

Rancang Bangun Sistem Kendali Level Air Berbasis Programmable Logic Controller dan Human Machine Interface

Tri Wahyu Oktaviana Putri¹; M.Imbarothur Mowaviq²; Ibnu Hajar³

^{1, 2, 3} Institut Teknologi PLN Jakarta

¹ triwahyu@itpln.ac.id

ABSTRACT

Controlling the water level is widely used in various sectors, from households to industry. One application of the need to control the water level is in the boiler of a generator. Various controls on a quantity in the industry of course require a controlling device. Programmable Logic Controller (PLC) The design of the water level control system using a PLC and Human Machine Interface (HMI) uses the main device, namely the FX3U PLC which is equipped with analog inputs, analog outputs, and PWM (Pulse Width Modulation) outputs. The water level is the object to be controlled. The water supply is regulated by a DC water pump consisting of an inlet pump and an outlet pump. As for the water level sensor, the ultrasonic sensor HC-SR04 is used. To facilitate the operation of the PLC, the PLC can be combined with the HMI which is connected in the network with the PLC. For long-term applications, the design of a water level control system based on PLC FX3U and HMI can be used as a learning medium in the classroom in courses related to industrial electronics, PLC, and other subjects. Based on testing using the PID controller in the PLC, the results obtained that the water level can be controlled with an average error of 3%. This value is due to the dynamic behavior of water.

Keywords: Water level, PLC, HMI, PID, Control System

ABSTRAK

Pengendalian ketinggian/ level air banyak dimanfaatkan di berbagai sektor mulai dari rumah tangga hingga industri. Salah satu penerapan perlunya mengendalikan level air adalah pada boiler suatu pembangkit. Berbagai pengendalian terhadap suatu besaran di industri tentu memerlukan perangkat pengendali. Programmable Logic Controller (PLC) Rancang bangun sistem kendali level air dengan menggunakan PLC dan Human Machine Interface (HMI) ini menggunakan perangkat utama yaitu PLC FX3U yang dilengkapi dengan input analog, output analog, dan output PWM (Pulse Width Modulation). Level/ ketinggian air adalah objek yang akan dikendalikan. Suplai air diatur oleh pompa air DC yang terdiri atas pompa inlet dan pompa outlet. Sedangkan untuk sensor ketinggian air menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04. Untuk memudahkan pengoperasian PLC, PLC dapat dikombinasikan dengan HMI yang mana terhubung di dalam jaringan dengan PLC. Untuk aplikasi jangka panjang, rancang bangun sistem kendali level air berbasis PLC FX3U dan HMI dapat difungsikan sebagai media pembelajaran di kelas pada mata kuliah yang berkaitan dengan elektronika industri, PLC, maupun mata kuliah lain. Berdasarkan pengujian dengan menggunakan kontroler PID di dalam PLC, diperoleh hasil bahwa ketinggian air dapat dikendalikan dengan eror rata-rata sebesar 3%. Nilai tersebut disebabkan karena perilaku dinamik air.

Kata Kunci: Level cairan, PLC, HMI, PID, Sistem Kontrol

1. PENDAHULUAN

Ketinggian suatu cairan menjadi perhatian khusus, terlebih pada suatu proses industri. Dalam suatu proses industri, suatu cairan dipertahankan pada ketinggian tertentu agar dapat mencapai syarat volume sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik. Cairan dapat dipertahankan ketinggiannya dengan menambahkan suatu sistem kendali atau sistem kontrol. Sistem kontrol adalah dasar dari banyak penemuan yang memainkan peran penting dalam kemajuan teknologi modern yang semakin berpengaruh di zaman sekarang ini [1]. Salah satu implementasi sistem kendali ketinggian cairan adalah pada boiler suatu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Air yang terdapat di dalam drum harus dipastikan berapa pada rentang ketinggian tertentu. Jika ketinggian air terlalu tinggi atau terlalu rendah, akan sangat mempengaruhi kehandalan dan keamanan boiler [2]. Pengendalian ketinggian air pada boiler tersebut dilakukan dengan menambahkan suatu kontroler untuk memproses sistem kendali loop tertutup, serta dikendalikan pula oleh DCS (Distributed Control System). Peralatan pengendali yang digunakan dapat berupa suatu mikrokontroler maupun PLC (Programmable Logic Controller).

Implementasi pengendalian ketinggian air tidak hanya terdapat pada boiler. Berbagai proses di industri misalnya pada industri cat, makanan, minuman juga memerlukan suatu sistem kendali ketinggian air. Dengan demikian, studi mengenai pengendalian ketinggian cairan sangat penting untuk diberikan pada tingkat perguruan tinggi khususnya di bidang Teknik Elektro. Penelitian mengenai sistem pengukuran ketinggian cairan dalam tangki menggunakan sensor ultrasonik sebelumnya pernah dilakukan pada penelitian [3] yang terbatas hanya pada pengambilan data hasil pengukuran ketinggian air secara real time yang didapat dari alat ukur, yang kemudian datanya dapat secara otomatis dipantau melalui Ms. Excel. Penelitian lain yang juga membahas mengenai kendali level air juga dilakukan oleh [4] yang menghasilkan kendali level air pada drum boiler menggunakan kontroler Fractional Order PID dan DCS. Sedangkan penelitian yang membahas tentang analisis kestabilan dan simulasi dinamik dari kendali level air telah dilakukan pada penelitian [5] yang menghasilkan respon ketinggian air yang stabil dengan pengaturan besar penguatan yang sesuai.

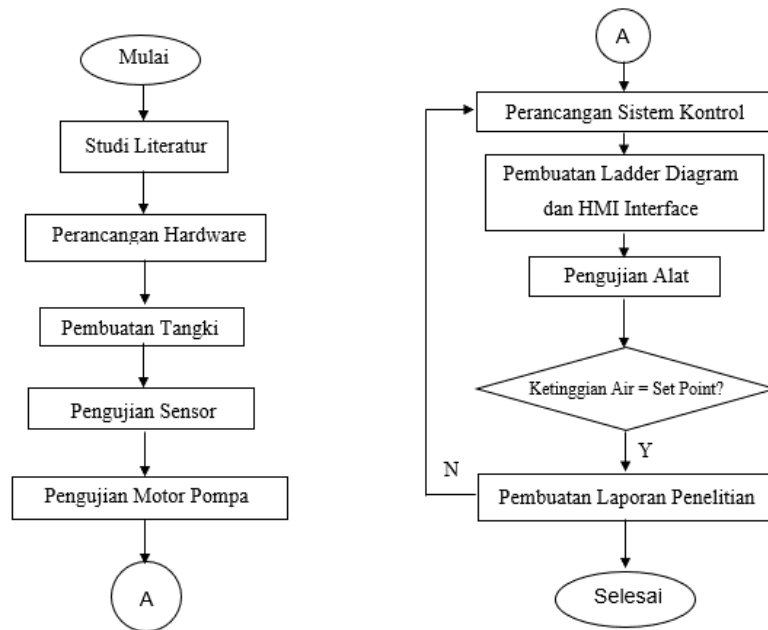
Berdasarkan beberapa penelitian yang relevan di atas, maka dibuatlah penelitian dengan membuat suatu kendali otomatis ketinggian air yang berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Human Machine Interface* (HMI) dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sensor ketinggian cairan dan kontroler PID sebagai sistem kontrol yang digunakan di dalam PLC. Pemilihan PLC sebagai perangkat kendali pada penelitian ini adalah karena PLC merupakan peralatan *user friendly*, berbasis *microprocessor*, yang berisi fungsi kontrol dari berbagai jenis dan level secara kompleksitas [6]. Penelitian ini menambahkan sebuah sistem kendali otomatis yang di dalamnya terdapat pompa isi dan pompa buang sebagai pengendali ketinggian air. Selain mendeteksi ketinggian level air, penelitian ini juga membuat sebuah kendali otomatis dimana pompa air akan bekerja sesuai dengan level air yang telah ditentukan.

Penelitian terkait kendali ketinggian cairan menggunakan PLC juga dilakukan oleh [7], hanya saja penelitian tersebut menggunakan perangkat kendali berupa PLC Omron Sysmac CP1H tanpa HMI. Tipe PLC yang berbeda tentu memerlukan program dan desain yang berbeda pula. Rancang bangun sistem kendali level air dengan menggunakan PLC dan HMI ini menggunakan perangkat utama yaitu PLC FX3U yang dilengkapi dengan input analog, output analog, dan output PWM (*Pulse Width Modulation*). Level/ ketinggian air adalah objek yang akan dikendalikan. Suplai air diatur oleh pompa air DC yang terdiri atas pompa inlet dan pompa outlet. Sedangkan untuk sensor ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Untuk memudahkan pengoperasian PLC, PLC dapat dikombinasikan dengan HMI yang mana terhubung di dalam jaringan dengan PLC. Untuk aplikasi jangka panjang, rancang bangun sistem kendali level air berbasis PLC FX3U dan HMI dapat

difungsikan sebagai media pembelajaran di kelas pada mata kuliah yang berkaitan dengan elektronika industri, PLC, maupun mata kuliah lain

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

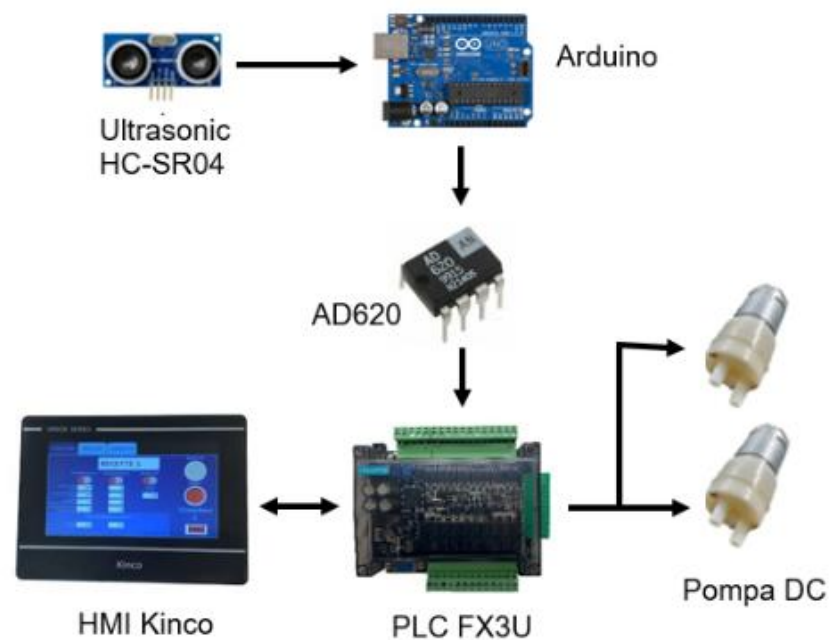


Gambar 1. Flowchart Penelitian

Penelitian diawali dengan studi literatur yang berkaitan dengan tema penelitian. Literatur yang perlu dicari antara lain PLC, HMI, dan Sistem Kendali Level Air. Selain itu, studi literature juga dilakukan dengan memperhatikan penelitian-penelitian sebelumnya yang mendukung dan bersesuaian dengan penelitian ini. Kemudian dilanjutkan dengan perancangan hardware meliputi perancangan tanki air dan peletakan komponen. Selanjutnya adalah pembuatan tanki, pengujian sensor, pengujian motor pompa. Langkah selanjutnya setelah selesai dengan bagian hardware adalah perancangan perangkat lunak yang terdiri atas desain sistem kontrol PID, ladder diagram, dan desain interface HMI. Terakhir adalah pengujian alat secara keseluruhan untuk mengetahui performa kendali ketinggian air.

2.2. Perancangan Penelitian

Secara garis besar skema sistem kendali ketinggian air menggunakan PLC dan HMI terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem secara Umum

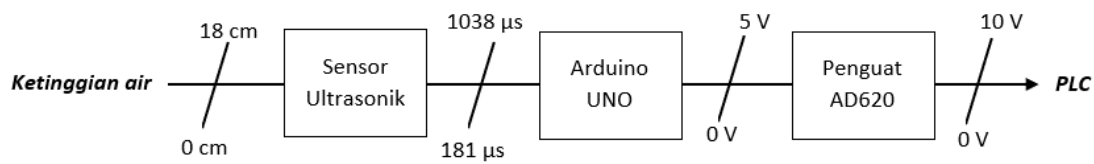
Hardware yang diperlukan adalah sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan sebagai pendeteksi ketinggian air dalam tabung, Arduino yang digunakan sebagai pengolah sinyal dari sensor ultrasonik, AD620 yang merupakan penguat/amplifier untuk menguatkan sinyal keluaran dari Arduino sehingga dapat sesuai dengan range kerja input analog PLC. PLC FX3U merupakan perangkat pemroses pada rancang bangun ini, dimana di dalamnya akan memproses kendali PID. Pompa DC terdiri atas 2 pompa yaitu pompa inlet (air masuk ke dalam tabung air) dan pompa outlet (pompa keluar dari tabung air). Sebagai penunjang bagi sistem kendali ketinggian air dalam tangki, maka digunakan HMI untuk mempermudah penyajian data ketinggian air dan interface antara pengguna dengan alat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Ultrasonik

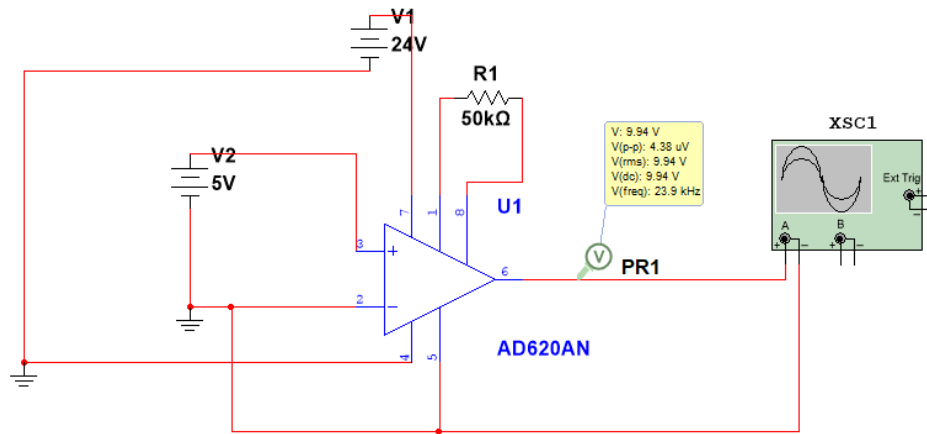
Rangkaian pengkondisi sinyal berkaitan dengan sensor yang digunakan pada alat yang telah dirancang. Sensor sendiri dibagi menjadi 2 yaitu sensor aktif dan sensor pasif. Sensor pasif tidak memerlukan catu daya, sedangkan sensor aktif memerlukan catu daya agar dapat bekerja. Sensor ultrasonik yang digunakan pada penelitian ini adalah salah satu contoh sensor aktif. Pada sensor aktif, rangkaian pengkondisi sinyal berfungsi untuk menyiapkan sinyal agar mudah dimanfaatkan selanjutnya [8].

Desain rangkaian pengkondisi sinyal terdapat pada Gambar 3 berikut. Ketinggian air yang akan diukur adalah 0-18 cm. Dengan rentang ketinggian tersebut, sensor ultrasonik menghasilkan waktu kembali gelombang sebesar 181 – 1038 mikrosekon. Nilai tersebut selanjutnya diolah secara matematis di dalam Arduino untuk menghasilkan sinyal output analog sebesar 0-5V. Karena input analog PLC bekerja pada rentang 0-10V, maka diperlukan penguat AD620 agar rentang tegangannya sesuai.



Gambar 3. Diagram Input Output Rangkaian Pengkondisi Sinyal

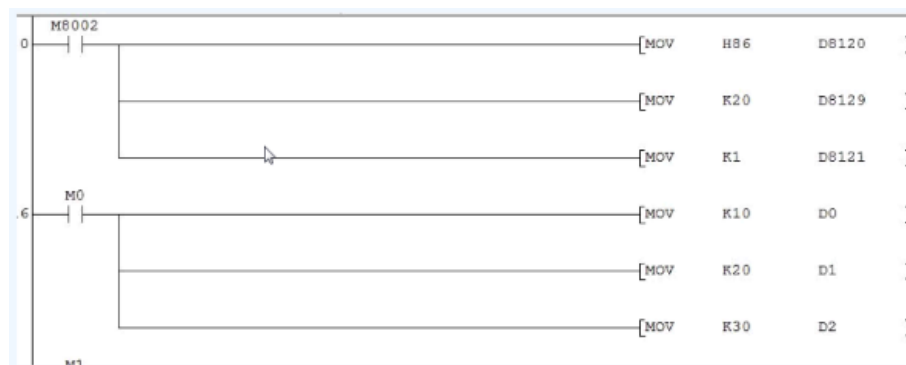
Analisis kinerja AD620 untuk menguatkan sinyal dibuktikan dengan simulasi menggunakan multisim sesuai schematic Gambar 4. Diperoleh hasil bahwa dengan output Arduino sebesar 5V, dapat menghasilkan output AD620 sebesar 10 V.



Gambar 4. Schematic Rangkaian Pengkondisi Sinyal

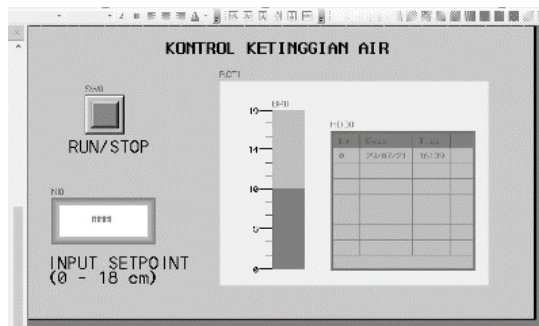
3.2. Ladder Diagram PLC dan Interface HMI

Ladder diagram adalah metode pemrograman yang digunakan pada PLC. Ladder Diagram ini dikembangkan dari kontak – kontak relai yang terstruktur yang menggambarkan aliran arus listrik [9]. Salah satu poin penting dari penggunaan PLC dan HMI adalah setting komunikasi antara kedua perangkat tersebut yang menggunakan RS-485. Dikarenakan pada sistem kendali ketinggian air ini membutuhkan pembacaan data input analog, maka perlu dilakukan penyesuaian pada ladder diagram PLC agar tidak terjadi delay antara PLC FX3U dan HMI Kinco. Gambar 5 merupakan ladder diagram tambahan untuk setting komunikasi RS-485 antara PLC dan HMI.



Gambar 5. Ladder diagram tambahan untuk setting komunikasi RS-485 antara PLC dan HMI

Setelah PLC dan HMI dapat berkomunikasi dengan baik, selanjutnya adalah pembuatan interface atau tampilan dari HMI Kinco. Tampilan yang diinginkan yaitu memiliki tombol input penyalan alat, input nilai set poin, dan bar status dari ketinggian air serta data log ketinggian air. Realisasi interface HMI dapat dilihat pada Gambar 6a dan 6b.



Gambar 6a. Pembuatan Interface HMI

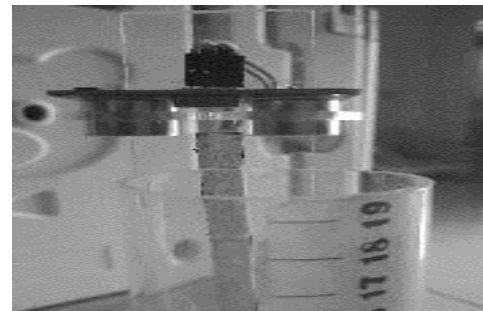


Gambar 6b. Simulasi Interface HMI

3.3. Pengujian



Gambar 7a. Alat keseluruhan



Gambar 7b. Ultrasonik

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan cara memberikan set point sebesar 15cm seperti yang terlihat pada gambar 7a dan 7b yang merupakan hasil akhir dari rancang bangun sistem kendali ketinggian air pada tangka berbasis PLC FX3U dan HMI Kinco. Kemudian diamati pada data logger yang muncul di HMI untuk melihat ketinggian air ketika steady state. Pengujian diulang sebanyak 10 kali. Dari tiap hasil pengujian, dihitung eror steady statenya kemudian dihitung rata-rata eror steady state dari semua pengujian tersebut. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1. Parameter PID yang digunakan untuk pengujian tersebut adalah $K_p=2$; $K_i=20$; $K_d=1$ yang diperoleh dari trial and error. Berdasarkan pengujian dengan menggunakan kontroler PID di dalam PLC, diperoleh hasil bahwa ketinggian air dapat dikendalikan dengan eror rata-rata sebesar 3%. Nilai tersebut disebabkan karena perilaku dinamik air yang selalu bergerak atau yang dikenal sebagai hidrodinamika air

Tabel 1. Hasil Pengujian Analisis Error Steady State Output Ketinggian Air dengan Setpoint 15cm

Pengujian ke	Setpoint (cm)	Output (cm)	% error
1	15	14,5	3,3%
2	15	14,6	2,7%
3	15	15,4	2,7%

4	15	15,3	2,0%
5	15	15,2	1,3%
6	15	15,8	5,3%
7	15	14,7	2,0%
8	15	14,3	4,7%
9	15	15,2	1,3%
10	15	14,3	4,7%
Rata-rata			3,0%

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Rancang bangun sistem kendali level air dengan menggunakan PLC dan HMI ini menggunakan perangkat utama yaitu PLC FX3U yang dilengkapi dengan input analog, output analog, dan output PWM. Level/ ketinggian air adalah objek yang akan dikendalikan. Suplai air diatur oleh pompa air DC yang terdiri atas pompa inlet dan pompa outlet. Sedangkan untuk sensor ketinggian air menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04. Untuk memudahkan pengoperasian PLC, PLC dapat dikombinasikan dengan HMI yang mana terhubung di dalam jaringan dengan PLC. Untuk aplikasi jangka panjang, rancang bangun sistem kendali level air berbasis PLC FX3U dan HMI dapat difungsikan sebagai media pembelajaran di kelas pada mata kuliah yang berkaitan dengan elektronika industri, PLC, maupun mata kuliah lain. Berdasarkan pengujian dengan menggunakan kontroler PID di dalam PLC, diperoleh hasil bahwa ketinggian air dapat dikendalikan dengan eror rata-rata sebesar 3%. Nilai tersebut disebabkan karena perilaku dinamik air yang selalu bergerak.

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah penambahan tampilan atau fungsi HMI sehingga dapat menyajikan banyak data tidak hanya data ketinggian air saja, tetapi juga PWM dari kedua motor pompa DC yang digunakan. Data tersebut dapat dianalisis sebagai sinyal kontrol sistem kendali ketinggian air.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM IT-PLN dan Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan (FKET) IT-PLN atas dukungan baik moril maupun materiil sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. N. S. Salim and Z. Maslan, *Control Systems Engineering*. 2010.
- [2] Y. Qiliang, X. Jianchun, and W. Ping, "Water level control of boiler drum using one IEC61131-3-based DCS," *Proc. 26th Chinese Control Conf. CCC 2007*, no. July, pp. 252–255, 2007, doi: 10.1109/CHICC.2006.4347120.
- [3] D. Handoyo, "SISTEM PENGUKURAN KONTUR PERMUKAAN CAIRAN DALAM TANGKI DINAMIK MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 SECARA REAL-TIME SEBAGAI INOVASI PERHITUNGAN VOLUME," Institut Teknologi Bandung, 2019.
- [4] B. Mowafy, "Boiler Drum Level Control using FOPID Controller with DCS SW Application," no. October, 2019.
- [5] Y. D. Hermawan, R. Reningtyas, S. D. Kholisoh, and T. M. Setyoningrum, "Design of Level Control in A 10 L Pure Capacitive Tank: Stability Analysis and Dynamic Simulation," *Int. J. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 1, pp. 10–16, 2016, doi: 10.12777/ijse.10.1.

- [6] D. Yuhendri, “Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Automatis,” *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 121–127, 2018.
- [7] A. Supriatna, M. A. Murti, and A. Rusdinar, “Perancangan Dan Implementasi Kontrol Level Air Pada Tangki Berbasis PLC,” *Tek. Telekomun. Fak. Tek. Elektro, Univ. Telkom*, pp. 1–6, 2010.
- [8] J. S. Brojonegoro and B. Lampung, “Analisis Rangkaian Pengkondisi Sinyal Tahap Awal Pada Sensor Pasif : Studi Kasus Untuk,” *J. Sains Teknol.*, vol. 11, no. 3, pp. 182–186, 2005.
- [9] I. Chaerunnisa, S. B. Mulia, and M. Eriyadi, “2018-Co-AplikasiPLC-Elektra,” *J. Elektra*, vol. 3, no. 2, pp. 61–68, 2018, [Online]. Available: <https://pei.e-journal.id/jea/article/download/56/49/>.