

SISTEM PENGENDALIAN KETINGGIAN AIR DENGAN METODE PID BERBASIS PLC SIEMENS S7-1200

Silawardono¹⁾, Hatib Setiana²⁾, Zagas Ferdyan³⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
E-mail: hatib.setiana@elektro.pnj.ac.id

Abstract

This research aims to design and implement a Siemens S7-1200 Programmable Logic Controller (PLC) based water level control system using the PID (Proportional Integral Derivative) control method with autotuning. The system is designed to automatically adjust the water level in the tank with high precision, using an ultrasonic sensor for height measurement and a water pump controlled by an inverter for water level adjustment. Test results show that the system is able to maintain stability and accuracy in achieving the specified setpoint, with a low error rate. An error of 4% was recorded at most setpoints, while at certain setpoints, such as 16 cm, no error was found. This shows that the designed control system has successfully met the main objective of controlling the water level efficiently and reliably.

Keywords: *Water Level Control, PLC, PID, Autotuning, Ultrasonic Sensor, Water Pump*

PENDAHULUAN

Pengendalian ketinggian air adalah aspek penting dalam industri, terutama dalam pengisian tangki dan pengolahan air. Sistem kontrol yang akurat dan stabil mencegah kelebihan atau kekurangan air yang dapat merusak peralatan atau menimbulkan kecelakaan. Berbagai metode kontrol, seperti *on-off*, *linier*, dan PID (*Proportional Integral Derivative*), telah dirancang untuk mengatur ketinggian air dengan presisi, masing-masing memiliki kelebihan dan keterbatasan sesuai kebutuhan industri (Babu dkk., 2020).

Kontrol PID populer di industri karena keandalannya, kemudahan penyesuaian, dan efektivitasnya dalam berbagai aplikasi (Garrido dkk., 2021). Penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC) menambah fleksibilitas, memungkinkan integrasi dengan sensor dan aktuator, seperti sensor ultrasonik untuk pengukuran dan pompa air untuk penyesuaian ketinggian.

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan *program* PLC untuk sistem kontrol ketinggian air menggunakan kontrol PID dengan metode *autotuning*. Fokusnya adalah memanfaatkan keunggulan PLC untuk mengendalikan sistem secara otomatis dengan presisi dan stabilitas tinggi, melalui integrasi sensor

ultrasonik dan aktuator dengan algoritma kontrol PID yang disesuaikan otomatis menggunakan metode *autotuning*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun (*design and development*) untuk merancang dan mengimplementasikan *program* PLC dalam sistem pengendalian ketinggian air dengan implementasi kontrol PID.

Perencanaan Sistem

Perencanaan sistem adalah tahap awal yang krusial dalam penelitian ini, bertujuan merancang sistem pengendalian ketinggian air berbasis PLC dengan metode PID. Kontroler PID adalah jenis yang paling umum digunakan. Elemen-elemen kontroler P, I, dan D masing-masing berfungsi untuk mempercepat *respons* sistem, menghilangkan *offset*, dan memberikan perubahan awal yang signifikan (Afwira dkk., 2023).

Persamaan controller PID dalam bentuk Laplace:

$$U(s) = K_p(E(s) + \frac{1}{T_i}E(s) + T_d sE(s)) \quad (1)$$

Dimana:

K_p = penguatan proporsional

T_i = waktu integral

T_d = waktu turunan

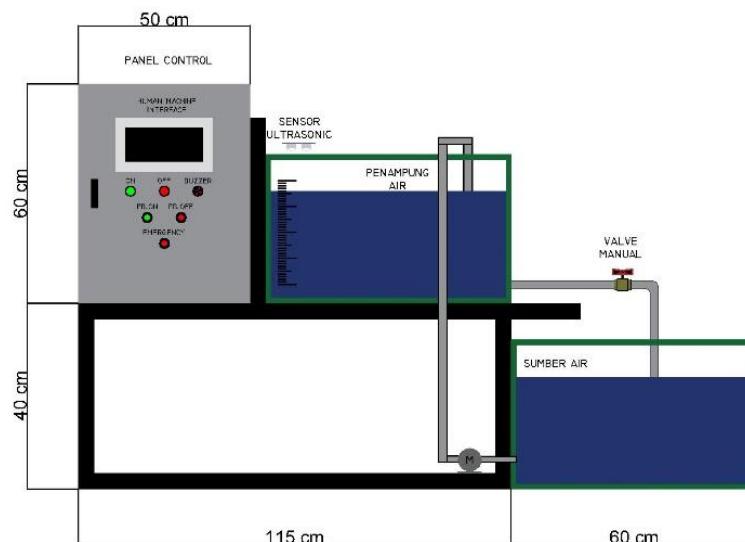
$U(s)$ = Sinyal kontrol

$E(s)$ = Sinyal error

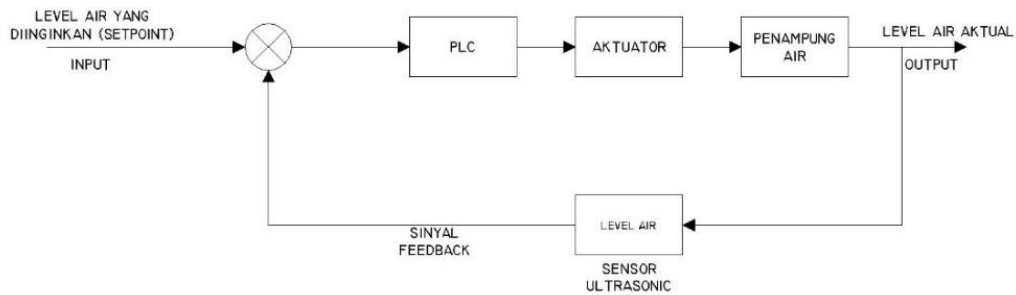
Metode Ziegler-Nichols, diperkenalkan pada tahun 1942, memiliki dua pendekatan: metode osilasi dan kurva reaksi, yang dirancang untuk menghasilkan respons sistem dengan lonjakan maksimum 25%. Metode kurva reaksi, berbasis pada reaksi sistem dalam *loop* terbuka yang diberi sinyal *step function*, menghasilkan kurva berbentuk S jika *plant* tidak memiliki integrator atau *pole* kompleks. Kurva ini memiliki dua konstanta, yaitu waktu mati (L) dan waktu tunda (T), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, namun metode ini kurang efektif untuk *plant* dengan integrator atau pole kompleks (Afwira dkk., 2023).

Komponen yang dipilih, seperti sensor ultrasonik A02YYUW yang dipasang di atas tangki untuk mengukur ketinggian air tanpa kontak langsung (Alikhan & Maghrebi, 2022; Hudati et al., 2021). Sensor ini terhubung ke Arduino, yang mengonversi sinyal menjadi input analog untuk PLC. PLC bertindak sebagai kontrol utama, mengelola input dari sensor dan output ke aktuator (Sartika dkk., 2019).

Aktuator dalam sistem ini adalah pompa air yang dikendalikan oleh inverter untuk mengubah daya arus searah menjadi arus bolak balik sesuai sinyal *output* PID dari PLC (Fikri & Azriyenni, 2019). Pada sistem ini, aktuator yang digunakan adalah pompa air yang dikendalikan oleh inverter. Inverter pada sistem ini berfungsi untuk mengubah daya arus searah menjadi arus bolak balik, frekuensi yang dihasilkan dapat menyesuaikan berdasarkan sinyal *output* PID PLC (Fikri & Azriyenni, 2019). Kemudian, *Human Machine Interface* (HMI) digunakan sebagai antarmuka antara pengguna dan sistem, memungkinkan interaksi dan pemantauan real-time ketinggian air (Rahadian & Heryanto, 2020). Gambar 1 memperlihatkan Desain Sistem Plant, yang menggambarkan tata letak dan komponen utama seperti tangki, sensor ultrasonik, dan pompa air dalam sistem kontrol ketinggian air. Sementara itu, Gambar 2 menyajikan Diagram Blok Sistem, yang menunjukkan alur sinyal dan interaksi antar komponen dalam keseluruhan sistem.

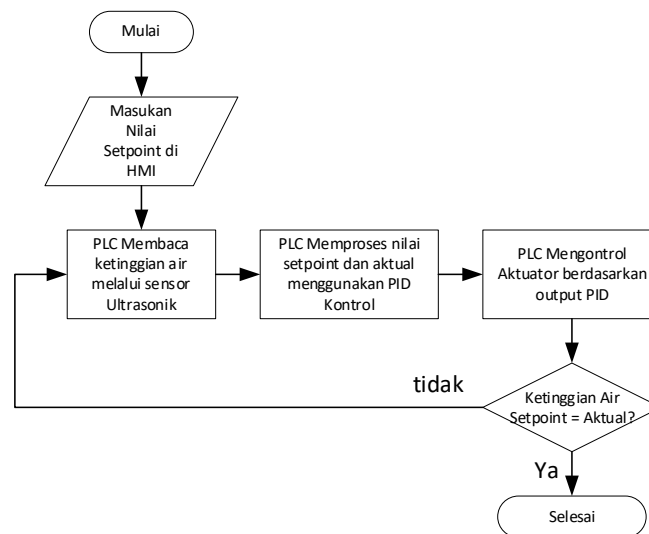


Gambar 1. Desain Sistem *Plant*



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Gambar 3 menunjukkan flowchart sistem pengendalian ketinggian air dengan metode PID berbasis PLC. Proses dimulai dengan pengguna memasukkan nilai setpoint melalui HMI (0-25 cm). PLC membaca ketinggian aktual dari sensor ultrasonik, membandingkan dengan setpoint, dan menghitung error dengan kontrol PID. Berdasarkan hasil PID, PLC mengirimkan sinyal kontrol ke pompa air untuk menyesuaikan ketinggian. Sistem terus berulang hingga ketinggian sesuai dengan target.



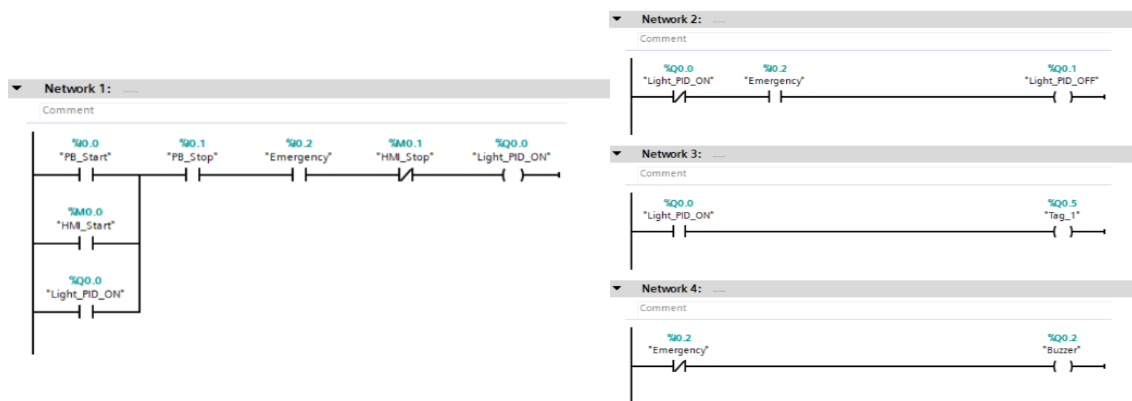
Gambar 3. Flowchart Sistem Water Level Control

Program PLC dan Kontrol PID

Program PLC adalah inti dari sistem kontrol dalam proses pengendalian ketinggian air. Program ini terdiri dari beberapa bagian yang saling terintegrasi, termasuk *main program* PLC dan implementasi kontrol PID. *Main program* PLC berfungsi untuk menjalankan sistem dengan mengolah data *analog input* dan *analog*

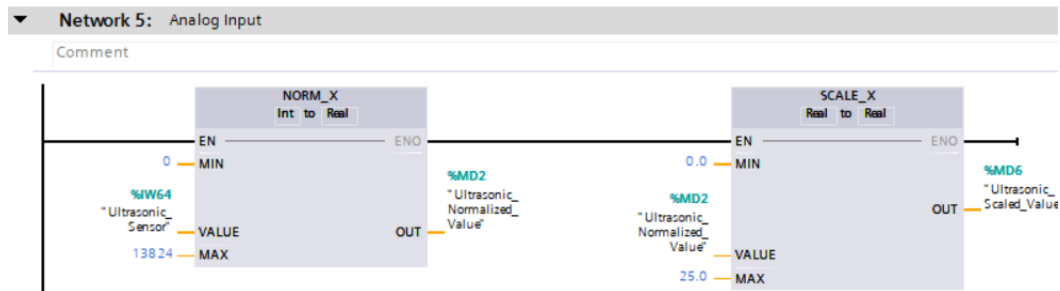
output. Sedangkan implementasi kontrol PID berperan penting dalam mengoptimalkan proses kontrol ketinggian air dan menjaga kestabilan sistem.

Pada bagian awal *main program* PLC, terdapat fungsi *start*, *stop*, dan *emergency*. Fungsi *start* dan *stop* adalah menjalankan dan menghentikan sistem, sedangkan *emergency stop* dirancang untuk memutuskan operasi sistem secara aman dalam situasi darurat. Gambar 4 menunjukkan *program start*, *stop*, dan *emergency stop* dalam *main program* PLC.



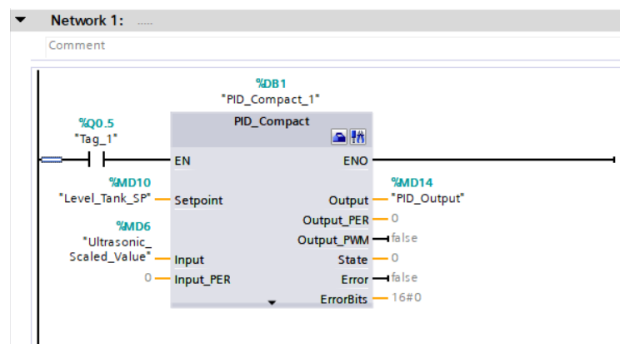
Gambar 4. *Main Program* PLC

Pada *main program* PLC juga terdapat proses *scaling* sinyal *analog input* dan *analog output* untuk menyesuaikan sinyal *analog* antara *controller* dengan sensor dan inverter. Sinyal *analog* dari arduino uno memiliki *range* 0-5volt atau dalam bilangan *integer* adalah 0-13824 (Nurfauziah dkk., 2023). Sinyal *analog* dari arduino disesuaikan dengan rentang *analog input* PLC Siemens S7-1200 yaitu 0-10volt atau dalam bilangan *integer* adalah 0-27648 (Salkić dkk., 2022). Sedangkan *analog output* PLC memiliki *range* 0-20mA atau dalam bilangan *integer* adalah 0-27648 (Salkić dkk., 2022). *Scaling analog output* menyesuaikan rentang 0-20mA PLC (0-27648) dengan kebutuhan inverter merk LS ic5 type sv008ic5-1 yaitu 4-20mA (5530-27648) (Alikhan & Maghrebi, 2022). Gambar 5 menunjukkan *program scaling analog input* dan *analog output* PLC.



Gambar 5. *Scaling Analog Input dan Analog Output PLC*

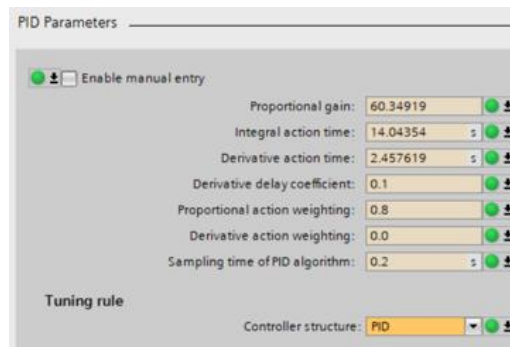
Implementasi kontrol PID pada sistem ini bertujuan untuk mengatur ketinggian air dalam tangki dengan presisi menggunakan PLC Siemens S7-1200. Kontrol PID mengoptimalkan respons sistem dengan parameter Proportional, Integral, dan Derivative. Gambar 6 menunjukkan program kontrol PID yang mencakup: a) Setpoint: Nilai diatur melalui HMI untuk menentukan ketinggian air yang diinginkan. b) Input: Sinyal dari sensor ultrasonik diolah oleh Arduino dan disesuaikan dengan rentang PLC. c) Output: Output PID mengatur pompa air dengan scaling agar inverter dapat mengontrol kecepatan motor pompa dengan akurat.



Gambar 6. *Program Kontrol PID*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 7 menunjukkan nilai-nilai parameter PID yang dihasilkan dari proses pengujian *autotuning* untuk sistem pengendalian ketinggian air. Pengujian dilakukan pada *setpoint* 12 cm dengan tinggi tangki 25 cm



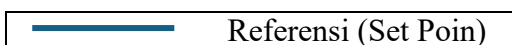
Gambar 7. Hasil Nilai PID *Autotuning*



Pengujian PID dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengendalian ketinggian air. Hasil pengujian, yang ditampilkan pada Tabel 1, menunjukkan bahwa *error* sebesar 4% terjadi pada sebagian besar *setpoint*, baik pada *setpoint* rendah (4 cm dan 5 cm), sedang (8 cm dan 9 cm), maupun tinggi (12 cm, 13 cm, 20 cm, dan 21 cm). Namun, pada *setpoint* 16 cm, sistem berhasil mencapai ketinggian yang diinginkan tanpa kesalahan.

Tabel 1
Hasil Pengujian

NO	Nilai <i>Setpoint</i>	Nilai Aktual	Grafik Respon	Error
1.	4 cm	5 cm		4%
2.	8 cm	9 cm		4%
3.	12 cm	13 cm		4%
4.	16 cm	16 cm		0%
5.	20 cm	21 cm		4%

Keterangan Grafik:



	Respon
	Sinyal Kontrol PID

Secara keseluruhan, sistem pengendalian ketinggian air menggunakan metode PID menunjukkan kinerja yang stabil dan akurat dengan kesalahan yang kecil, kecuali pada satu *setpoint* di mana tidak ada kesalahan yang tercatat.

SIMPULAN

Sistem pengendalian ketinggian air menggunakan metode PID yang diterapkan pada PLC Siemens S7-1200 menunjukkan kinerja yang stabil dan akurat dalam menyesuaikan ketinggian air pada berbagai *setpoint*. Pengujian menunjukkan bahwa kesalahan yang terjadi relatif kecil, dengan kesalahan sebesar 4% pada sebagian besar *setpoint*, sementara pada *setpoint* tertentu seperti 16 cm, tidak ditemukan adanya kesalahan. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan dan presisi yang tinggi dalam pengendalian ketinggian air, sesuai dengan target yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrawira, R., Gumilang, R. F., Amalia, S., & Bandri, S. (2023). Analisa Perbandingan Pengendali PID pada Motor DC Menggunakan Metode Ziegler-Nichols dan Trial and Error. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 5(3), 210–218.
- Alikhan, A. H., & Maghrebi, M. J. (2022). Experimental investigation on frequency pulsation effects on a single pass plate heat exchanger performance. *Heat Transfer*, 51(3), 2688–2701.
- Babu, A. R., Kibreab, S., & Mehari, S. (2020). Experimental studies on step response of water level control system with P, PI and PID control mechanisms. *Int. Res. J. Eng. Technol. (IRJET)*, 7(10), 1504–1509.
- Fikri, T. A., & Azriyenni, A. (2019). Analisis Ekonomis Penggunaan Variable Speed Drive Sebagai Pengendali Motor induksi Tiga Fasa. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 8, 1–10.
- Garrido, J., Ruz, M. L., Morilla, F., & Vázquez, F. (2021). Iterative method for tuning multiloop PID controllers based on single loop robustness specifications in the frequency domain. *Processes*, 9(1), 140.
- Hudati, I., Kusuma, D. Y., Permatasari, N. B., & Pebriani, R. R. (2021). Sensor Ultrasonik Waterproof A02YYUW Berbasis Arduino Uno pada Sistem Pengukuran Jarak. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, 2(2).
- Nurfauziah, A., Nurhaji, S., & Budiawan, J. M. U. (2023). Sistem Rangkaian Kontrol

- Bergantian Pada Motor 3 Phasa Menggunakan PLC Siemens S7 1200. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 15(01), 33–39.
- Rahadian, H., & Heryanto, M. A. (2020). Pengembangan human machine interface (hmi) pada simulator sortir bola sebagai media pembelajaran otomasi industri. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 84–91.
- Salkić, A., Muhović, H., & Jokić, D. (2022). Siemens S7-1200 PLC DC Motor control capabilities. *IFAC-PapersOnLine*, 55(4), 103–108.
- Sartika, E. M., Sarjono, T. R., & Saputra, D. D. (2019). Prediction of PID control model on PLC. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 17(1), 529–536. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v17i1.11589>