sistem ini dinamakan DCS (*Distributed Control Systems*). DCS memiliki fungsi yang mirip dengan SCADA, tetapi unit pengumpul dan pengontrol data biasanya ditempatkan pada beberapa area terbatas. Komunikasinya bisa menggunakan jaringan lokal (LAN), handal dan berkecepatan tinggi [6].

D. PLC CPM1H OMRON

PLC OMRON CPM1H merupakan PLC yang dilengkapi dengan built-in digital I/O sebanyak 40 dan bisa diekspansi hingga 320 port menggunakan unit CPM1A Expansion I/O dan CJ1 Special I/O modules, CPM1H juga dilengkapi modul analog input dan output 4 channel untuk input dan 2 channel untuk output, built-in power supply sebesar 220- 240VAC, high- speed counter, relay output, dan analog I/O mengintegrasikan data proses dengan kendali sekuensial [7]. Semua perangkat OMRON dapat dihubungkan dengan CPM1H melalui Ethernet, DeviceNet atau Serial Link yang dapat dikonfigurasi, diprogram, dan dimonitor melalui koneksi tunggal melalui Cx- One software suite .

TABEL I
 SPESIFIKASI CPM1H

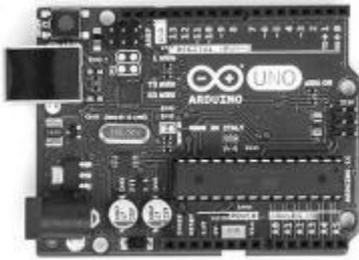
Type	Power supply voltage	Model	Built-in normal inputs	Built-in normal outputs	Max. number of Expansion I/O Units	Max. number of expansion points	Max. total I/O points
X (Basic CPU Units)	100 to 240 VAC	CPM1H-X40DR-A	24 DC inputs	16 relay outputs	7	280 (7 Units × 40 points)	320
	24 VDC	CPM1H-X40DT-D		16 transistor outputs (sinking)			
		CPM1H-X40DT1-D		16 transistor outputs (sourcing)			
XA (CPU Units with built-in analog I/O terminals)	100 to 240 VAC	CPM1H-XA40DR-A	24 DC inputs	16 relay outputs	7	280 (7 Units × 40 points)	320
	24 VDC	CPM1H-XA40DT-D		16 transistor outputs (sinking)			
		CPM1H-XA40DT1-D		16 transistor outputs (sourcing)			
Y (CPU Unit with dedicated pulse I/O terminals)	24 VDC	CPM1H-Y30DT-D	12 DC inputs	8 transistor outputs (sinking)			300

E. Arduino UNO

Arduino Uno adalah sebuah board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang



dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai USB to serial converter untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB. "Uno" berarti satu di Italia dan diberi nama untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Versi 1.0 menjadi versi referensi Arduino ke depannya. Arduino Uno R3 adalah revisi terbaru dari serangkaian board Arduino, dan model referensi untuk platform Arduino.



Gambar 3. Arduino UNO

F. Pompa

Pompa dan Kompresor adalah suatu peralatan mekanis yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain, melalui suatu media pipa dengan cara menambahkan energi pada fluida cair tersebut secara terus menerus [8]. Energi tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

G. Solenoid Valve

Katup solenoid adalah sistem teknis kompleks yang karakteristiknya diatur oleh sepasang persamaan elektromagnetik, mekanis, dan aliran yang berinteraksi [9].

Membuka dan menutupnya valve dikontrol dengan arus listrik yang mengalir melalui kumparan yang fungsinya adalah sebagai penggerak piston. Solenoid valve atau katup (valve) solenoida memiliki lubang keluaran, lubang masukan dan lubang exhaust.

H. Motor Servo

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation / PWM) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo.

Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi servo). Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.

I. Kontrol PID

Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D [10]. Penyetelan konstanta K_p , T_i , dan T_d akan mengakibatkan penjonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan. Efek dari setiap pengontrol Proporsional, Integral dan Derivatif pada sistem lup tertutup disimpulkan pada Tabel III:

TABEL II
EFEK PENGENDALIAN PID

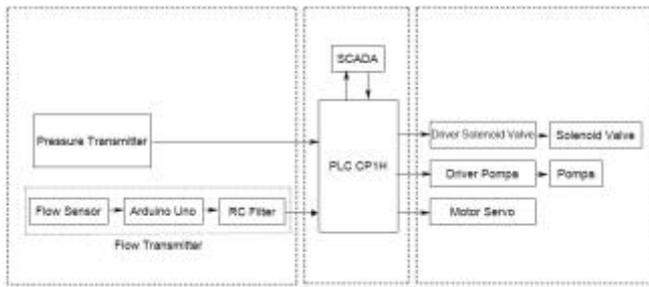
Respon Lup Tertutup	Rise Time	Overshoot	Settling Time	Steady-State Error
Proporsional	Meningkatkan	Meningkatkan	Perubahan Kecil	Mengurangi
Integral	Menurunkan	Meningkatkan	Meningkatkan	Mengeliminsi
Derivatif	Perubahan Kecil	Menurunkan	Menurunkan	Perubahan kecil

III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem

Gambar 4 merupakan diagram blok sistem dari penelitian ini. Diagram blok sistem ini mempunyai 3 blok, yaitu input, proses dan output.





Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Trainer ini memiliki 2 jenis besaran yang dapat dikontrol, yaitu *flow* dan *pressure*.

a. *Flow Input*

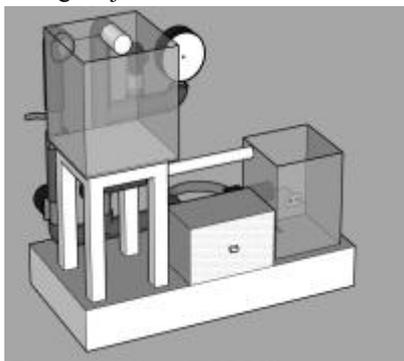
Sensor *flow* membaca jumlah aliran air perdetik dan mengirimkan sinyal tersebut ke arduino untuk dirubah menjadi tegangan PWM (*pulse with modulation*) dan di filter tegangan tersebut dengan RC Filter agar PLC dapat membaca dan mengolahnya. PLC akan mengatur kecepatan pompa berdasarkan parameter PID yang di inputkan dan set poin yang ditentukan.

b. *Pressure Input*

Sensor *pressure* membaca jumlah tekanan air yang dihasilkan, sinyal yang dihasilkan sensor (berupa arus) langsung dapat terbaca oleh PLC sehingga langsung dapat dikontrol tanpa perlu pengondisi sinyal. Output dari PLC berupa tegangan digunakan untuk mengontrol *valve* motor servo sehingga tekanan dapat dikontrol.

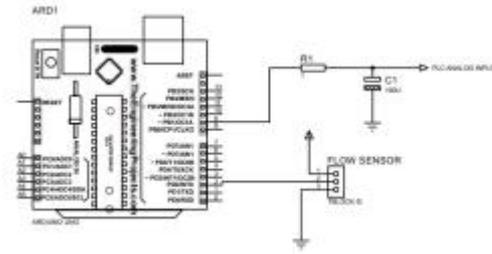
B. *Desain Mekanik*

Gambar 5 merupakan mekanik tampak keseluruhan. Dengan ukuran ruang kerja 80cm x 60cm x 135cm.



Gambar 5. Mekanik Tampak Keseluruhan

C. *Perancangan Flow Sensor*



Gambar 6. Perancangan Rangkaian Motor Stepper Nema

PLC tidak dapat membaca pulsa *input* dari *flow* sensor, maka diperlukan mikrokontroler untuk merubahnya menjadi tegangan PWM, dan dihubungkan ke rangkaian RC Filter untuk merubah tegangan PWM tersebut ke tegangan analog agar dapat terbaca pada analog *input* PLC CP1H. *Output* dari *flow* sensor dibaca oleh pin 2 arduino sebagai *interrupt* dan mengeluarkan tegangan PWM pada pin pwm 9 arduino.

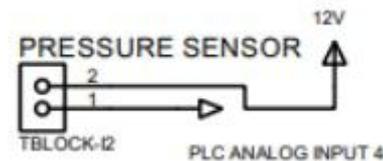
Arduino disini berfungsi sebagai pengondisi sinyal yang merubah pulsa counter dari *flow* sensor menjadi tegangan PWM 0-255. Pertama-tama arduino akan membaca pulsa melalui *Interrupt* 0 (pin 2), lalu menggunakan rumus berdasarkan *datasheet flow sensor* untuk merubah pulsa menjadi satuan *flow* L/hour:

$$\text{Flow} = \text{Pulsa} * 60 / 7.5 \tag{1}$$

Dengan begitu keluaran PWM yang dihasilkan saat 120 mL/s ialah 5 volt dengan resolusi data 255.

D. *Perancangan Pressure Transmitter*

Pressure transmitter yang digunakan merupakan *transmitter* 2 kabel, dengan keluaran *output* 4-20 mA.



Gambar 7. Rangkaian *Pressure Transmitter*

Transmitter yang digunakan sudah sesuai dengan pembacaan analog *input* PLC 4-20 mA sehingga tidak diperlukan pengondisi sinyal tambahan. Agar PLC dapat membaca arus *input*, diperlukan merubah setting *voltage* input pada PLC ke *current* input.

E. *Setting Analog Input Output PLC*

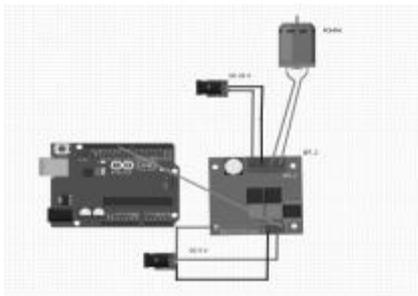


Setting analog input output pada cx-programmer dapat dibuka di PLC setting dan merubah analog input yang sesuai dengan sinyal output pada sensor, lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Setting Analog Input Output

F. Rangkaian Driver Pompa



Gambar 9. Rangkaian Driver Pompa

Tegangan analog output dari PLC 0-5 Volt dirubah menjadi tegangan PWM 5 Volt dengan resolusi 8 bit (0-255) dengan bantuan mikrokontroler, tegangan PWM akan memengaruhi tegangan output dari driver, sehingga kecepatan pompa dapat dikontrol. Perhitungan konversi tegangan PWM menjadi tegangan input pompa DC sebagai berikut:

$$V_{input} = \frac{VPWM}{VmaksPWM} \cdot V_{input maks} \tag{2}$$

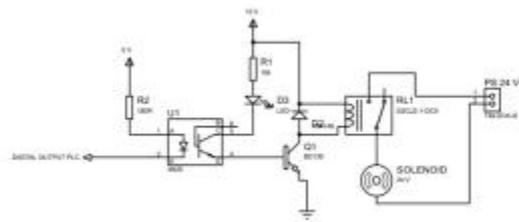
$VPWM$ = Resolusi PWM input driver

$VmaksPWM$ = Resolusi PWM maksimal pada arduino (255)

G. Rangkaian Driver Solenoid Valve

Rangkaian driver solenoid diperlukan untuk mengatur jalur aliran air yang akan di isikan ke dalam tangki, pada PLC common output digital akan dihubungkan ke ground (sinking) sehingga apabila output digital PLC aktif maka akan mengeluarkan ground yang digunakan untuk mengaktifkan

relay solenoid valve.



Gambar 10. Rangkaian Driver Solenoid

Relay yang digunakan diharuskan memiliki batasan arus yang lebih besar dari beban, arus beban pada solenoid sebesar 0.84 A sehingga diperlukan relay yang mampu menahan beban tersebut. Berdasarkan datasheet optocoupler 4N25 white package besar tegangan maksimum optocoupler atau $V_F = 1,5$ Volt, sedangkan besarnya tegangan jatuh LED = 1,7 Volt dan I_F LED = 60 mA. Untuk menghindari kerusakan pada LED, maka direncanakan I_F LED dengan nilai 10 mA.

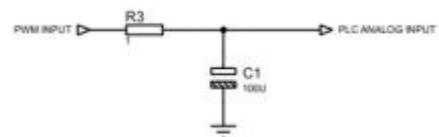
$$R1 = \frac{VCC - (V_{LED} + V_F)}{I_F} \tag{3}$$

$$= \frac{5V - (1,7 + 1,5)V}{10mA}$$

$$= 180 \text{ ohm}$$

H. Rangkaian RC Filter

Sebelum sinyal keluaran PWM modul minimum system diolah oleh modul analog input kontroler. Rangkaian yang digunakan adalah RC Filter (pada Gambar 11), yang terdiri dari rangkaian resistor dan kapasitor.



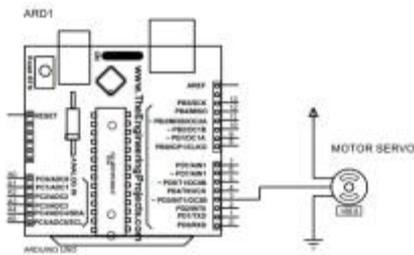
Gambar 11. Rangkaian RC Filter

I. Rangkaian Motor Servo

Tegangan keluaran dari analog output PLC berupa 0-5V DC akan dirubah terlebih dahulu ke tegangan PWM 5 Volt dengan resolusi 8 bit (0-255) melalui arduino, keluaran PWM dari arduino dihubungkan ke pin sinyal pada motor servo, sehingga dapat diatur sudut putarannya berdasarkan perubahan dari PWM. Untuk mendapatkan sudut perputaran servo dapat dihitung dengan rumus

$$\text{Sudut} = \frac{PWM_{in}}{255} \times 180 \tag{4}$$

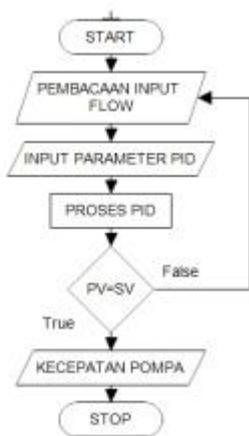




Gambar 12. Rangkaian Motor Servo

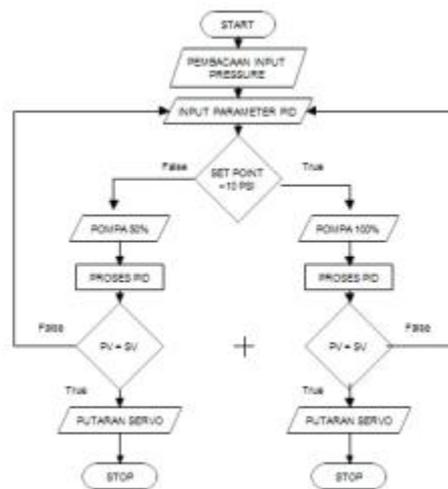
J. Perancangan Sistem Kontrol

Gambar 13 merupakan *flowchart* sistem kontrol *flow*. Pertama operator memasukkan parameter-parameter PID yang harus di setting seperti Set point, Kp, Ti, dan Td, lalu PLC akan memproses PID dan mengeluarkan output sinyal 0 – 5 V yang akan menggerakkan kecepatan pompa.



Gambar 13. Flowchart Kontrol Flow

Gambar 14 menunjukkan flowchart sistem kontrol *pressure*. kecepatan pompa memengaruhi keluaran *pressure*, sehingga dibuat 2 pilihan, apabila *pressure* yang di set kan diatas 10 Psi maka pompa bekerja 100 % sedangkan bila set point dibawah 10 Psi maka pompa bekerja 50%. Output sinyal dari PID PLC berupa 0 – 5 V yang digunakan untuk memutar sudut servo.



Gambar 14. Flowchart Kontrol Pressure

K. Rancangan PID pada PLC

1. PID Flow Kontrol

Pada perancangan PID flow kontrol dapat dilakukan dengan cara memberikan nilai Kp, Ti, Td pada sebuah kontrol dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols 2. Percobaan dilakukan dengan menggunakan *proportional band* (Kp) tanpa nilai Ti dan Td. Nilai Kp dinaikkan dari 0 hingga tercapai nilai Kp yang menghasilkan osilasi yang konsisten. Setelah ditemukan nilai osilasi yang konsisten dapat dicari nilai periode kritis (Pcr) dengan cara:

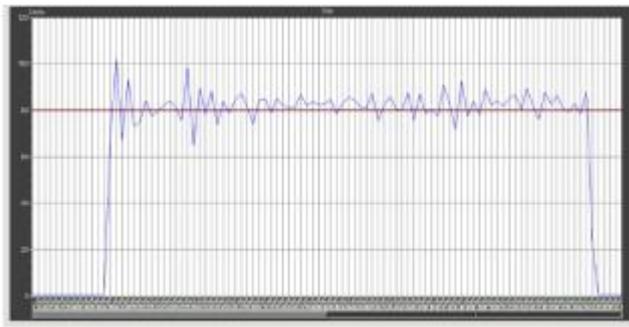
$$\begin{aligned}
 Pcr &= T2 - T1 & (5) \\
 &= 33.4 - 31 \\
 &= 2.4 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Pcr = nilai periode kritis

T1 = waktu periode awal

T2 = waktu periode akhir





(a) (b)

Gambar 15. Respon *Close Loop Flow Sensor* (a) Waktu Periode Awal
(b) Waktu Periode Akhir

Nilai K_p yang digunakan untuk menentukan metode ini ialah 330 sehingga didapatkan nilai dan dapat dicari konstanta PID dengan mengikuti Tabel metode Ziegler Nichols 2.

TABEL III
TABEL PID FLOW KONTROL

Kontroller	K_p	T_i	T_d
P	0.5 (330)	∞	0
PI	0.45 (330)	(2.4)	0
PID	0.6 (330)	0.5 (2.4)	0.125 (2.4)

2. PID *Pressure* Kontrol

Kontrol PID pada *pressure* menggunakan metode Ziegler Nichols tipe 2 dengan sistem *closed loop*. Sistem dibuat hingga beresilasi dengan mengatur besarnya nilai K_p hingga menemukan osilasi yang konsisten.

Besarnya nilai K_p yang digunakan merupakan nilai K_{cr} , dan nilai P_{cr} dapat dicari dari grafik osilasi yang konsisten dengan cara:

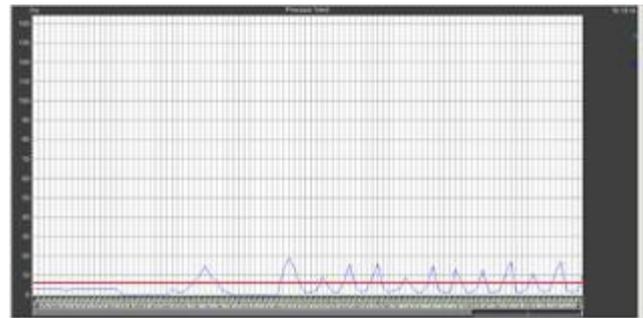
$$\begin{aligned}
 P_{cr} &= T_2 - T_1 & (6) \\
 &= 19.1 - 16.5 \\
 &= 2.6 \text{ s}
 \end{aligned}$$

P_{cr} = nilai periode kritis

T_1 = waktu periode awal

T_2 = waktu periode akhir

Nilai K_{cr} dan P_{cr} yang didapatkan yaitu: $K_{cr} = 12,2$; $P_{cr} = 2,6$



(a) (b)

Gambar 16. Respon *Close Loop Pressure Sensor* (a) waktu periode awal
(b) waktu periode akhir

TABEL IV
PID *PRESSURE* KONTROL

Kontroller	K_p	T_i	T_d
P	0.5 (12.2)	∞	0
PI	0.45 (12.2)	(2.6)	0
PID	0.6 (12.2)	0.5 (2.6)	0.125 (2.6)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian dan Analisa Sensor Flow

Pengujian pada *flow sensor* dengan menggunakan Arduino Uno untuk pembacaan sensor dan mengeluarkan PWM untuk nanti dibaca oleh PLC dan di scaling. Berikut hasilnya:

TABEL V
PENGUJIAN *FLOW* SENSOR

<i>Flow</i> (mL/S)	Pembacaan PLC	Error
25	27	8



38	38	0
48	46	4.1
62	64	3.2
66	64	3
Error rata – rata		3.66

Untuk membuktikan keakuratan *flow* sensor dapat dicari dengan menggunakan penjumlahan dari *flow* yang terbaca tiap 1 detik lalu diukur volume air yang dihasilkan apakah sesuai dengan yang terbaca pada Arduino. Dari Tabel diatas terjadi perbedaan pembacaan dari arduino dengan PLC dengan rata-rata error 3.66%.

B. Pengujian dan Analisa Pressure Transmitter

Pengujian pada *pressure transmitter* dilakukan dengan cara mengecek arus keluaran pada *pressure transmitter*, pembacaan pada *pressure gauge*, dan dibandingkan dengan pembacaan pada PLC. *Pressure transmitter* ini terdiri 2 kabel, merah dan hitam. Merah dihubungkan ke sumber 12 V dan hitam dihubungkan ke arus analog *input* PLC dan untuk ground dihubungkan dengan ground power supply. *Pressure transmitter* mengeluarkan arus 4-20 mA dengan maksimal *pressure* 10 Bar atau 144 Psi.

TABEL VI
 PENGUJIAN PRESSURE TRANSMITTER

Pembacaan <i>pressure gauge</i> (Psi)	Pembacaan PLC (Psi)	Error (%)
0	2	200
2	2	0
4	4	0
6	6	0
8	8	0
10	10	0
12	12	0
14	14	0
16	16	0
20	20	0
Rata-rata error		20

Terjadi error pada saat tekanan 0 psi, pada PLC terbaca 2 psi dikarenakan menggunakan pembacaan analog *input* PLC 4-20 mA, sedangkan arus yang terbaca pada *transmitter* saat kondisi tidak ada tekanan sebesar 4.18 mA, sehingga terbaca 2 psi. Dari data sensor diatas masih layak untuk dipakai karena nilai pembacaan nilai lain cukup akurat.

C. Pengujian dan Analisa Driver Pompa

Driver motor pompa DC yang di gunakan pada penelitian ini adalah *driver* BTS 7960 atau IBT_2 yang berfungsi untuk mengatur rpm pompa DC atau kecepatan motor pompa DC. Pengujian pada driver motor BTS 7960 atau IBT_2 ini bertujuan untuk mengetahui kinerja motor pompa DC. Peralatan yang di gunakan dalam pengujian ini adalah mikrokontroler arduino, *driver*, *analog output* PLC, multimeter dan motor pompa DC.

TABEL VII
 PENGUJIAN DRIVER POMPA

PWM	Vout Perhitungan (Vot)	Voutput driver (Volt)	Error (%)
0	0	0	0
25	2.3	1.95	15
50	4.7	4.3	8.5
75	7	5.84	16.5
100	9.4	7.1	24.4
125	11.7	8.76	25.1
150	14	10.4	25.7
Rata – rata Error			16.4

Perbandingan keluaran pada perhitungan dan pengukuran dengan prosentase rata-rata error sebesar 16.4%. Hilang tegangan ini dapat disebabkan oleh tegangan drop dari driver yang mengakibatkan output driver tidak sama dengan *supply* input.

D. Pengujian dan Analisa Keran Modifikasi

Keran modifikasi yang disini bertujuan untuk mengontrol *pressure* air yang keluar dengan mengeset kecepatan konstan pada pompa. Peralatan yang dibutuhkan dala uji coba ini yaitu arduino, keran ball valve, busur. Ukur dengan busur tiap perubahan 20 PWM.



TABEL VIII
PENGUJIAN KERAN MODIFIKASI

PWM	Sudut terukur	Sudut perhitungan	Error
80	20	56	64
100	40	70	42
120	60	84	29
140	70	95	26.3
160	80	112	28.5
Error rata - rata			37.96

Error yang dihasilkan cukup besar dikarenakan perhitungan belum berdasarkan beban pada motor servo. Hal ini tidak menjadi masalah karena dapat melakukan scaling pada PLC sehingga error dapat diminimalisir.

E. Pengujian dan Analisa Solenoid Valve

Pengujian Solenoid dengan menggunakan digital *output* PLC alamat 101.4 (Solenoid 1) dan 101.5 (Solenoid 2). Peralatan yang diperlukan power supply 12 V, power supply 5V, driver solenoid, digital *output* PLC. Untuk digital *output* pada PLC pastikan common alamat 101 sudah terhubung ke ground *input* (sinking). Saat alamat 101.4 dan 101.5 ditekan pada SCADA maka digital *output* PLC akan mengirimkan logika low (0 Volt) untuk menyalakan driver solenoid. Tabel data pengujian sebagai berikut:

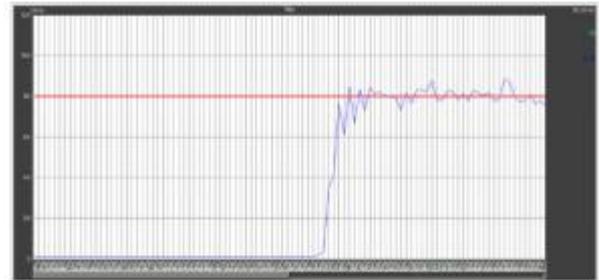
TABEL IX

PENGUJIAN SOLENOID VALVE

101.04	101.05	Kondisi Solenoid Valve 1	Kondisi Solenoid Valve 2
OFF	OFF	OFF	OFF
OFF	ON	OFF	ON
ON	OFF	ON	OFF
ON	ON	-	-

Solenoid dapat bekerja dengan baik sesuai *address* yang di *inputkan*, solenoid diprogram agar solenoid valve 1 dan 2 tidak berjalan bersamaan. Solenoid akan semakin panas apabila kondisi ON terus menerus diatas 5 menit.

F. Pengujian dan Analisa Kontrol PID Flow



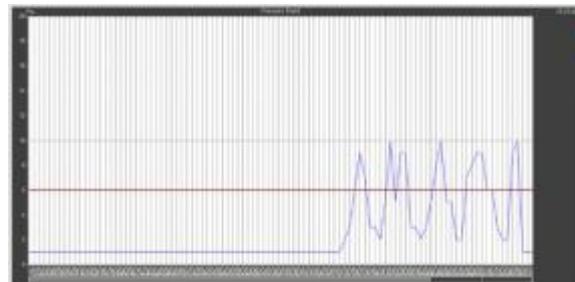
Gambar 17. Respon Kontrol PID Flow

Hasil respon sistem kontrol PID dengan K_p : 198, T_i : 1.2s, dan T_d : 0.3s dengan *set point* 80 mL/s

1. Risetime (T_r) = merupakan lama waktu yang diperlukan respon menuju *set point* mulai dari $t = 0$ sampai dengan respon menyentuh sumbu *set point* pertama. Nilai $T_r = 6$ detik.
2. Peaktime (T_p) atau respon waktu yang diperlukan respon menuju titik puncak pertama dari overshoot = 6 detik.

Dari hasil respon diatas dapat disimpulkan risetime yang terjadi lebih lambat dari kontrol P namun hasil respon lebih mendekati *set point* dibandingkan kontrol PI.

G. Pengujian dan Analisa Kontrol PID Pressure



Gambar 18. Respon Kontrol PID Pressure

Hasil respon sistem control PID dengan K_p : 7.3, T_i : 1.3 dan T_d : 0.3 dengan *set point* sebesar 6 Psi.

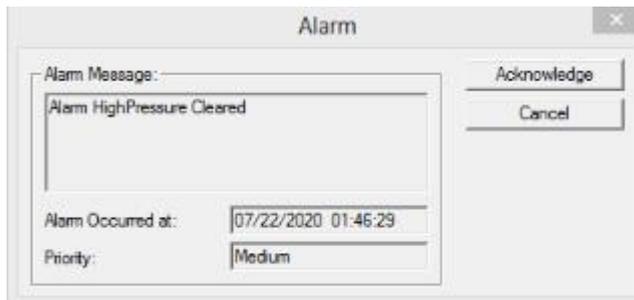
1. Risetime (T_r) = merupakan lama waktu yang diperlukan respon menuju setpoint mulai dari $t=0$ sampai dengan respon menyentuh sumbu setpoint yang pertama nilai $T_r = 6$ detik.
2. Peaktime (T_p) = waktu yang diperlukan respon menuju titik puncak pertama dari overshoot. Pada Gambar waktu yang diperlukan adalah 9s. Respon signal yang didapat terlihat bahwa sistem beresilasi hingga tidak menemukan titik steady state

H. Pengujian dan Analisa SCADA



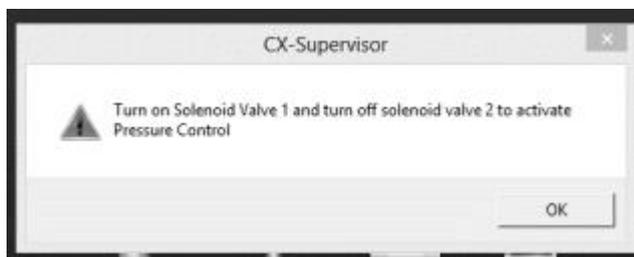
Pengujian dilakukan dengan cara mengetes alarm dan script pada SCADA, Alarm disini bertujuan untuk memberi peringatan kepada operator sedangkan script bertujuan untuk memberikan perintah khusus kepada suatu objek dengan cara menambahkan code menggunakan bahasa VB.

Alarm yang di setting pada SCADA ialah *high pressure alarm*. Alarm ini akan muncul pada saat *pressure* yang dihasilkan lebih dari 10 Psi. Apabila *high pressure* alarm aktif dan *pressure* di kecilkan kembali hingga dibawah 10 maka alarm akan otomatis reset kembali atau clear.



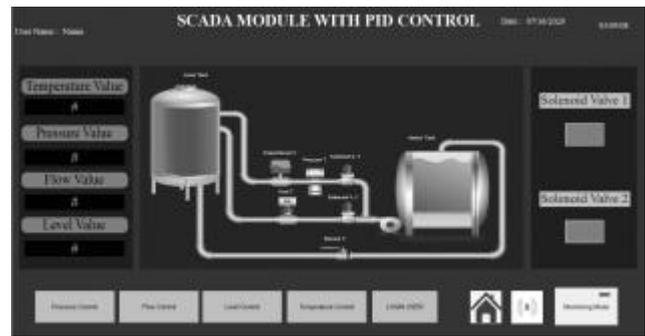
Gambar 19. Tampilan Alarm SCADA

Script disini bertujuan untuk menampilkan *message box* ke operator apabila ingin mengaktifkan *pressure* kontrol maka harus mengaktifkan solenoid valve 1 dan mematikan solenoid valve 2. Apabila tidak dilakukan, maka kontrol *pressure* tidak dapat dilakukan.



Gambar 20. Message box

Tampilan awal/home page pada CX-Supervisor seperti Gambar dibawah yang terdiri dari kontrol solenoid, *flow* dan *pressure* tab, home button, alarm, dan *monitoring/control* mode.



Gambar 21. Home page SCADA

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem yang telah dibuat pada pengontrolan *flow* dan *pressure* dengan SCADA dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Berikut ini merupakan kesimpulan yang telah didapat :

1. *Pressure* kontrol dapat bekerja dengan sangat baik dengan menggunakan kontrol PI sesuai yang diharapkan. Dari hasil percobaan didapatkan nilai K_p : 5.49 dan T_i : 2.1. Dari konstanta tersebut menghasilkan respon sistem yang cepat dengan $T_r = 7$ s dan $\%ess = 0\%$.
2. Respon PID pada *flow* yang naik turun dapat disebabkan karena getaran yang dihasilkan oleh pompa saat kondisi ON dan juga pengondisi sinyal yang kurang baik.
3. Konstanta PID yang digunakan pada *flow* kontrol yaitu K_p : 198, T_i : 1.2, dan T_d : 0.3. Respon yang dihasilkan cukup baik dan dapat mengejar gangguan dengan $T_r = 6$ s dan $T_p = 6$ s.

B. Saran

Ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem SCADA pada kontrol *flow* dan *pressure* ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Menggunakan sensor atau transmitter yang sesuai dengan resolusi pembacaan analog input PLC, antara lain 0-10V 0-5V dan 4-20 mA.
2. Menambahkan sistem database dengan menggunakan SQL.
3. Menambahkan device komunikasi Ethernet pada PLC agar dapat berkomunikasi antar PLC tipe lain.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akbar, Mochamad. “Perancangan Supervisory Control And Data Acquisition (Scada) Dilengkapi Datagrid Untuk Sistem Otomasi Pada Stasiun Kerja Pelayuan Di Pt. Perkebunan Nusantara VIII”. e-Proceeding of Engineering : Vol.2, No.1 April 2015
- [2] Setiawan, Iwan (2009) **Buku Ajar Sensor dan Transduser**. In: Sensor dan Transduser. Faculty of Engineering, Diponegoro University.
- [3] Setiawan, Mohammad Randy. (2016). *Sistem Pengaturan Suhu Boiler Pada Steamer Baglog dengan Kontrol PID Menggunakan PLC dan HMI*. Jurnal ELKOLIND, Agustus 2016, vol. 03, no.3
- [4] Almuhtarom, Priyo Sasmoko. “Perancangan Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Menggunakan Software Cx-Supervisor Pada Simulasi Sistem Listrik Redundant Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Omron Cplc Na-20-dra”. Gema Teknologi, vol. 18, no. 2, 1 Apr. 2015,
- [5] Gowri Shankar. “Control of Boiler Operation using PLC – SCADA”. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2008.
- [6] Wirza, Robby. (2013). Perencanaan Sistem Scada Cooling Tower menggunakan Siemens Simatic Step 7 Dan Wincc. Jurnal TEKNOIF, Vol. 1, No. 1, Edisi April 2013
- [7] SYSMAC CP Series CPH Operation Manual, OMRON.
- [8] Rijal, Chaerur. “Penerapan Metode Kontrol PID Pada Modul Praktek Pengaturan Level Air Berbasis Labview”. Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2019 (pp.153-158)
- [9] M.Taghizadeh, Ghaffari, F. Najafi. “Modeling and identification of a solenoid valve for PWM control applications”. April 2009.
- [10] Rusdian, Sarah Annisaa. “Modul Praktikum Kontrol Aliran Air Menggunakan Metode PID pada Sistem Kendali Terdistribusi”. Jurnal ELKOLIND, juli 2015, volume 2. no.02.

