

## Penggunaan PLC dan HMI dalam Simulasi Kendali Ketinggian Air

Ibnu Hajar<sup>1</sup>, Dhami Johar Damiri<sup>2</sup>, Meyharth Torsna Bangkit Sitorus<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN  
e-mail: [ibnu.hajar@itpln.ac.id](mailto:ibnu.hajar@itpln.ac.id)

### **Abstract**

*Water level control is applicated in many at several industrial processing such as water dam, petrochemical proses plant, pharmacy and food processing, overhead tank, waste processing, electricity plant, etc. This research analyse simulation and a needed components for automatically level control system implementation using programmable logic controller (PLC). Water level control using PLC is designed to control water level and prevent waste the water from a tank. PLC is one of devices of automated controller which mostly used. Use of PLCs in industries are indispensable to control parameters which required high precision. In this research study water level control system using PLC as primary controller and human machine interface (HMI) as remote controller that could visualise state of a system work (plant) in real time on computer screen and could gather field data as well. Main device for this research is Omron PLC CP2E type and touchscreen HMI Omron. From the result of diagram ladder and HMI design is got the system run well. The application from this research could be learning media in the system control laboratory for the subject of industrial control system and the others, related to it.*

### **Abstrak**

Kendali level air banyak diaplikasikan pada berbagai proses di industri misalnya pada *water dam*, pabrik proses petrokimia, pengolahan farmasi dan makanan, tanki *overhead*, pengolahan limbah, pembangkit listrik dan lain sebagainya. Penelitian ini memberikan suatu analisis simulasi dan komponen yang diperlukan untuk penerapan sistem kontrol level otomatis dengan bantuan *programmable logic controller* (PLC). Pengaturan level air dengan menggunakan PLC adalah dirancang untuk mengontrol level air dan mencegah pemborosan air di dalam tanki. PLC merupakan salah satu perangkat pengendali otomatis yang banyak digunakan. Penggunaan PLC pada industri sangat diperlukan untuk mengendalikan parameter yang memerlukan ketepatan tinggi. Pada penelitian ini membahas sistem kontrol level air dengan menggunakan PLC sebagai pengendali utama dan HMI sebagai pengendali jauh (*remote*) yang dapat memvisualisasikan/menampilkan keadaan kerja sistem/*plant* secara *real time* dilayar komputer dan juga dapat mengumpulkan data lapangan. Perangkat utama yang digunakan adalah PLC Omron tipe CP2E dan HMI Omron *touchscreen*. Dari hasil rancangan diagram ladder dan HMI diperoleh sistem yang berjalan dengan baik. Aplikasi dari penelitian ini dapat menjadi media pembelajaran di laboratorium yang berkaitan dengan mata kuliah sistem kontrol industri dan mata kuliah lain yang terkait.

## 1. PENDAHULUAN

Sistem kontrol level air digunakan untuk mengontrol level dan aliran sistem sirkulasi air untuk berbagai macam proses [1]. Kontrol level cairan sangat penting dalam banyak instalasi produksi tetapi pendekatan klasik sering gagal untuk memastikan kinerja yang diinginkan [2]. Proses ini bisa termasuk bendungan air (*water dam*), pabrik proses petrokimia, pabrik pengolahan air, pabrik pengolahan farmasi dan makanan, tanki overhead, pengolahan limbah, pembangkit listrik tenaga nuklir dan lain sebagainya [3, 4, 5].

Untuk memastikan keamanan dalam produksi dan kualitas produk, kontrol level cairan secara efektif dan tepat waktu diperlukan mengontrol level cairan melalui saklar/katup level cairan tetap. Ketika level cairan mencapai level tertentu, saklar/katup secara otomatis tertutup atau terputus (*disconnected*) untuk mengontrol level cairan [6].

Kontrol level adalah jenis metode kontrol yang umum dalam sistem proses. Hal itu harus dikontrol oleh *controller* yang tepat [5]. Perangkat yang melakukan Tindakan pengontrolan adalah valve yang dipasang pada *controller* yang tujuan utamanya mempertahankan level *set point* yang diinginkan dan dapat menerima nilai *set point* baru secara dinamis yang diinginkan oleh *control engineer* [3, 5].

Kontrol level air merupakan peralatan yang digunakan untuk mengontrol level air di suatu tempat/wadah. Level air dikontrol dengan menggunakan berbagai komponen seperti *programmable logic controller (PLC)*, sensor, motor, dan valve. Sensor merasakan keberadaan air dan memberikan indikasi ke PLC. PLC menghasilkan sinyal kontrol untuk menjalankan motor. Jika ada tempat yang tidak berisi air PLC memberikan sinyal untuk menjalankan motor dan jika cukup air di tempat/wadah PLC memberikan sinyal untuk menghentikan motor. PLC juga mencegah <<*dry run*>> pompa jika level di tanki turun di bawah level hisap [6].

*Programmable Logic Controller (PLC)* adalah suatu komputer digital yang digunakan untuk otomatisasi proses elektromekanikal. Itu digunakan untuk mengubah logika relay (*relay logic*) atau logika kabel (*wired logic*) yang digunakan sebelumnya untuk otomatisasi proses industri menjadi logika tangga (*ladder logic*) [6]. Untuk memudahkan operator dan atau control engineer memonitor dan mengontrol level cairan secara *real time* dan *online* digunakan apa yang disebut *Human Machine Interface (HMI)*.

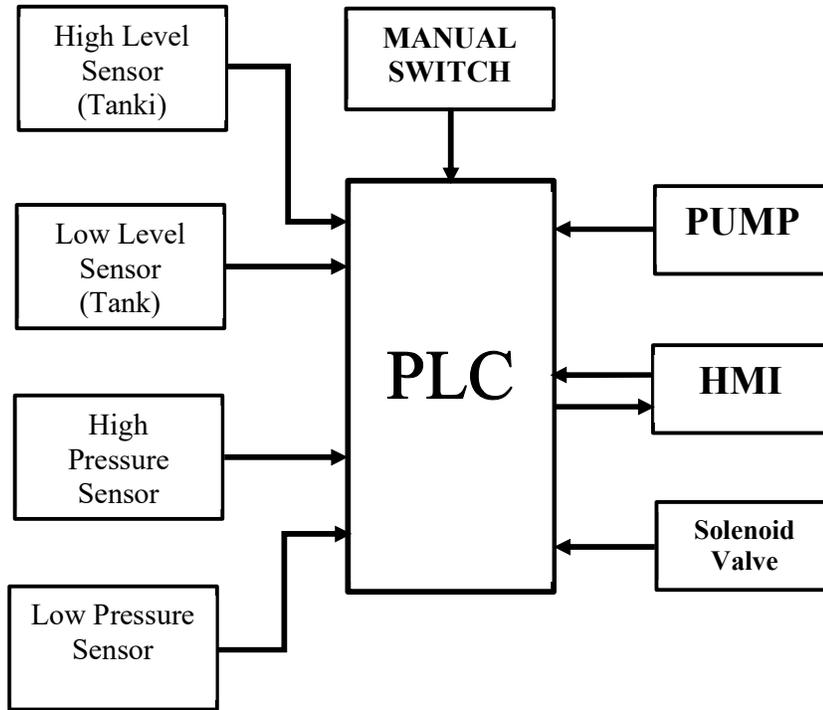
*Human Machine Interface* atau disingkat HMI adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin atau suatu perangkat yang digunakan untuk melakukan interaksi antara operator/control engineer dengan PLC yang bertindak sebagai pengendali langsung dilapangan. Tujuan dari HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan/visualisasi dilayar computer.

Melalui HMI, akan memberikan gambaran kondisi ketinggian level air secara real time dan online, dapat melihat mesin bagian mana yang bekerja, dapat melakukan pengendalian langsung melalui layar computer, dapat menampilkan alarm jika terjadi kondisi bahaya dalam sistem. Dan juga dapat menampilkan data-data rangkuman kerja mesin termasuk secara grafik.

## 2. METODE / PERANCANGAN PENELITIAN

### 3.3 Blok Diagram Sistem

Gambaran sistem penelitian ini, secara umum ditunjukkan dalam Gambar 1 blok diagram berikut:



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Tangki air akan diisi oleh sebuah pompa. Pompa akan secara otomatis menyala ketika level air di dalam tangki air menyentuh level bawah (*Low Level*) dan berhenti ketika level air mencapai level tinggi (*High Level*). Sementara *solenoid valve* bekerja berdasarkan tekanan angin (*air pressure*), ketika tekanan rendah (*low pressure*) sensor mendeteksi tekanan rendah sesuai set point maka kompresor angin akan bekerja dan akan berhenti bila tekanan mencapai tekanan tinggi (*high pressure*). Implementasi sistem dapat dibagi dalam tiga bagian [7, 8]:

1. Penempatan Sensor
2. Pemrograman Ladder
3. Desain Human Machine Interface (HMI)

### 3.4 Penempatan Sensor

Penelitian ini digunakan dua jenis sensor yaitu sensor level dan sensor tekanan. Sensor level dipasang dan digunakan untuk mengukur dan merasakan level keberadaan air pada level yang disyaratkan di dalam tangki, sementara sensor tekanan dipasang dan digunakan untuk mengukur dan merasakan besar tekanan angin pada tekanan yang disyaratkan pada solenoid valve. Sensor level masuk ke modul *input* PLC dan *inlet water valve* dihubungkan ke modul *output* PLC [7, 8]. Demikian pula sensor tekanan masuk ke modul input PLC dan *inlet gas valve* dihubungkan ke modul output PLC.

### 3.5 Pemrograman Ladder

Pemrograman logika tangga (*ladder logic programming*) untuk PLC Omron tipe CP2E dikerjakan dengan menggunakan *software CX Programmer*. CX programmer merupakan jenis perangkat lunak pemrograman yang cocok untuk semua jenis seri PLC Omron. Perangkat lunak

ini terintegrasi secara lengkap ke dalam rangkaian perangkat lunak CX-One. CX programmer juga berisi berbagai macam fitur yang bisa mempercepat pengembangan program PLC pengguna [9].

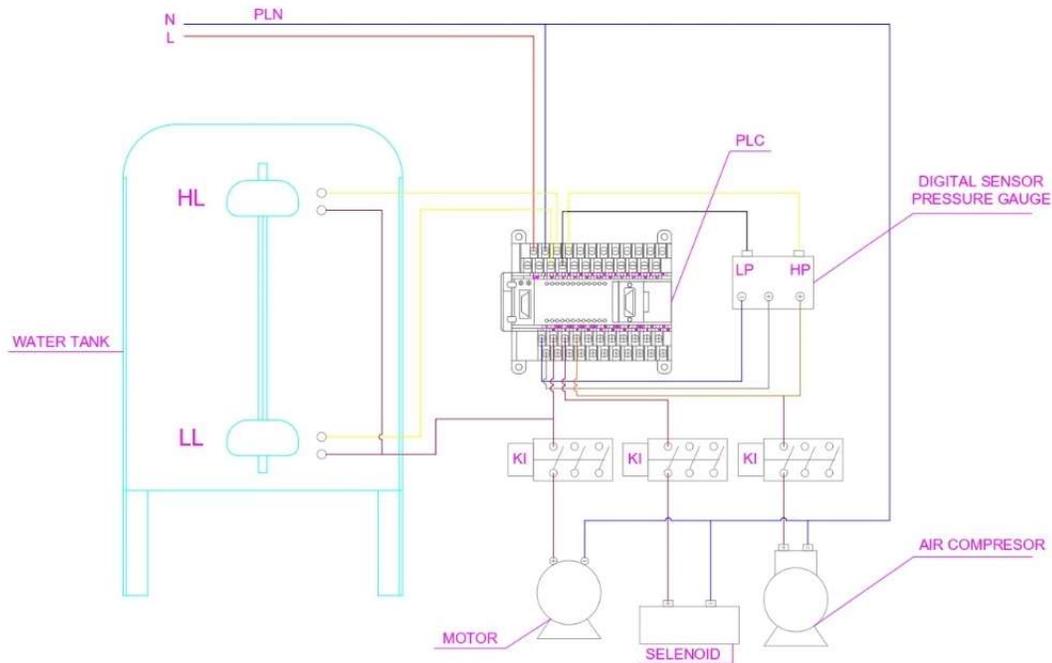
### 3.6 Desain Human Machine Interfase (HMI)

*Human Machine Interface* (HMI) adalah sarana dimana operator atau pengguna (*user*) dapat berkomunikasi dengan sistem. Status sistem dikirim ke operator atau user melalui antar muka pengguna grafis (*graphical user interface – GUI*). Operator atau user dapat berinteraksi dengan sistem dengan mengaktifkan atau menonaktifkan berbagai fungsi dari antar muka (*interface*). Rancangan Human Machine Interface menggunakan *software NB-Desainer* yaitu suatu perangkat lunak pemrograman untuk HMI tipe *NB Product series*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian simulasi sistem kontrol level air dan tekanan menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) dengan pengkawatan yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Pengkawatan Sistem Kontrol Level Air dan Tekanan

Pada Gambar 2 di atas ditunjukkan perangkat keras (*hardware*) yang dibutuhkan dalam simulasi ini yaitu,

1. *Float level sensor*
2. *Digital pressure sensor gauge*
3. *Programmable Logic Controller (PLC)*
4. *Solenoid valve*

5. Motor AC (Pompa Aquarium)
6. *Air Compressor*

#### 1. Float for Water Level Sensor

*Float level sensor* yaitu sensor yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian air yang ditempatkan di dalam tangki air (*water tank*). Prinsip kerja dari *float level sensor* ini adalah bahwa sensor memiliki dua *float* (pelampung) yang kedua-duanya memiliki ruang (*space*) untuk mengapung (*float*) dan ruang tersebut memiliki *space limit* masing-masing untuk mengirim sinyal ke PLC. *Float* bagian bawah memiliki ruang batas bawah (*lower limit space-LL*) dan ruang batas atas (*upper limit space-HL*) untuk *float* bagian atas.



Gambar 3. *Float for Water Level Sensor*

*Float* pertama, *float* bagian bawah yang akan mengirim sinyal ke PLC apabila level air bawah menyentuh atau menekan *float* pada batas ruang (*space limit-LL*) paling bawah yang menandakan bahwa tangki air akan kosong sehingga PLC akan memproses sinyal yang diberikan oleh *float level sensor* untuk menjalankan motor untuk memompa air dari wadah penampung air masuk ke tangki air.

*Float* kedua, *float* bagian atas yang akan bekerja apabila batas *space* paling atas (*upper limit space-HL*) tersentuh karena tekanan air pada *float* ke atas. Pada batas tersebut *float level sensor* mengirim sinyal ke PLC untuk diproses agar mematikan motor untuk memompa air masuk ke dalam tangki air.

#### 2. Digital Pressure Sensor Gauge

*Pressure sensor* ini tidak berhubungan langsung dengan kontrol level ketinggian air, namun memberikan sinyal kepada PLC apabila *solenoid valve* bekerja di bawah tekanan udara tertentu sesuai setting tekanan yang diberikan pada *solenoid valve*. Berdasarkan sinyal sensor tekanan (*pressure sensor*) yang disampaikan kepada PLC maka PLC memberikan perintah kepada kompresor udara (*air compressor*) untuk *switch on* agar *solenoid valve* tetap bekerja pada tekanan tertentu (*setting pressure*).



Gambar 4. Digital Pressure Sensor

### 3. Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable logic controller (PLC) merupakan otak dari pengendali kerja perangkat system. PLC tempat menyimpan program yang telah dibuat oleh programmer berupa *ladder diagram* (diagram tangga). PLC menerjemahkan sinyal-sinyal yang diterima dari sensor-sensor lapangan dan kemudian memberikan kontrol/pengendalian kepada perangkat yang diperintahkan untuk bekerja sesuai dengan setting yang diberikan oleh programmer PLC.

Pada proyek ini, sinyal-sinyal yang diterima oleh PLC adalah berasal dari sensor-sensor level ketinggian air (*float level sensor*) dan sensor tekanan (*digital pressure sensor*) dan memberikan perintah kepada *dc motor*, *air compressor*, dan *solenoid valve* untuk berkerja berdasarkan nilai *setting* yang diinginkan oleh *programmer PLC*.

Jenis PLC yang digunakan untuk simulasi ini adalah PLC merk Omron type CP2E-N30DR-A.



Gambar 5. PLC Omron CP2E-N30DR-A

### 4. Solenoid Valve

Apabila level ketinggian air pada tanki air (*water tank*) mencapai level tertinggi yaitu *float level sensor* bagian atas (*high level - HL*) mendeteksi air menekan *float* (pelampung) menyentuh *upper*

*limit space* maka PLC memproses sinyal tersebut dan mematikan motor dan selanjutnya menyalakan solenoid valve untuk melepaskan/mendorong udara masuk ke actuator sehingga valve membuka dan air di tanki air jatuh ke bak penampung air.

Spesifikasi alat yang digunakan pada simulasi ini adalah airtac valve model 4V210-08 dengan tegangan DC 24 V (range voltage 21,6 – 26,4 V) dan daya 3,0 Watt.



Gambar 6. Airtac Solenoid Valve 4V210-08 dan Actuator

5. Motor AC (Pompa Aquarium)

Motor AC bekerja untuk memompa air masuk ke tanki air apabila *float level sensor* bagian bawah terdorong ke bawah mencapai *lower limit space (LL)* dan akan *switch off* apabila *float level sensor* bagian atas terdorong oleh air menekan *upper limit space (HL)*. Motor DC bekerja berdasarkan sinyal yang diperoleh PLC dari *float level sensor*.

Motor AC yang digunakan adalah pompa jenis aquarium model AA-103 dengan range tegangan 220 – 240 Volt dan daya 18 Watt.



Gambar 7. Mesin pompa aquarium AA-103

### 6. Kompresor Angin

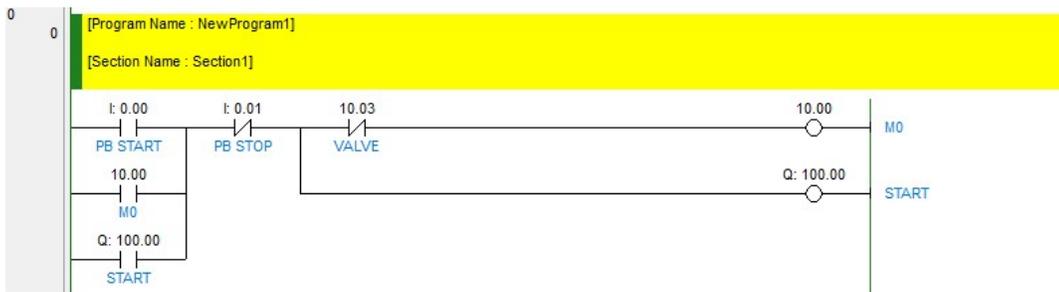
Sama seperti sensor tekanan, compressor udara pada penelitian ini tidak berhubungan langsung dengan pengendalian level ketinggian air, namun compressor digunakan untuk mempertahankan tekanan udara yang ada pada solenoid valve. Mengingat solenoid valve bekerja selama pengosongan air di dalam tanki air sehingga memungkinkan tekanan udara yang ada pada solenoid valve berkurang dari semestinya. Apabila tekanan pada solenoid valve turun dari tekanan settingnya maka PLC memproses sinyal yang dikirim oleh sensor tekanan untuk men-switch on-kan compressor. Spesifikasi compressor yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Artix OA 10-24 silent and oil free, Tegangan 220V, Power 750 W/1,0 HP, Speed 1450 rpm, Tank size 24 L, Pressure 8 Bar, Air flow 56,6 L/mnt.

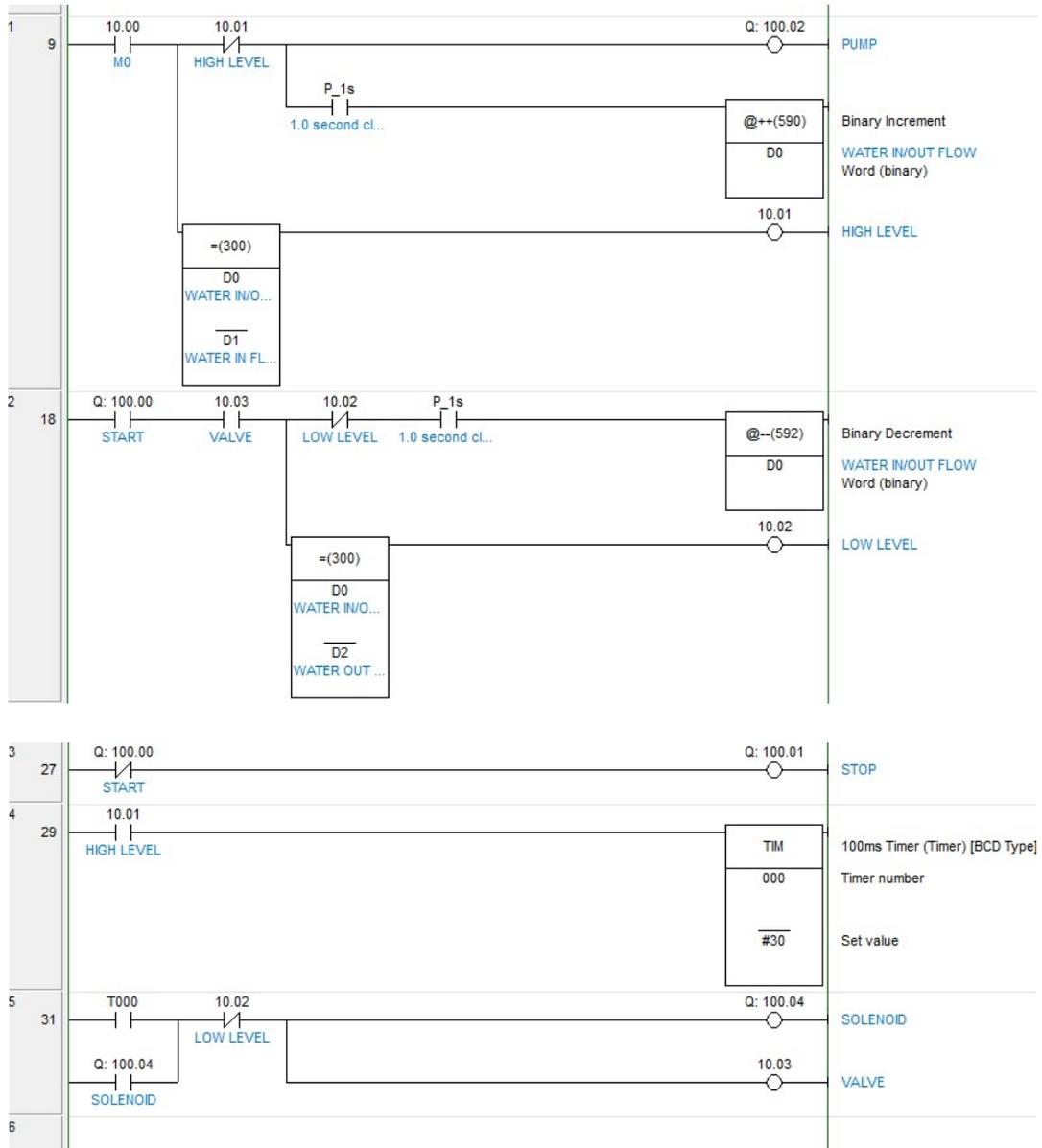


Gambar 8. Kompresor Angin

### 3.2 Ladder Diagram dan HMI PLC

Ladder diagram merupakan salah satu bahasa pemrograman yang digunakan oleh PLC. Ladder diagram menggambarkan aliran arus listrik yang tersusun dari kontak – kontak relay yang terstruktur [10]. Gambar 9 berikut merupakan ladder diagram untuk mengatur ketinggian air kapan harus diisi (pompa menyala) dan kapan harus berhenti agar air dalam tangki tidak meluap keluar dari tangki.

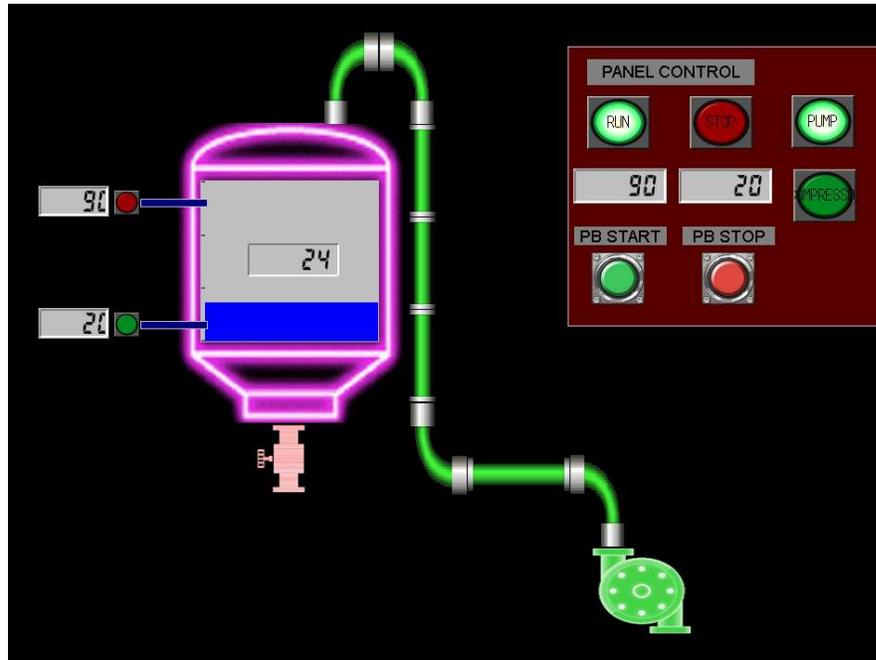




Gambar 9. Ladder Diagram Water Level Control

Prinsip kerja dari program ladder pada Gambar 9 di atas bahwa di rung 0, program berjalan dengan mengaktifkan program dengan indikasi lampu *start* menyala dan langsung menjalankan pompa (*pump*) di rung 1 dan instruksi *binary increment* berjalan dengan 1 detik setiap step kenaikan air yang digambarkan. Setelah mencapai nilai setting atas (*high level*), keadaan air berhenti sejenak sesuai *set value* pada timer di rung 4, dan selanjutnya *solenoid* bekerja membuka valve dan air jatuh ke bak air. Turunnya air dengan step setiap 1 detik yang digambarkan dengan instruksi *binary decrement* di rung 2. Proses ini terus berulang sampai me-non-aktif-kan program dengan indikasi lampu *stop* menyala di rung 3.

*Human Machine Interface* (HMI) diprogram dengan menggunakan *CX-Designer* yang juga merupakan bagian dari *software* program *CX-One*. Pada HMI diperlukan penggambaran tombol *start* dan *stop* serta status sistem yaitu sistem berjalan (*RUN*), berhenti (*stop*), pompa (*pump*), dan *valve* (*compressor*) yang digambarkan dalam satu papan panel. Gambar 10 menunjukkan HMI sistem.



Gambar 10. HMI Water Level Control

Pada Gambar 10 di atas menunjukkan simulasi sistem kendali otomatis ketinggian air, di mana *set value* dari level bawah adalah 20% dari ketinggian air yang apabila air pada ketinggian tersebut maka pompa (*pump*) otomatis akan berjalan untuk mengisi air pada tangki air, dan apabila air menyentuh level tinggi yaitu 90% dari ketinggian air, maka pompa berhenti dan *valve* akan membuka untuk menyalurkan air ke bak air.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi penelitian ini yaitu penggunaan *programmable logic controller* (PLC) dan *human machine interface* (HMI) dalam simulasi kendali ketinggian air dapat disimpulkan bahwa:

1. Program diagram ladder pada *programmable logic controller* (PLC) berjalan dengan baik.
2. Program *human machine interface* (HMI) dengan menggunakan *CX-Designer* juga berjalan dengan baik.

#### 5. SARAN

Untuk melengkapi pembelajaran di kegiatan praktikum di Laboratorium Sistem Kontrol, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN maka *prototypes* untuk simulasi ini perlu diwujudkan dengan penambahan kendali-kendali lain misalnya kendali aliran (*flow rate control*), kendali tekanan (*pressure control*), kendali suhu (*pressure control*), kendali kelembaban (*humidity control*), pH control, dan alat-alat kontrol dan instrumentasi lain.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Institut Teknologi PLN yang telah memberi dukungan dana dalam skema penelitian unggulan ini sehingga bisa terlaksana dengan baik dan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Kumar and R. Dhiman, "Optimization of PID Controller for Liquid Level Tank System Using Intelligent Techniques," *Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering*, vol. 2, no. 11, pp. 531-535, 2011.
- [2] S. Yordanova, M. Slavov and B. Gueorguiev, "Parallel Distributed Compensation for Improvement of Level Control in Carbonization Column for Soda Production," *Control Engineering Practice*, vol. 71, pp. 53-60, 2018.
- [3] B. O. Omijeh, M. Ehikhamenle and E. Promise, "Simulated Design of Water Level Control System," *Computer Engineering and Intelligent Systems*, vol. 6, no. 1, pp. 30-40, 2015.
- [4] P. Srinivas and P. D. P. Rao, "Comparative Analysis of Conventional PID Controller and Fuzzy Controller with Various Defuzzification Methods in A Three Tank Level Control System," *International Journal of Information Technology, Control and Automation (IJITCA)*, vol. 2, no. 4, pp. 75-86, 2012.
- [5] B. Kumar and R. Dhiman, "Tuning of PID Controller for Liquid Level Tank System Using Intelligent Techniques," *International Journal of Computer Science and Technology*, vol. 2, no. 4, pp. 257-260, 2011.
- [6] G. Alem and D. K. Vankdoth, "Automatic Fluid Level Control Using Programmable Logic Controller," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 03, no. 07, pp. 2190-2196, 2016.
- [7] T. T. Min, S. K. T. Moe and H. T. Mon, "Automation of Series Tank Level Control Using PLC and HMI," *IJARIE*, vol. 5, no. 4, pp. 1531-1536, 2019.
- [8] R. Das, S. Dutta, A. Sarkar and K. Samanta, "Automation of Tank Level Using PLC and Establishment of HMI by SCADA," *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 7, no. 2, pp. 61-67, 2013.
- [9] -, "CX-Programmer," file.org, [Online]. Available: <https://file.org/free-download/cx-programmer#:~:text=CX-Programmer%20is%20a%20type%20of%20programming%20software%20that,can%20speed%20up%20the%20users%E2%80%99%20PLC%20program%20development..> [Accessed 22 11 2021].