

Implementasi PID Untuk Pengendalian Level Air Dua Tabung Paralel Pada *Plant* Labvolt Festo

Hadi Supriyanto¹, Muhammad Nursyam Rizal², Krisna Gunayanuar³

¹ Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung

² Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung

³ Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: hadi_s@polman-bandung.ac.id

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<i>Received:</i> 8 Agustus 2024 <i>Accepted:</i> 15 Oktober 2025 <i>Available:</i> 15 Desember 2025	DCS Labvolt Festo yaitu sebuah alat sebagai media pembelajaran sistem kendali ketinggian air dan aliran debit air menggunakan kontrol PID. Pada penelitian ini <i>plant</i> DCS LabVolt Festo menggunakan beberapa komponen berbeda dan kontroler berbeda seperti PLC Siemens S7-1200. Metode dalam kendali ketinggian level air dua tabung secara paralel menggunakan kontrol PID. Sensor yang digunakan sebagai umpan balik dari sistem ini yaitu untuk Tabung 1 menggunakan <i>Radar Level Transmitter</i> dan untuk Tabung 2 menggunakan Differential Pressure Transmitter. Lalu aplikasi untuk menampilkan antarmuka yaitu menggunakan Wonderware InTouch sebagai interface dari keseluruhan komponen pada <i>plant</i>. Integrasi antara <i>plant</i> DCS LabVolt Festo dengan aplikasi Wonderware Intouch telah berhasil menggunakan OPC KEPServerEX sedangkan untuk kontrol ketinggian muka air pada dua tabung secara paralel menggunakan PID dengan gangguan valve 100 % dan 50 % mendapat respon yang cukup stabil dengan overshoot di bawah 10 % untuk kedua tabung. Untuk kedua tabung sudah steady state tetapi ada beberapa <i>setpoint</i> yang memiliki <i>Error</i> steady state di bawah 5 %. Untuk kontrol dua tabung mencapai <i>setpoint</i> simultan dengan waktu yang sama dengan menyesuaikan maksimal frekuensi motor Tabung 2 dengan volume lebih kecil sesuai <i>setpoint</i> yang digunakan.
Kata Kunci:	ABSTRACT
Kontrol PID, Water level kontrol, LabVolt Festo DCS, Ziegler-Nichols Tuning	<i>DCS Labvolt Festo is a tool as a learning media for water level kontrol systems and water discharge flow using PID kontrol. In this research, the DCS LabVolt Festo plant uses several different components and different controllers such as the Siemens S7-1200 PLC. The method in controlling the water level of two tubes in parallel is using PID kontrol. Radar Level Transmitter and Differential Pressure Transmitter are used as feedback for Tube 1 and Tube 2. Then the application to display the interface that is uses Wonderware InTouch as the interface of all components in the plant. The integration between the DCS LabVolt Festo plant and the Wonderware Intouch application has been successful using OPC KEPServerEX while for the kontrol of the water level in two tubes in parallel using PID with 100% and 50% valve interference gets a fairly stable response with overshoot below 10% for both tubes. For both tubes it is steady state but there are some setpoints that have a steady state Error below 5%. To kontrol two tubes, achieve simultaneous setpoint at the same time by adjusting the maximum motor frequency of Tube 2 with a smaller volume according to the setpoint used.</i>

1. PENDAHULUAN

Di sektor industri mengelola persediaan air sangatlah penting, salah satunya adalah kontrol level air pada tangki penyimpanan yang diterapkan pada proses manufaktur. Memenuhi kebutuhan harian merupakan fungsi utama dalam menjaga ketinggian air [1]. Dalam konteks industri, tinggi suatu cairan dipertahankan pada tingkat tertentu agar memenuhi persyaratan volume yang diperlukan untuk kelancaran proses produksi [2]. Kontrol tingkat air merupakan aspek pengendalian yang krusial, terutama dalam berbagai konteks seperti pengelolaan air bersih [3].

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar untuk bertahan hidup. Keseharian manusia bergantung pada tangki atas untuk kebutuhan sehari-hari [4]. Tangki tersebut dibuat dari bahan yang tidak transparan. Oleh karena itu, di dalam tanki, level air tidak diketahui. Seringkali, kita menyalakan motor dan kemudian lupa mematikannya, sehingga sebagian besar air dapat hilang tanpa disadari. Dampaknya adalah terjadinya kekurangan pasokan air. Oleh karena itu, diperlukan kontroler yang dapat mengontrol motor secara otomatis sampai air terisi hingga ketinggian yang diinginkan [5].

Menurut Murdiyanto, et al [6] 97% industri yang bergerak dalam bidang proses, metode kontrol ketinggian muka air yang banyak digunakan adalah PID sebagai controller utama dalam pengontrolannya. Dalam penelitian mengungkapkan bahwa kecepatan motor induksi tiga fasa diatur kontrol PID yaitu dikontrol frekuensinya. Sistem kendali Proporsional-Derivatif-Integral (PID) merupakan metode kendali yang cukup sederhana untuk diimplementasikan dalam industri. Selain itu, penggunaan kendali ini relatif mudah direncanakan, memiliki biaya yang rendah, dan efektif. Keluaran dari kendali PID dihasilkan dengan menjumlahkan nilai-nilai P, I, dan D, yang masing-masing dikalikan dengan nilai kesalahan (error) [3] [7].

Kontroler PID digunakan ketika berurusan dengan proses kapasitif berorde tinggi (proses dengan lebih dari satu penyimpanan energi) ketika dinamikanya tidak mirip dengan dinamika integrator (seperti pada banyak proses termal). Kontroler PID sering digunakan di industri, tetapi juga dalam pengendalian objek bergerak (termasuk lintasan dan pengikut lintasan) ketika stabilitas dan pengikutan referensi yang tepat diperlukan. Autopilot konvensional sebagian besar menggunakan kontroler tipe PID [8].

Selain metode PID, masih terdapat sistem pengendalian lain salah satunya yaitu metode sugeno fuzzy. Fuzzy logic merupakan pengembangan dari logika Boolean yang menangani ide kebenaran sebagian. Jika logika klasik menyatakan bahwa semua hal dapat dijelaskan dalam bentuk biner (0 atau 1), fuzzy logic menggantikan konsep kebenaran Boolean dengan tingkat kebenaran [9]. Menurut Jadmiko, et al [10] jika dari respons karakteristik yang dihasilkan, kinerja kontrol PID lebih unggul daripada kontrol logika fuzzy pada time constant yang rendah. Sistem kendali PID merupakan sistem kendali yang banyak digunakan di industri karena keandalannya dalam mengendalikan kecepatan motor, tidak perlu membuat rumus matematika pada program PLC karena instruksi ini mempunyai fitur yang lengkap dan secara otomatis menghitung keluaran sinyal kendali berdasarkan parameter yang dimasukkan [11].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan pada penyelesaian masalah pada penelitian ini adalah metode waterfall, Metode waterfall adalah metode pengembangan sistem informasi yang sistematis dan berurutan:

1) Analisis Sistem

Langkah yang bertujuan untuk melakukan studi literatur mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai tema dari tugas akhir yang akan menjadi landasan berjalannya tugas akhir ini. Studi dilakukan banyak bersangkutan dengan sistem kendali ketinggian air dan debit air. Mempelajari dan analisis setiap komponen pada *plant* DCS Labvolt Festo.

2) Perancangan Sistem

Implementasi PID Untuk Pengendalian Level Air Dua Tabung Paralel Secara Simultan Pada *Plant* Labvolt Festo

Langkah untuk melakukan perancangan untuk pembuatan sistem yang akan dibuat. Pembuatan sistem yang dibuat pada *plant* DCS Labvolt Festo merupakan sistem kontrol ketinggian air dan debit air menggunakan metode PID.

3) Perancangan Aplikasi

Langkah perancangan aplikasi. Perancangan aplikasi disini meliputi perancangan interface. Aplikasi interface yang digunakan berupa aplikasi Wonderware InTouch.

4) Pembuatan Sistem

Langkah yang bertujuan untuk pembuatan sistem dari perancangan yang telah dilakukan. Langkah ini meliputi percobaan sensor untuk memastikan agar sistem kendali yang dihasilkan akurat, dan presisi. Melakukan akuisisi data dari sensor yang digunakan pada *Plant* DCS Labvolt Festo.

5) Pembuatan Aplikasi

Langkah ini bertujuan untuk membuat desain interface yang terdiri dari overview, kendali dan sensor yang akan ditampilkan.

6) Program Integrasi Aplikasi dan Sistem

Setelah pembuatan aplikasi interface dan sistem maka langkah selanjutnya adalah menghubungkan antara aplikasi interface dengan sistem kendali yang dibuat.

7) Pengujian dan Perbaikan Sistem

Langkah ini dilakukan untuk menguji alat yang telah dibuat. Pengujian yang dilakukan dengan metode *trial & Error* sehingga sistem dapat dikembangkan terus. Pengujian ini dilakukan pada *plant* DCS Labvolt Festo untuk menguji kendali ketinggian air dan kendali debit air, serta mengecek jika terjadinya kerusakan atau kesalahan pada sistem yang telah dibuat.

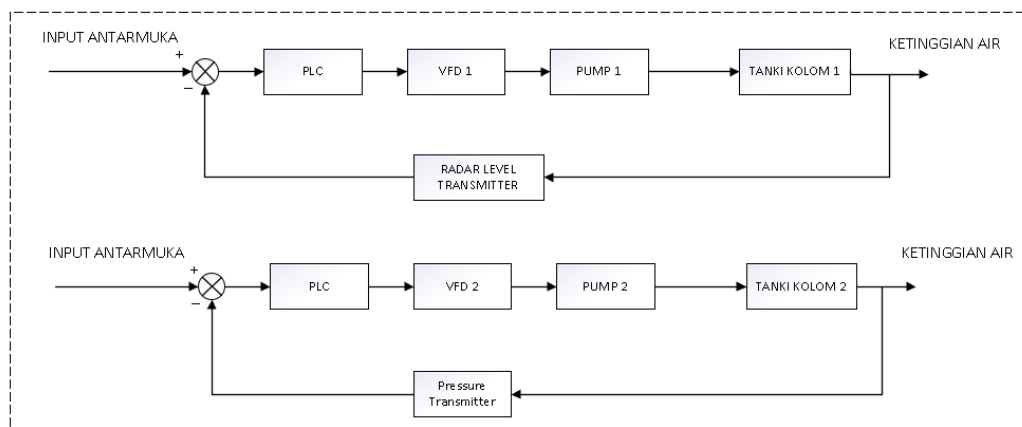
8) Analisis Hasil

Langkah ini melakukan analisis terhadap hasil data yang didapat dalam penelitian yang dilakukan.

2.1. Perancangan Sistem

Kontrol yang digunakan untuk mengontrol ketinggian tabung 1 dan tabung 2 paralel secara simultan menggunakan kontrol PID, sistem yang digunakan berupa *feedback control system* yang keluarannya berupa kecepatan motor pompa, Sensor yang digunakan yaitu untuk tabung 1 menggunakan sensor *Radar Level Transmitter* dan untuk tabung 2 menggunakan sensor *differential pressure transmitter*.

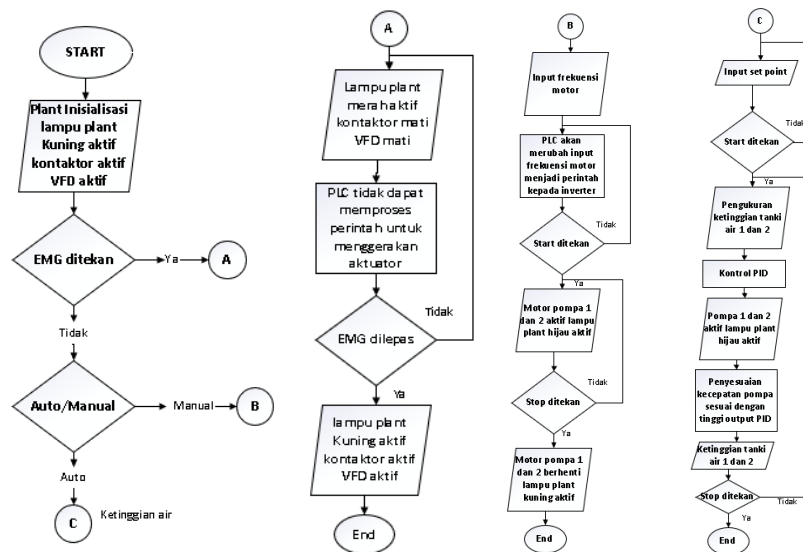
2.2. Diagram Blok Sistem



Gambar 1 Blok diagram kontrol

Blok diagram kontrol pada gambar 3.3 menggambarkan urutan kontrol yang terdapat pada *plant* DCS Labvolt Festo. Pengendali pada *plant* ini berupa PLC Siemens S7 1200. Pengguna atau operator akan memasukan input set point pada antarmuka. Setelah itu pengukuran ketinggian air pada tabung kolom 1 dan 2, kemudian dibandingkan ketinggiannya dan PLC akan mengeluarkan keluaran analog pada VFD 1 dan VFD 2 untuk mengendalikan kecepatan pompa 1 dan 2. Sensor Radar berfungsi untuk menjadi umpan balik kepada PLC agar dapat mengetahui ketinggian tabung 1 secara real time. Dan untuk pressure sensor berfungsi untuk menjadi umpan balik kepada PLC agar dapat mengetahui ketinggian tabung 2.

2.3. Diagram Alir Sistem

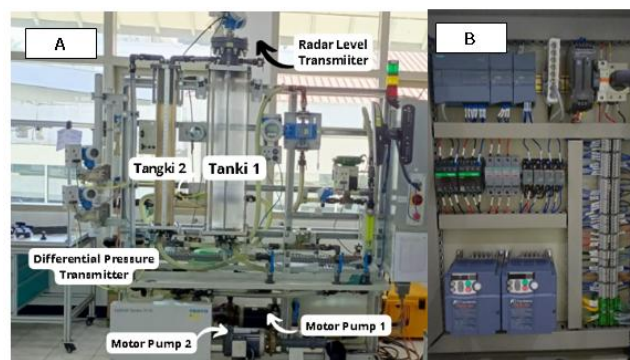


Gambar 2 Diagram alir sistem

Sistem ini terdiri dari dua mode, yaitu manual dan otomatis, mode manual memungkinkan pengguna mengendalikan level air dengan memasukan input frekuensi motor secara manual dan memulainya. Mode otomatis pengguna mengendalikan level air dengan memasukan input *setpoint* lalu sistem PID akan berjalan dan mengatur kecepatan motor secara otomatis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Implementasi Alat



Gambar 3 (a) *Plant* DCS Labvolt Festo (b) Panel kontrol Siemens S7-1200

Implementasi PID Untuk Pengendalian Level Air Dua Tabung Paralel Secara Simultan Pada *Plant* Labvolt Festo

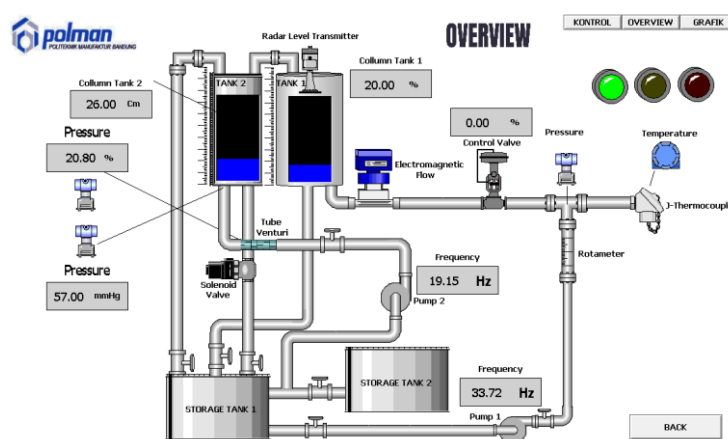
Gambar a yaitu *plant* Labvolt Festo, ini merupakan produk dari Festo yang di dalamnya berisi berbagai sensor seperti sensor Temperature, Differential Pressure Transmitter, Electromagnetic Flow Transmitter, dan juga sensor Radar Level Transmitter. Pada penelitian kali ini sensor yang digunakan hanya dua yaitu *Radar Level Transmitter* untuk kontrol level tabung satu dan Differential Pressure Transmitter yang langsung terhubung ke modul analog input PLC, kedua sensor ini berfungsi untuk kontrol level tabung dua. Untuk aktuatur juga ada dua motor pump. Pada penelitian kali ini juga menggunakan panel kontrol baru dengan menggunakan kontroler utama yaitu PLC Siemens S7-1200. Pada gambar b merupakan panel kontrol, yaitu untuk mengontrol *plant* kontrol level air yang digunakan pada penelitian ini. Kontroler PLC Siemens S7-1200 yaitu untuk kontrol semua sistem yang dibuat, dan untuk dua inverter itu yaitu untuk menjalankan motor *pump* untuk pengisian tabung satu dan tabung dua yang diperintahkan menggunakan PLC.

3.2. Implementasi Tampilan Antarmuka



Gambar 4 Tampilan *Login*

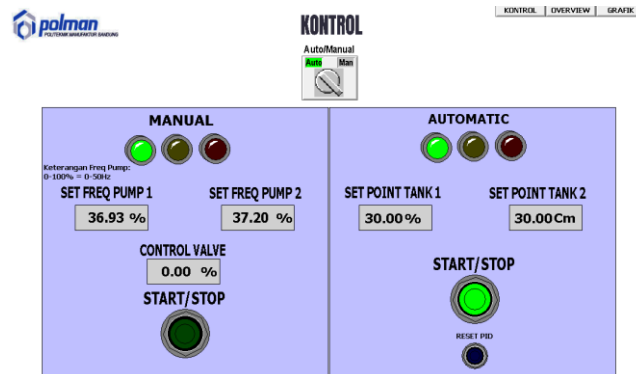
Pada halaman ini diharuskan login terlebih dahulu untuk mengakses halaman selanjutnya, setelah login maka *user* dan level *user* akan muncul dan tombol view untuk masuk ke halaman selanjutnya yaitu halaman overview.



Gambar 5 Tampilan *Overview*

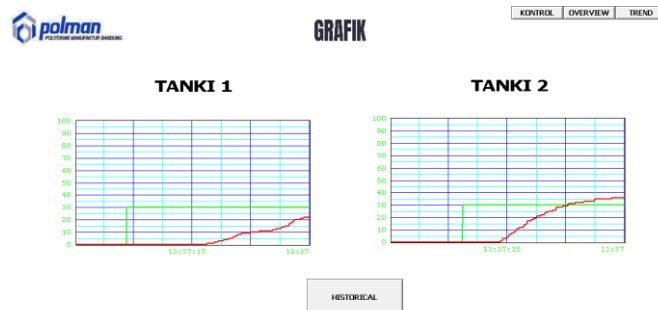
Pada tampilan ini menampilkan keseluruhan *plant* DCS Labvolt Festo yang digunakan, dari sensor dan aktuatur yang berada pada *plant*. Menampilkan komponen yang digunakan dalam sistem kendali. Dan juga menampilkan value sensor dan frekuensi motor. Selain itu juga ditunjukkan keadaan *plant* apakah

sedang *standby* ditunjukkan dengan lampu *signal* berwarna kuning, *plant* sedang aktif dan berjalan ditunjukkan dengan lampu *signal* berwarna hijau, *plant* dalam kondisi *emergency* atau darurat maka ditunjukkan dengan lampu *signal* merah.



Gambar 6 Tampilan Kontrol

Pada halaman ini yaitu untuk mengontrol sistem yang telah dibuat, pada halaman kiri yaitu untuk kontrol manual dengan menginput frekuensi motor, lalu untuk tombol *start/stop* untuk memulai dan mematikan kontrol manual, untuk memulai kontrol manual ini selektor AutoManual harus dalam posisi manual. Untuk halaman kanan yaitu untuk kontrol otomatisnya yaitu menggunakan kontrol PID, untuk tangki 1 menggunakan set point % dan untuk tangki 2 menggunakan set point Cm, lalu untuk tombol *start/stop* untuk memulai dan mematikan kontrol otomatis/kontrol PIDnya, dan tombol reset untuk reset PID, untuk memulai kontrol otomatis ini selektor AutoManual harus dalam posisi Auto.



Gambar 7 Tampilan Grafik

Pada Gambar 7 yaitu menampilkan tampilan grafik. Tampilan ini akan menampilkan grafik ketinggian air pada tangki 1 dan tangki 2 secara *realtime*. Dan untuk melihat grafik historical tinggal klik tombol historical.

3.3. Pengujian Sensor

Pengujian akurasi dari sensor yang digunakan bertujuan untuk memeriksa *Error* yang muncul dalam pengukuran sensor. Sensor juga digunakan sebagai masukan sistem yang akan mempengaruhi respon dari sistem itu sendiri.

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) bertujuan untuk mencari rata-rata persentase *Error* pada sekumpulan data.

$$MAPE = \sum \frac{(|\text{Aktual} - \text{forecast}|)}{\text{Aktual}} \times 100\% \quad [12], [13]$$

Hasil yang didapatkan dari MAPE diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 1 Klasifikasi MAPE [13]

Range MAPE	Arti
< 10 %	Kemampuan Model Peramalan Sangat Baik
10 – 20 %	Kemampuan Model Peramalan Baik
20 – 50 %	Kemampuan Model Peramalan Layak
> 50 %	Kemampuan Model Peramalan Buruk

Sedangkan akurasi dapat didapatkan dari:

$$Akurasi = 100\% - MAPE$$

Untuk pengujian presisi menggunakan deviasi, di bawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk menentukan standar deviasi:

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}{n(n-1)}} \quad [14]$$

Keterangan:

S = Sampel

n = Jumlah sampel

$\sum xi$ = Jumlah data

$\sum xi^2$ = Jumlah data dipangkat 2

3.3.1. Pengujian Akurasi Sensor Radar Level Transmitter

Tabel 2 Data pengujian akurasi radar level *transmitter*

No	Ketinggian Air	Display Sensor (%)	Pembacaan Data Sensor di PLC (%)	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai aktual dikali 100%
		A_t	F_t	$ A_t - F_t $	$\left \frac{(A_t - F_t)}{A_t} \right \times 100\%$
1	8,8	5,28	5,2445	0,0355	0,672348485
2	17,5	19,46	19,437	0,023	0,118191161
3	29,5	34,77	34,7294	0,0406	0,116767328
4	34,1	40,56	40,4875	0,0725	0,178747535
5	41,5	49,62	49,558	0,062	0,124949617
6	46,3	55,63	55,5772	0,0528	0,094912817
7	57,7	70,47	70,392	0,078	0,110685398
8	70,3	84,95	84,8524	0,0976	0,114891112
9	76,6	93,17	93,0773	0,0927	0,099495546
10	81	99,97	99,86	0,11	0,11003301
MAPE (Mean Absolute Percentage Error)					0,174102

Rata-rata *Error* yang didapatkan dari pengujian display *Radar Level Transmitter* dan data di PLC sebesar 0,174102 % yang menunjukkan hasil yang sangat baik dalam akurasi. Sedangkan akurasi yang didapatkan dari pengujian sensor *Radar Level Transmitter* dan data di PLC sebesar 99,83 %.

3.3.2. Pengujian Presisi Sensor Radar Level Transmitter

Tabel 3 Data pengujian presisi radar level transmitter

No	Pengujian					
	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke5	Ke-6
1	90,28	79,6	70,34	50,26	40,48	30,19
2	90,43	79,53	69,97	50,24	39,91	29,66
3	90,03	79,96	70,41	50,36	39,97	30,45
4	89,48	79,91	69,85	49,77	40,38	30,55
5	89,61	79,78	70,33	50,13	39,77	30,35
6	89,8	79,53	69,72	50,47	39,78	30,01
7	90,06	79,61	70,49	49,94	39,17	30,49
8	90,86	80,39	69,91	50,46	39,82	30,42
9	90,53	80,42	70,29	49,89	39,77	30,26
10	90,33	79,6	70,45	50,24	40,37	30,37
Jumlah	901,41	798,33	701,76	501,76	399,42	302,75
Rata-rata	90,141	79,833	70,176	50,176	39,942	30,275
$\sum xi^2$	81255,6597	63734,1005	49247,4292	25176,8304	15954,9962	9166,4003
$(\sum xi)^2$	812539,9881	637330,7889	492467,0976	251763,0976	159536,3364	91657,5625
Deviasi	0,429585071	0,336915749	0,282732697	0,24051796	0,389095818	0,267509086
Rata-rata Deviasi	0,32439273					

Hasil 10 kali pengujian dengan *range* yang berbeda beda menghasilkan deviasi sebesar 0,32439273.

3.3.3. Pengujian Akurasi Sensor *Differential Pressure Transmitter*

Tabel 4 Data pengujian akurasi *differential pressure transmitter*

No	Ketinggian Air	Display Sensor (mmH2O)	Pembacaan Data Sensor di alat kalibrator (mmH2O)	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai aktual dikali 100%
		A_t	F_t	$ A_t - F_t $	$\left \frac{(A_t - F_t)}{A_t} \right \times 100\%$
1	9	88,36	88	0,36	0,40
2	18	176,14	176	0,14	0,08
3	27	368,72	369	0,28	0,08
4	36	357,43	357	0,43	0,12
5	45	450,11	450	0,11	0,02
6	54	540,07	540	0,07	0,01
7	63	629,13	629	0,13	0,02
8	72	717,44	717	0,44	0,06
9	81	809,40	809	0,4	0,05
10	90	892,24	893	0,76	0,09
MAPE (<i>Mean Absolute Percentage Error</i>)					0,09

Rata-rata *Error* yang didapatkan dari pengujian *Differential Pressure Transmitter* dengan alat kalibrator sebesar 0,09 % yang menunjukan *Error* yang sangat minim. Sedangkan akurasi yang didapat sebesar 99,91 %.

3.3.4. Pengujian Presisi Sensor *Differential Pressure Transmitter*

Tabel 5 Data pengujian presisi differential pressure transmitter

No	Pengujian					
	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke5	Ke-6
1	797,81	695,72	597,23	497,87	396,46	297,62
2	797,23	695,92	597,65	498,43	396,02	296,87
3	796,85	695,82	597,32	498,24	396,76	297,42
4	797,31	695,97	596,50	497,45	396,79	297,46
5	796,81	696,26	596,92	498,39	396,14	297,31
6	797,16	695,97	597,16	498,51	395,43	297,49
7	796,91	696,13	596,97	498,15	396,60	296,25
8	796,70	695,73	597,52	498,20	396,36	296,70
9	797,07	695,78	596,57	498,58	395,77	296,51
10	797,12	695,91	596,93	498,15	395,94	297,55
Jumlah	7970,97	6959,21	5970,77	4981,97	3962,27	2971,18
Rata-rata	797,10	695,92	597,08	498,20	396,23	297,12
$\sum x_i^2$	6353637	4843061	3565011	2482004	1569960	882793,2
$(\sum x_i)^2$	63536363	48430604	35650094	24820025	15699584	8827911
Deviasi	0,32	0,17	0,37	0,34	0,45	0,50
Rata-rata Deviasi	0,36					

Hasil 10 kali pengujian dengan *range* yang berbeda beda menghasilkan deviasi sebesar 0,36.

3.4. Pengujian Kontrol PID

Pengujian kontrol PID ini bertujuan untuk mencari respon yang stabil, respon yang dimaksud yaitu seperti *Rise Time*, *Settling Time*, *Error Steady State*, *Maksimum Overshoot*.

Maksimum overshoot (MP) merupakan nilai tertinggi dari kurva respon

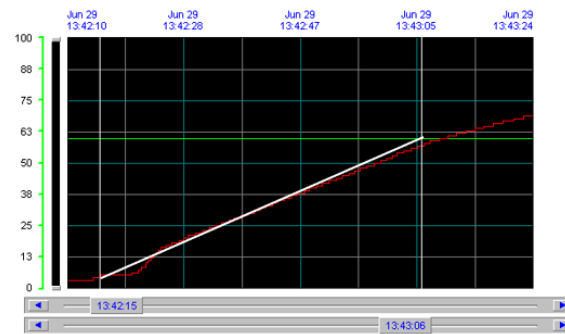
$$MP = \frac{(\text{Nilai Tertinggi Kurva Respon} - \text{Setpoint})}{\text{Setpoint}} \times 100\%$$

Error Steady State yaitu selisih antara nilai keluaran dengan nilai masukan saat keadaan *steady state*.

$$Ess = \frac{(\text{Nilai tertinggi kurva steady state} - \text{Nilai terendah kurva steady state})}{\text{Setpoint}} \times 100\% \text{ [15].}$$

Pengujian PID ini dilakukan dengan cara memasukan *setpoint* (Cm) dan parameter PID. Metode pengujian yang digunakan yaitu metode *tunning Ziegler Nichols*. Pada pengujian ini *setpoint* ditetapkan dari 30 cm - 70 cm untuk tabung 1 dan 2. Untuk mencari nilai L dan T parameter awal yang digunakan yaitu $K_p = 1$; $T_i = 20$ s; dan $T_d = 0$ s. Pada buku ogata halaman 569 disebutkan bahwa *tunning Ziegler Nichols* ini hanya memberikan parameter awal dan apabila responnya belum stabil maka harus dilakukan *fine-tunning* [16].

3.4.1. Pengujian *Ziegler Nichols* Tabung 1

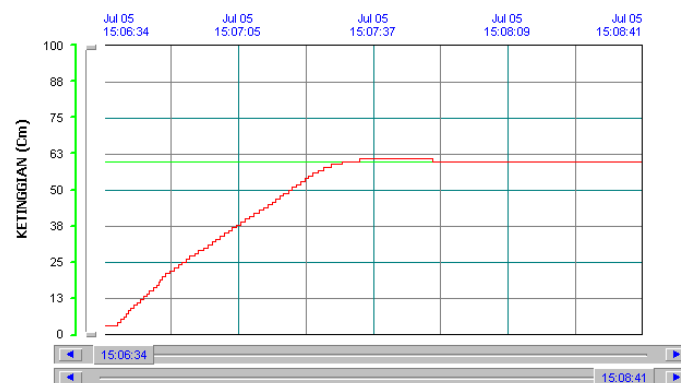


Gambar 8 Grafik data Ziegler Nichols tabung 1

Tabel 6 parameter awal PID tabung 1

<i>Setpoint (Cm)</i>	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>Kp</i>	<i>Ti</i>	<i>Td</i>
30 cm – 70 cm	5	51	12,24	10 s	2,5 s

Parameter K_p , T_i , T_d hasil *tunning* Ziegler Nichols pada tabung 1 selanjutnya diuji pada *setpoint* 30 cm – 70 cm untuk mengetahui apakah sistem sudah mendapatkan respon yang stabil dan apabila ada hasil yang belum atau kurang stabil maka harus dilakukan *fine-tunning* sampai mendapatkan respon yang stabil. berikut hasil grafik yang didapatkan.


Gambar 9 Grafik parameter Ziegler Nichols pada *setpoint* 60 cm tabung 1

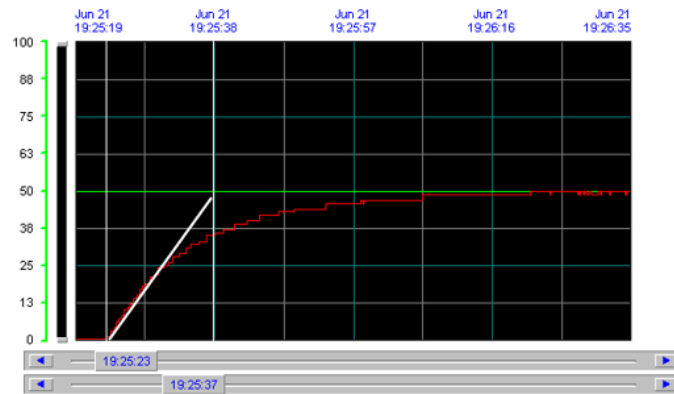
Tabel 7 Respons PID tabung 1

<i>Setpoint (Cm)</i>	Maksimum Overshoot	<i>Rise Time</i>	<i>Settling Time</i>	<i>Error Steady State</i>
30	5 %	28 s	41 s	0 %
40	2,5 %	33 s	50 s	0 %
50	2 %	45 s	66 s	0 %
60	0,83 %	56 s	74 s	0 %
70	1,4 %	66 s	102 s	2,85 %

Berdasarkan hasil 5 kali pengujian dan mengamati respon yang diperoleh untuk tabung 1 sudah cukup stabil dengan steady state disemua *setpoint* terkecuali *setpoint* 70 cm yang memiliki *Error steady state* 2,85 % dan untuk overshoot sudah cukup baik di bawah 10 % [17].

3.4.2. Pengujian Ziegler Nichols Tabung 2

Implementasi PID Untuk Pengendalian Level Air Dua Tabung Paralel Secara Simultan Pada *Plant* Labvolt Festo

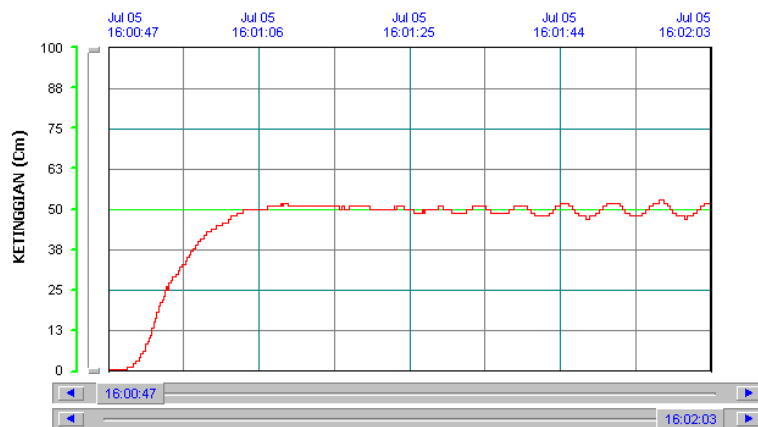


Gambar 10 Grafik parameter Ziegler Nichols pada *setpoint* 50 cm tabung 2

Tabel 8 Parameter awal PID tabung 2

<i>Setpoint (Cm)</i>	<i>L</i>	<i>T</i>	<i>Kp</i>	<i>Ti</i>	<i>Td</i>
30 cm – 70 cm	4	14	4,2	8 s	2 s

Parameter K_p , T_i , T_d hasil *tunning* Ziegler Nichols pada tabung 2 selanjutnya diuji pada *setpoint* 30 cm – 70 cm untuk mengetahui apakah sistem sudah mendapatkan respon yang stabil dan apabila ada hasil yang belum stabil maka harus dilakukan *fine-tunning* sampai mendapatkan respon yang stabil. berikut hasil grafik yang didapatkan.

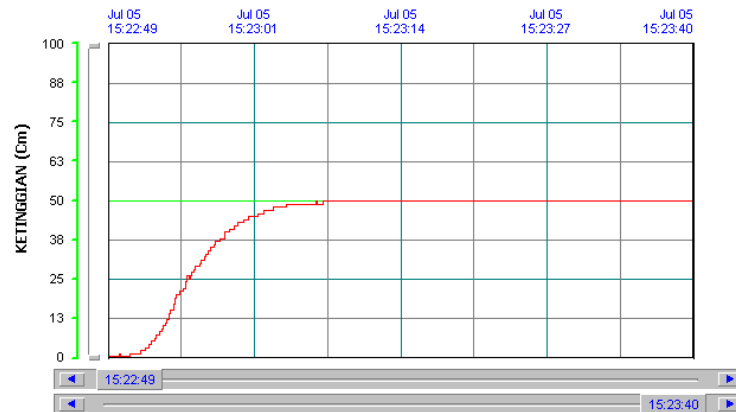


Gambar 11 Grafik parameter Ziegler Nichols pada *setpoint* 50 cm tabung 2

Tabel 9 Parameter *fine-tunning* PID tabung 2

<i>Setpoint (Cm)</i>	<i>Kp</i>	<i>Ti</i>	<i>Td</i>
30 cm – 70 cm	4,7	6,5 s	1 s

Parameter K_p , T_i , T_d hasil *tunning* lanjutan dari parameter *tunning* Ziegler Nichols pada tabung 2 selanjutnya diuji kembali pada *setpoint* 30 cm – 70 cm untuk mengetahui apakah sistem sudah mendapatkan respon yang stabil dari sebelumnya.

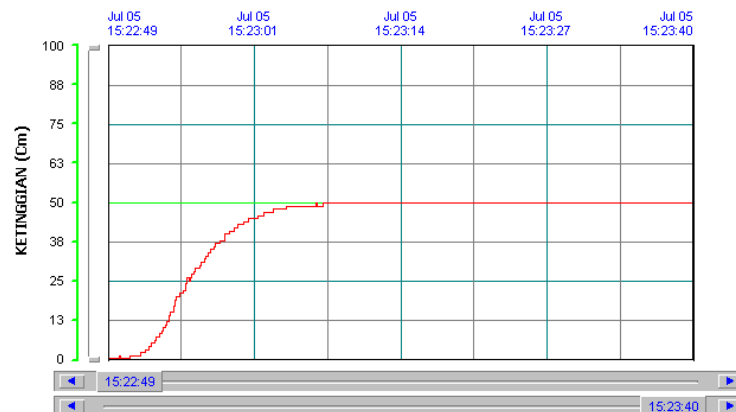


Gambar 12 Grafik parameter *tunning* setpoint 50 cm tabung 2

Tabel 9 Parameter *fine-tunning* PID tabung 2

Setpoint (Cm)	Kp	Ti	Td
30 cm – 70 cm	4,7	6,5 s	1 s

Parameter Kp, Ti, Td hasil *tunning* lanjutan dari parameter *tunning* Ziegler Nichols pada tabung 2 selanjutnya diuji kembali pada *setpoint* 30 cm – 70 cm untuk mengetahui apakah sistem sudah mendapatkan respon yang stabil dari sebelumnya.



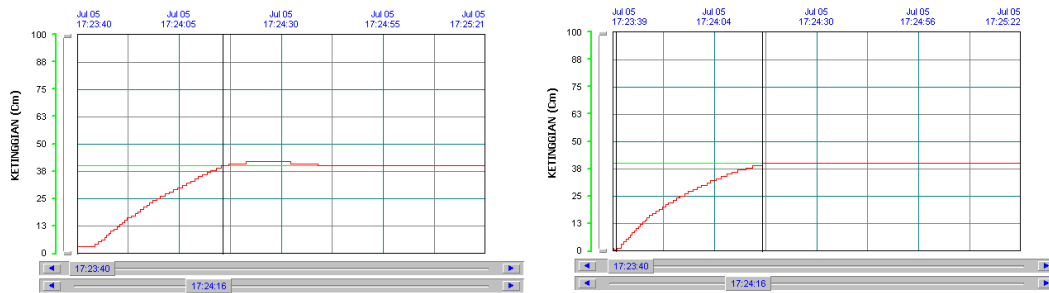
Gambar 13 Grafik parameter *tunning* setpoint 50 cm tabung 2

Tabel 10 Respons PID tabung 2

Setpoint (Cm)	Maksimum Overshoot	Rise Time	Settling Time	Error Steady State
30	6,6 %	7 s	37 s	0 %
40	1,25 %	12 s	20 s	0 %
50	0 %	18 s	18 s	0 %
60	0 %	16 s	16 s	0 %
70	1,4 %	15 s	24 s	0 %

Berdasarkan hasil 5 kali pengujian dan mengamati respon yang diperoleh untuk tabung 2 sudah cukup stabil dengan steady state disemua *setpoint* dan untuk *overshoot* sudah cukup baik di bawah 10 % dan ada juga yang sudah mendekekat 0 atau sama dengan 0 yaitu pada *setpoint* 50 cm dan 60 cm [17].

3.4.3. Pengujian Dua Tabung Paralel Independen



Gambar 14 Grafik dua tabung simultan *setpoint* 40 cm dan 40 cm

Tabel 11 Hasil yang dicapai kedua tabung

<i>Setpoint (cm)</i>	<i>Rise Time Tabung 1</i>	<i>Rise Time Tabung 2</i>
30 cm	29 s	29 s
40 cm	36 s	36 s
50 cm	47 s	47 s

Pada pengujian pada semua *setpoint* kedua tabung sudah mencapai *setpoint* dengan waktu yang sama, dalam pengaturannya untuk tabung 2 frekuensi motornya lebih kecil dibanding tabung 2

4. KESIMPULAN

Plant DCS Labvolt Festo dengan kontroler PLC Siemens S7-1200 dapat diintegrasikan dengan baik dengan aplikasi Wonderware InTouch menggunakan aplikasi OPC KEPServerEX. Sedangkan dari hasil pengujian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Akurasi pada sensor yang digunakan sangat baik dikarenakan kedua sensor tersebut memiliki akurasi diatas 95%.
- 2) Presisi pada sensor yang digunakan sangat baik dikarenakan kedua sensor tersebut memiliki deviasi di bawah 0,5.
- 3) Parameter PID tabung 1 yaitu $K_p=12,24$, $T_i=10$ s, $T_d=2,5$ s dan untuk tabung 2 yaitu $K_p=4,7$, $T_i=6,5$ s, $T_d=1$ s, untuk respon yang didapat kedua tabung responnya sudah cukup stabil dengan *overshoot* di bawah 10 % dan sudah *steady state*.

5. REFERENSI

- [1] N. Maisarah Mohd Sobran, M. Mohd Salmi, M. Bazli Bahar, M. Nazri Othman, and S. Halma Johari, "Fuzzy Takagi-Sugeno Method in Microkontroller Based Water Tank System," *IAES Int. J. Robot. Autom. IJRA*, vol. 7, no. 1, p. 1, Mar. 2018, doi: 10.11591/ijra.v7i1.pp1-7.
- [2] T. W. O. Putri, M. I. Mowaviq, and I. Hajar, "Rancang Bangun Sistem Kendali Level Air Berbasis Programmable Logic Kontroller dan Human Machine Interface," *KILAT*, vol. 10, no. 2, pp. 272–279, Oct. 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i2.1315.
- [3] S. A. Simanullang and P. S. Rudati, "Sistem PID Pengendali Level Ketinggian Air Berbasis Modbus/TCP - LCU dan Industrial Field Kontrol Node - RTU," *Ind. Res. Workshop Natl. Semin.*, 2017, doi: <https://doi.org/10.35313/irwns.v8i3.780>.
- [4] A. A. Poetra, R. Nandika, and T. K. Wijaya, "PROTOTIPE SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR PADA TANGKI BERBASIS INTERNET OF THINGS," *SIGMA Tek.*, vol. 6, no. 1, pp. 097–108, Jun. 2023, doi: 10.33373/sigmateknika.v6i1.5148.

- [5] Professor, Department of Electrical Engineering, Government Polytechnic, Nanded, India. *et al.*, "Automatic Water Tank Filling System with Water Level Indicator," *Indian J. Microprocess. Mikrokontroller*, vol. 1, no. 2, pp. 1–7, Sep. 2021, doi: 10.54105/ijmm.B1711.091221.
- [6] A. Murdiyanto and D. Supriadi, "PERANCANGAN PENGEMBANGAN PID KONTROL PADA MONITORING PENGENDALIAN KETINGGIAN AIR BERBASIS PLC CP1E-NA20DR-A," *TEDC*, vol. 15, no. 3, 2021.
- [7] A. Budiarto, Ridwan, and R. A. Akbar, "Kontrol System Strategy for Ring Thrower Robot Based on PID-CSA for ABU Robocon 2023," vol. 08, no. 01, 2024.
- [8] H. Kala, D. Deepakraj, P. Gopalakrishnan, P. Vengadesan, and M. K. Iyyar, "Performance Evaluation of Fuzzy Logic and PID Kontroller for Liquid Level Process," *Int. J. Innov. Res. Electr. Electron. Instrum. KONTROL Eng.*, vol. 2, no. 3.
- [9] I. Febriana, "IMPLEMENTASI KONTROLER FUZZY TAKAGI SUGENO UNTUK KESTABILAN ROTARY INVERTED PENDULUM".
- [10] S. W. Jadmiko, S. Yahya, S. Sudrajat, and F. Azizah, "Komparasi Kinerja Kendali PID dan Logika Fuzzy pada Simulator *Plant Orde Dua*," *JTERA J. Teknol. Rekayasa*, vol. 5, no. 2, p. 237, Dec. 2020, doi: 10.31544/jtera.v5.i2.2020.237-246.
- [11] A. Setiawan and A. Ma'arif, "Stirring System Design for Automatic Coffee Maker Using OMRON PLC and PID Kontrol," *Int. J. Robot. Kontrol Syst.*, vol. 1, no. 3, pp. 390–401, Oct. 2021, doi: 10.31763/ijrcs.v1i3.457.
- [12] M. R. Chairurrafi, H. Fitriyah, and B. H. Prasetyo, "Sistem Kendali Level dan Suhu Air pada Hidroponik menggunakan Sensor Ultrasonik, Sensor Suhu, dan Arduino dengan Metode Regresi Linier," *J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 301–311, 2022.
- [13] M. A. Maricar, "Analisis Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ," *J. Sist. DAN Inform.*, vol. 13, no. 2, pp. 36–45, 2019.
- [14] F. N. Iksan and G. Tjahjadi, "PERANCANGAN STOP KONTAK PENGENDALI ENERGI LISTRIK DENGAN SISTEM KEAMANAN HUBUNG SINGKAT DAN FITUR NOTIFIKASI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)," *J. ELEKTRO*, vol. 11, no. 2, pp. 83–92, 2018.
- [15] R. Muhandian, "Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroller PID dan Antarmuka Visual Basic," *J. Tek. ELEKTRO DAN VOKASIONAL*, vol. 6, no. 1, pp. 328–339, 2020.
- [16] K. Ogata, *Modern Kontrol Engineering*.
- [17] M. D. I. Putri, A. Ma'arif, and R. D. Puriyanto, "PENGENDALI KECEPATAN SUDUT MOTOR DC MENGGUNAKAN KONTROL PID DAN TUNING ZIEGLER NICHOLS," *TECHNO*, vol. 23, no. 1, pp. 9–17, 2022.