

Perancangan Alat Praktikum Kompetensi Otomasi Industri Di Laboratorium Jurusan Rekayasa Elektro

Slamet Widodo¹, Steven Daniel Kussoy², Julyar Prasetyo³, Ryan Perdana Saputra⁴
^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan
 slamet.widodo@poltekba.ac.id

Abstrak—Laboratorium Jurusan Rekayasa Elektro Politeknik Negeri Balikpapan memiliki peralatan hidrolik yang digunakan sebagai representasi sarana pembelajaran teknologi hidrolik di dunia industri. Namun peralatan hidrolik yang tersedia masih mengandalkan pengaplikasian kontrol yang masih manual atau mekanis menggunakan relay dan saklar konvensional. Sedangkan ada beberapa mata kuliah saat praktikum teknologi hidrolik perlu ada sistem kontrol hidrolik secara otomatis yang diprogram menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC)* dan menampilkan di *Human Machine Interface (HMI)* yang sangat digunakan di dunia industri. Dengan kekurangan alat tersebut peneliti akan merancang Alat Praktikum Kompetensi Otomasi Industri di Laboratorium Jurusan Rekayasa Elektro dengan menambahkan modul tambahan pada alat yang ada yaitu perangkat PT 070210EC *Basic Electro Hydraulic Training System*. Hasil dari penelitian ini telah berhasil dilakukan integrasi Modul PLC dan HMI yang dirancang dengan peralatan hidrolik yang sudah ada, ini dibuktikan dengan telah dilakukan berbagai percobaan yang salah satunya pembuatan program otomatis industri pengepresan otomatis berbasis PLC dan HMI. Dengan cara kerja mampu mendeteksi jenis benda kerja melalui sensor: benda logam akan menahan tekanan selama 5 detik dan benda nonlogam selama 3 detik, dengan mode pengepresan *Partial Press* dan *Full Press*. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fitur bekerja 100% sesuai rancangan dan program yang dikirim, sistem berjalan stabil dan responsif sehingga alat ini sudah dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep dan penerapan otomatis industri pada sistem hidrolik.

Kata Kunci : *Elektro-Hidrolik, PLC, HMI*

I. PENDAHULUAN

Laboratorium digunakan sebagai sarana belajar mahasiswa dalam meningkatkan kompetensi. Kompetensi merupakan salah satu elemen penting dalam menentukan kualitas sumber daya manusia terutama dalam menghadapi tantangan di era revolusi industri 4.0 yang serba mengandalkan teknologi dan kecepatan [1].

Dengan perkembangan teknologi industri yang semakin pesat, kebutuhan akan sumber daya manusia yang kompeten di bidang otomasi juga semakin tinggi. Oleh karena itu, alat praktikum yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan industri menjadi suatu keharusan agar mahasiswa dapat memperoleh

pengalaman belajar yang aplikatif dan meningkatkan keterampilan teknis mereka.

Perkembangan teknologi industri 4.0 mendorong percepatan transformasi sistem konvensional menuju otomatis berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)* dan *Human Machine Interface (HMI)*. PLC berperan sebagai otak pengendali proses produksi, sedangkan HMI memfasilitasi interaksi antara operator dan mesin melalui antarmuka visual. Integrasi kedua teknologi ini telah menjadi standar di industri [2], [3], [4], [5].

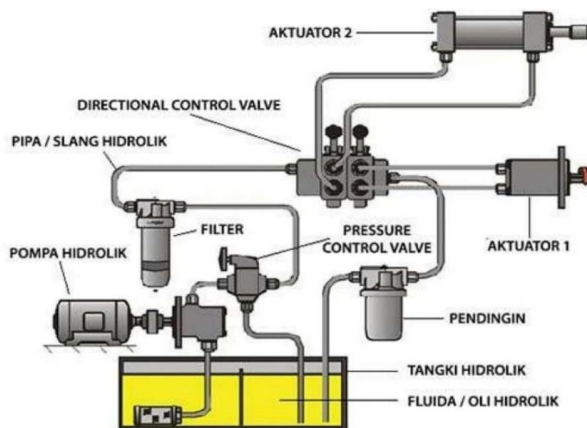
Laboratorium Jurusan Rekayasa Elektro Politeknik Negeri Balikpapan mempunyai peralatan laboratorium, salah satunya *Basic Electro Hydraulic Training System*. Namun, perangkat ini masih mengandalkan kontrol manual menggunakan relay dan saklar konvensional, sehingga belum mampu mensimulasikan prinsip otomatis industri berbasis PLC dan HMI. Padahal, kompetensi dalam merancang sistem kontrol otomatis menjadi kebutuhan krusial bagi lulusan teknik elektronika di era industri 4.0 yang telah diimplementasikan secara luas di industri dan institusi pendidikan [6]. Sebagai contoh, penelitian oleh Imnadir dan Zai dalam Buletin Utama Teknik Universitas Islam Sumatera Utara berjudul "Penerapan PLC HMI untuk Monitoring Objek pada Sistem Pengisian Minuman ke Dalam Botol" menunjukkan integrasi PLC dan HMI untuk mensimulasikan proses industri pengisian botol dengan akurasi waktu hingga 2 detik. Studi ini membuktikan sistem terotomasi berbasis PLC dan HMI meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas proses produksi [7]. Di sisi industri, PT Gajah Tunggal Tbk. telah mengadopsi kontrol PLC-HMI pada sistem kompresor untuk mengurangi lonjakan arus saat start-up, yang sebelumnya dilakukan secara manual. Implementasi ini berhasil menghemat daya dan mempermudah supervisi operasi [8]. Pada praktik di perguruan tinggi lain seperti Universitas Pamulang. Angga Septian MN dalam jurnal Informatika Universitas Pamulang merancang trainer HMI berbasis *CX-Designer* untuk pembelajaran PLC, yang meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam pemrograman sistem industri [2]. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara fasilitas praktikum di Jurusan Rekayasa Elektro POLTEKBA dengan kebutuhan kompetensi otomatis industri 4.0. Oleh karena itu, penelitian akan merancang sistem kontrol berbasis PLC dan HMI yang terintegrasi pada perangkat PT 070210EC *Basic Electro Hydraulic Training System* sehingga memudahkan untuk praktek di beberapa mata

kuliah di Jurusan Rekayasa Elektro yang mempunyai materi penerapan sistem kontrol otomatisasi pada peralatan hidrolik dan juga dapat digunakan sebagai alat uji untuk Sertifikasi Kompetensi untuk Mahasiswa Jurusan Rekayasa Elektro dengan skema BNSP *Automation Maintenance Junior Engineer* [4],[5],[14].

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik merupakan salah satu bentuk sistem tenaga fluida yang menggunakan zat cair, umumnya oli, sebagai media transmisi tenaga untuk menghasilkan gerakan mekanik baik translasi maupun rotasi. Prinsip dasar kerja sistem ini merujuk pada hukum Pascal yang menyatakan bahwa tekanan yang diberikan kepada suatu fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan secara merata ke segala arah tanpa perubahan kekuatan [10].



Gambar 1. Sirkuit Hidrolik

Dalam dunia industri modern, sistem hidrolik dimanfaatkan secara luas karena kemampuannya untuk memberikan tenaga besar dengan presisi dan kontrol yang tinggi. Sistem ini memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi seperti mesin produksi, alat berat, otomatisasi industri, serta alat-alat militer. Sistem hidrolik terdiri atas berbagai komponen utama seperti pompa, aktuator, tangki hidrolik, katup kontrol, dan sistem filtrasi [10].

B. Komponen Utama Sistem Hidrolik

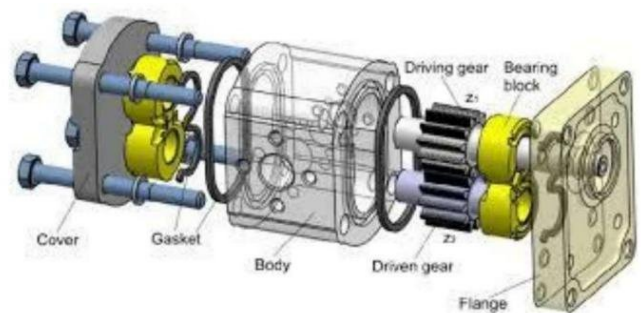
1) Pompa Hidrolik

Pompa hidrolik adalah komponen utama yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi fluida. Fungsinya adalah untuk menghisap fluida dari tangki dan mendorongnya ke dalam sistem dengan tekanan tertentu. Fluida yang digunakan umumnya berupa oli hidrolik. Siklus kerja pompa akan menciptakan tekanan dan aliran fluida yang diperlukan untuk menggerakkan aktuator atau perangkat penggerak lainnya dalam sistem. Sistem hidrolik bersifat

sirkulatif, di mana oli yang digunakan akan kembali ke tangki setelah digunakan, menjadikannya sistem tertutup [10].

Terdapat beberapa jenis pompa hidrolik, seperti pompa roda gigi (*gear pump*), pompa sirip burung, pompa torak aksial, pompa torak radial, pompa sekrup, dan pompa vane. Masing-masing pompa memiliki prinsip kerja yang berbeda dan digunakan sesuai dengan kebutuhan tekanan dan kapasitas sistem. Misalnya, pompa torak radial mampu menghasilkan tekanan tinggi hingga 63 MPa, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan gaya besar. Sementara pompa roda gigi lebih sederhana dan banyak digunakan pada sistem dengan tekanan sedang [10].

Pada perangkat *Hydraulic Trainer* yang terdapat di Laboratorium 205, Gedung Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan, digunakan jenis pompa roda gigi (*gear pump*) sebagai sumber utama tekanan hidrolik. Pompa jenis ini memiliki desain yang sederhana, mudah dirawat, dan cocok untuk kebutuhan pelatihan dasar sistem hidrolik. Pompa ini bekerja dengan prinsip dua roda gigi yang berputar saling mengunci. Ketika roda gigi berputar, fluida terjebak di antara gigi dan dinding rumah pompa, kemudian terbawa ke sisi tekan dan terdorong keluar dengan tekanan yang konstan.



Gambar 2. Pompa Hidrolik Roda Gigi

Gear pump memiliki karakteristik sebagai pompa berpemindahan tetap (*fixed displacement*), artinya volume fluida yang dipindahkan per satuan waktu selalu tetap selama kecepatan putaran pompa konstan. Meskipun tidak dapat menghasilkan tekanan setinggi pompa torak, *gear pump* sangat andal untuk sistem hidrolik skala kecil hingga menengah, serta cocok untuk tujuan edukatif karena mudah diamati dan dipahami prinsip kerjanya. Keunggulan lainnya adalah biaya yang relatif rendah, dan kemampuan bekerja secara kontinyu dengan tingkat kebisingan yang minim [10].

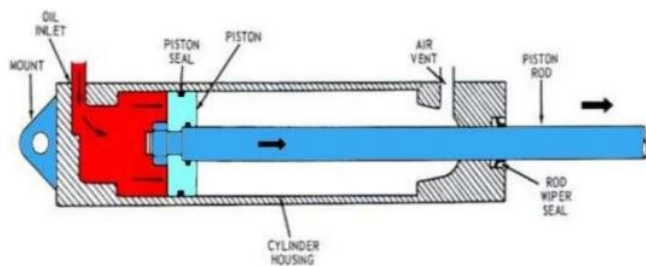
2) Aktuator

Aktuator merupakan komponen yang mengubah energi hidrolik menjadi energi mekanik. Aktuator dapat berupa silinder hidrolik yang menghasilkan gerakan linier atau motor hidrolik yang menghasilkan gerakan rotasi. Aktuator ini digunakan untuk menggerakkan berbagai komponen mesin seperti penjepit, pengangkat, atau penggeser dalam proses manufaktur. Dalam praktik industri, aktuator hidrolik dipilih karena kemampuannya menghasilkan torsi dan gaya yang besar dengan kecepatan yang dapat dikontrol secara presisi. Selain itu, karena karakteristik fluida yang tak bisa dimampatkan, aktuator hidrolik juga memberikan kestabilan dalam

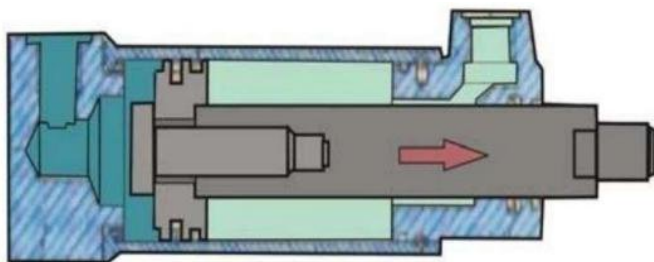
pengendalian gerak. Aktuator juga bisa dikombinasikan dengan sistem kontrol otomatis menggunakan sensor atau PLC untuk membentuk sistem kendali cerdas [10].

3) Silinder Hidrolik

Silinder hidrolik adalah bagian dari aktuator yang menghasilkan gerakan linier. Komponen ini terdiri dari tabung silinder, piston, batang piston, dan seal. Saat oli bertekanan masuk ke salah satu sisi piston, maka piston akan terdorong dan menggerakkan batang piston ke arah tertentu. Gerakan maju dan mundur dari batang piston inilah yang digunakan untuk melakukan pekerjaan mekanik seperti mengangkat, menekan, atau mendorong beban [10].



Gambar 3. Silinder *Single Acting*



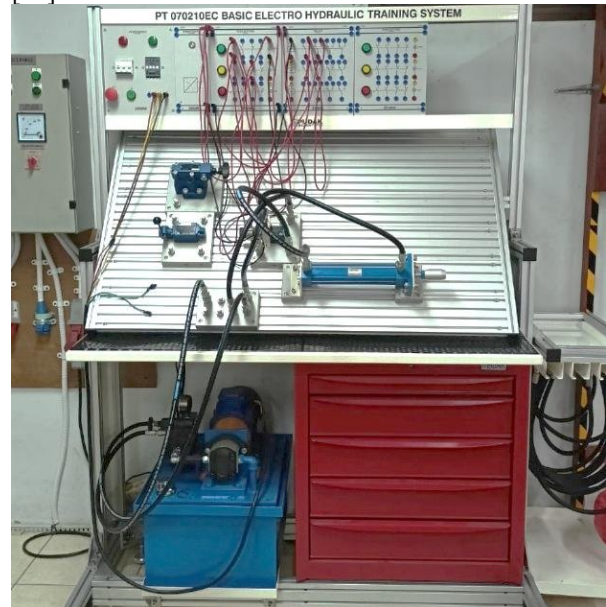
Gambar 4. Silinder *Double Acting*

Terdapat dua tipe utama silinder hidrolik, yaitu *single acting cylinder* yang hanya menghasilkan gaya dalam satu arah, dan *double acting cylinder* yang mampu bergerak maju dan mundur dengan tekanan fluida di kedua sisi piston. Double acting cylinder lebih fleksibel dan banyak digunakan pada aplikasi industri. Desain silinder juga memperhatikan sistem seal dan ventilasi agar oli tidak bocor serta memungkinkan pergerakan piston yang halus dan efisien [10]. Kedua jenis ini umum digunakan pada sistem hidrolik alat berat maupun sistem pelatihan hidrolik (*hydraulic training system*) untuk simulasi.

4) Hydraulic Trainer

Hydraulic Trainer adalah perangkat pelatihan yang dirancang untuk memberikan pengalaman praktis dalam memahami prinsip kerja sistem hidrolik, memungkinkan pengguna untuk merancang, membangun, dan menguji berbagai rangkaian hidrolik mulai dari yang dasar hingga kompleks. Beberapa *Hydraulic Trainer* juga dilengkapi dengan kontrol berbasis PLC dan HMI, sehingga memungkinkan simulasi dan kontrol otomatis sesuai perkembangan teknologi

industri. Umumnya digunakan dalam pendidikan teknik dan pelatihan industri, *Hydraulic Trainer* membantu pengguna memahami prinsip dasar dan lanjutan sistem hidrolik, mempelajari konstruksi dan fungsi komponen, merancang serta menguji rangkaian sesuai kebutuhan aplikasi nyata, dan mengembangkan keterampilan *troubleshooting* sistem hidrolik [11].



Gambar 5. PT 070210EC Basic Electro Hydraulic Training System

Salah satu contoh *Hydraulic Trainer* adalah PT 070210EC *Basic Electro Hydraulic Training System* yang tersedia di Lab 205 Gedung Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan. Perangkat ini dilengkapi dengan berbagai komponen hidrolik dan elektrohidrolik yang mencerminkan peralatan industri nyata, sehingga memberikan pengalaman belajar yang mendekati kondisi lapangan. Penggunaan *Hydraulic Trainer* ini memungkinkan mahasiswa untuk memahami interaksi antara komponen mekanik dan elektronik dalam sistem kontrol industri. Dengan demikian, perangkat ini menjadi alat yang efektif dalam mengembangkan keterampilan praktis dan pemahaman teoritis mengenai sistem hidrolik dan elektrohidrolik.

5) Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengganti rangkaian sederetan relay yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional, PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor-sensorterkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, yang berupa menghidupkan atau mematikan keluarannya (logika, 0 atau 1, hidup atau mati) [16].



Gambar 6. PLC Omron

PLC yang digunakan dalam penelitian ini adalah Omron CP1E-NA20DR-A. PLC ini memiliki catu daya sebesar 100 hingga 240 VAC dengan jumlah 12 input (termasuk 2 input analog bawaan) dan 8 output (termasuk 1 output analog bawaan) yang bertipe relay. Kapasitas program dari PLC ini mencapai 8K steps, sedangkan kapasitas memori datanya sebesar 8K words. PLC ini juga dilengkapi dengan catu daya eksternal 24 VDC sebesar 0,30 A. Untuk konsumsi arus, pada tegangan 5V sebesar 0,18 A, dan pada 24V sebesar 0,11 A [15]. Dengan spesifikasi ini, Omron CP1ENA20DR-A sangat cocok digunakan dalam aplikasi kontrol sederhana hingga menengah yang membutuhkan keandalan dan fleksibilitas tinggi.

TABEL 1
SPESIFIKASI PLC OMRON CP1E-NA20DR-A

No	Speksifikasi	Keterangan
1.	Power Supply	100 hingga 240 VAC
2.	Jumlah Input	12 (termasuk 2 input analog bawaan)
3.	Jumlah Output	8 (termasuk 1 input analog bawaan)
4.	Tipe Output	Relay
5.	Kapasitas Program	8K Steps
6.	Kapasitas Memori Data	8K Words
7.	Catu Daya Eksternal	24 VDC, 0.30 A
8.	Konsumsi Arus 5V	0.18 A
9.	Konsumsi Arus 24V	0.11 A

6) Human Machine Interface (HMI)

HMI adalah unit control terpusat untuk fasilitas manufaktur yang dilengkapi dengan penerima data, *event logging*, *video feed*, pemicu. HMI digunakan untuk mengakses sistem setiap saat untuk berbagai tujuan, misalnya untuk menampilkan kesalahan mesin, menampilkan status proses, menampilkan jumlah produk, dan tempat dimana user melakukan mengendalikan mesin yang ada pada *plant*. Penggunaan HMI memiliki beberapa keuntungan, misalnya penggunaan kode warna sehingga memudahkan identifikasi, penggunaan ikon atau Gambar sehingga mudah dikenali, dan layar yang dapat diubah-ubah sehingga memungkinkan untuk pembuatan level akses masuk ke sistem [17].



Gambar 7. HMI Haiwell

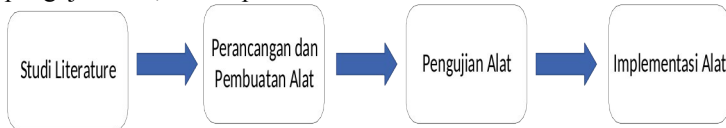
Pada penelitian ini, HMI yang digunakan adalah Haiwell C7S. HMI ini memiliki layar 7 inci jenis TFT dengan resolusi 800x480 piksel, mampu menampilkan 16,7 juta warna dengan tingkat kecerahan 300 cd/m² dan rasio kontras 800:1, serta menggunakan layar sentuh resistif. HMI ini menggunakan backlight LED dengan umur pemakaian hingga 20.000 jam dan mendukung mode automatic dormancy yang dapat dikonfigurasi. Untuk manajemen sistem, HMI ini didukung oleh software Haiwell Cloud SCADA. Pada sisi memori, perangkat ini dilengkapi Flash 4GB dan RAM 512MB. Pada port konektivitasnya, dilengkapi slot microSD, dukungan jaringan 4G, port Ethernet 10/100 Base-T, COM port RS232/RS485, serta dua port USB2.0. Konsumsi daya HMI ini sebesar 7W dengan catu daya input 24±20% VDC, serta ketahanan terhadap tegangan dan getaran yang tinggi. Dari segi lingkungan operasi, HMI Haiwell C7S dilengkapi dengan perlindungan IP65, tahan suhu operasi antara - 10°C hingga 60°C, dan kelembapan relatif 10-90%RH tanpa kondensasi [12].

TABEL 2
SPESIFIKASI HMI HAIWELL C7S

No	Speksifikasi	Keterangan
1.	Display	7" TFT, 800x480 pixels, 16.7M Colors, Brightness 300 cd/m ² , Contrast Ratio 800:1, Resistive Touch LED, Life Time 20,000 Hours, Automatic Dormancy
2.	Backlight	Support
3.	Software	Haiwell Cloud SCADA
4.	Memory	Flash 4GB, RAM 512MB
5.	I/O Port	Micro SD Slot Support, 4G SIM Support, Ethernet 10/100 Base-T, RS485/RS232 COM Port, USB2.0 x2, USB/COM Print Port
6.	Power	Input 24±20% VDC, Power Consumption 7W, Voltage Resistance 500VAC, Isolation >50MΩ @500VDC, Vibration Endurance 10-25 Hz (X, Y, Z) 2G/30 minutes
7.	Environment	Natural Cooling, IP65 Protection, Storage Temp -2070 °C, Operating Temp -1060 °C, Humidity 10-90%RH
8.	Physical Specification	ABS Enclosure, Dimensions 200x146x37mm, Panel Cutout 193x138mm, Weight 0.8kg
9.	Network	WiFi 802.11b/g/n, Wireless 4G/3G/2G

III. METODE PENELITIAN

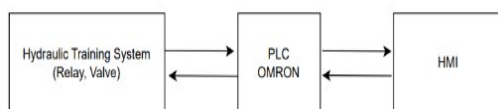
Metode yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 4 tahapan yaitu studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, dan implementasi alat.



Gambar 8. Metode Penelitian

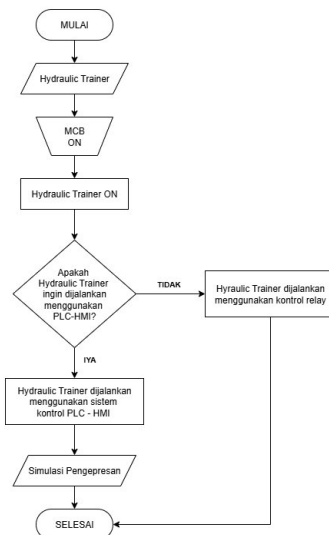
A. Perancangan Sistem Alat

Berikut blok diagram Perancangan Alat Praktikum Kompetensi Otomasi Industri Di Laboratorium Jurusan Rekayasa Elektro dapat dilihat pada [gambar 9](#) dibawah ini.



Gambar 9. Blok Diagram Perancangan Alat Praktikum Kompetensi Otomasi Industri

Komponen yang berfungsi sebagai input adalah saklar, relay, dan sensor. Komponen ini akan memberikan sinyal ke PLC sebagai respon dari kondisi sistem. PLC berfungsi sebagai pusat kontrol atau otak dari sistem. PLC menerima input dari *Basic Hydraulic Training System*, memproses logika kontrol yang telah diprogram, dan mengirim sinyal output untuk mengatur kerja *valve* atau relay [11]. Komponen output pada sistem ini adalah *valve* dan relay yang dikendalikan oleh PLC. Komponen ini mengatur aliran hidrolik sesuai perintah yang diberikan melalui program PLC. HMI (*Human Machine Interface*) berfungsi sebagai layar monitoring dan pengendali. Operator dapat mengawasi kondisi sistem (misalnya status *valve*, tekanan, dll) dan juga memberikan perintah (seperti *start* atau *stop* atau pilih mode otomatis atau manual) melalui HMI. HMI dan PLC berkomunikasi dua arah, di mana HMI mengirimkan perintah ke PLC, dan PLC mengirimkan data status sistem kembali ke HMI.



Gambar 10. Flowchart Rangkaian Sistem Kontrol Berbasis PLC dan HMI pada Hydraulic Training System

Dalam pengoperasian peralatan hidrolik trainer ini semula hanya ada 1 mode yaitu basik hidrolik (manual) setelah kami mengupgrate alat laboratorium ini akan memiliki 2 mode yaitu basik hidrolik (manual) dan elektro hidrolik (menggunakan PLC+HMI). Dalam mode manual, operator mengendalikan langsung dengan menekan tombol atau mengaktifkan relay untuk buka atau tutup katup, nyalakan atau matikan pompa dan tidak ada intervensi PLC atau HMI. Setelah tugas manual selesai, *flowchart* langsung ke Selesai. Namun berbeda dengan kendali manual, kendali elektro hidrolik, inisialisasi dilakukan oleh PLC dan HMI, yaitu PLC melakukan *self check* dan memuat program kontrol sementara HMI menampilkan tampilan awal. User dapat memasukkan parameter. *Loop* Kontrol, PLC akan terus-menerus membaca sinyal dari sensor (tekanan, aliran, posisi), memproses logika kontrol sesuai program yang telah dibuat, mengirimkan perintah ke aktuatur (pompa dan katup), dan memperbarui tampilan status serta grafik di HMI secara real time. Siklus baca-proses-tulis ini berulang terus hingga user menekan “*Stop*” pada HMI, pada saat itu PLC mematikan semua output dan alur kontrol berakhir. Setelah sistem dikendalikan secara otomatis oleh PLC dan HMI, proses selanjutnya adalah menjalankan simulasi pengepresan sebagai contoh hasil sistem otomasi hidrolik dengan menggunakan PLC dan HMI.

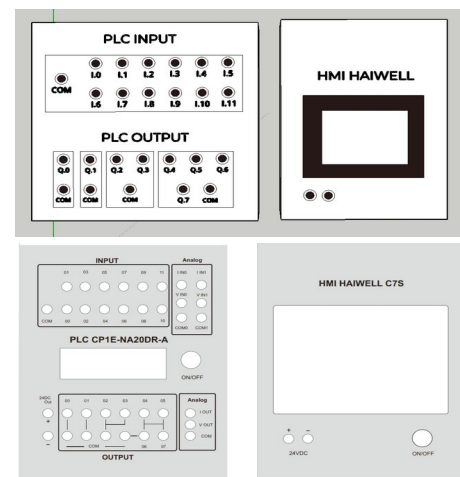
B. Perancangan Modul PLC dan HMI

Untuk membuat modul I/O PLC dan HMI, perlu merancang dan membuat diagram pengkabelan terlebih dahulu.

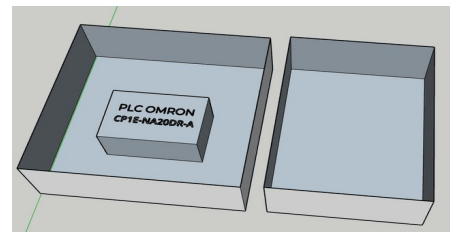
yang digunakan. Bagian analog input (AI) dan analog output (AO) menambah fleksibilitas sistem kontrol.

1. Analog input PLC Omron CP1E memiliki dua kanal, masing-masing bisa menerima sinyal arus (4–20mA) atau tegangan (0–10V) dari sensor seperti *pressure transmitter* atau sensor *linier*.
2. Analog output juga dapat mengeluarkan sinyal arus atau tegangan, sesuai kebutuhan aktuator, seperti *proportional valve* atau indikator analog.

Dengan konfigurasi ini, sistem pengkabelan menjadi lebih aman, efisien, dan fleksibel dalam menghubungkan berbagai perangkat kontrol, aktuator dan sensor. Desain dari rancangan alat praktikum kompetensi otomasi industri dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 16. Desain Tampak Depan



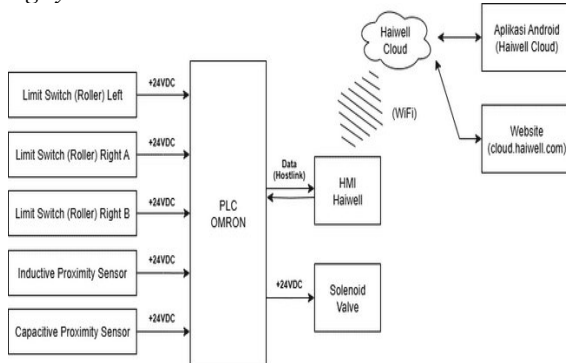
Gambar 17. Tampak Dalam Alat Sistem Kontrol Berbasis PLC dan HMI

Dibangun dengan desain kokoh dengan steker bus ukuran 6mm sehingga mudah dipasang oleh jack penghubung. Selain pengujian input dan output pada modul, akan disimulasikan percobaan program untuk memastikan kinerja PLC dan HMI dalam menjalankan program dan menggerakkan hidrolik. Percobaan yang dilakukan adalah simulasi sistem pengepresan berbasis PLC dan HMI pada *basic hydraulic training system*. Terinspirasi dari Penelitian oleh Muhammad Juliandi Rachman merancang mesin pres batako otomatis dengan sistem elektropneumatik yang dikendalikan oleh PLC dan HMI [9]. Bedanya dengan pengujian sistem kami adalah kami menggunakan hidrolik yang terintegrasi dengan sensor-sensor seperti *limit switch*, *inductive proximity sensor*, *capacitive proximity sensor*, dan *pressure transmitter*, pengontrolan *aktuator* (seperti katup *solenoid* dan silinder hidrolik), serta

pemantauan dan pengendalian proses melalui antarmuka HMI[10].

C. Perancangan Sistem Simulasi Pengepresan

Berikut blok diagram perancangan sistem simulasi pengepresan berbasis PLC dan HMI pada *basic hydraulic training system*

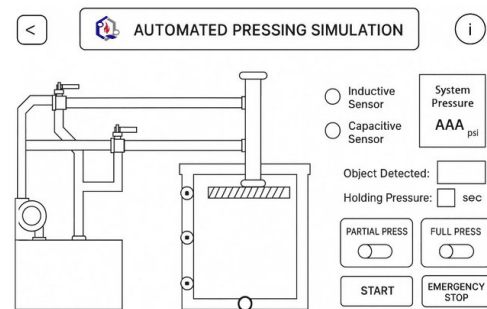


Gambar 18. Blok Diagram Rancangan Sistem Simulasi Pengepresan Berbasis PLC dan HMI pada Basic Hydraulic Training System

Sistem simulasi pengepresan dirancang untuk meniru cara kerja mesin pengepres otomatis yang dikendalikan oleh PLC. Sistem terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu sensor, PLC, *solenoid valve*, dan HMI. Pada bagian input terdapat *Limit Switch* kiri dan kanan yang berfungsi mendeteksi posisi silinder pengepres saat bergerak maju atau mundur. Selain itu, *Inductive Proximity Sensor* digunakan untuk mendeteksi benda kerja dari logam, sedangkan *Capacitive Proximity Sensor* mendeteksi benda kerja non-logam. Dengan adanya sensor ini, sistem hanya akan bekerja jika benda kerja sudah terdeteksi di posisi yang benar. Semua sinyal dari sensor masuk ke PLC sebagai pusat kontrol. PLC membaca kondisi sensor, memproses logika kerja, dan mengatur urutan pengepresan secara otomatis. PLC kemudian mengirimkan sinyal ke *Solenoid Valve* untuk mengatur arah aliran fluida hidrolik sehingga silinder dapat bergerak maju atau mundur sesuai kebutuhan proses. Sistem juga dilengkapi dengan HMI sebagai tampilan bagi operator. Melalui HMI, operator dapat memantau status sensor dan aktuator, serta memberikan perintah seperti *Start* dan *Stop*. Data dari PLC ditampilkan di HMI agar kondisi sistem bisa dipantau secara real-time. Komunikasi antara PLC dan HMI berlangsung dua arah. Dari HMI ke PLC dikirim perintah operasi, sedangkan dari PLC ke HMI dikirim data status sistem. Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan penerapan kontrol otomatis menggunakan PLC yang terintegrasi dengan sensor, aktuator sehingga proses pengepresan dapat berlangsung efisien.

D. UI Sistem Pengepresan Hydraulic pada HMI

Adapun desain dari rancangan *User Interface* (UI) sistem pengepresan sebagai bagian untuk pengujian HMI.

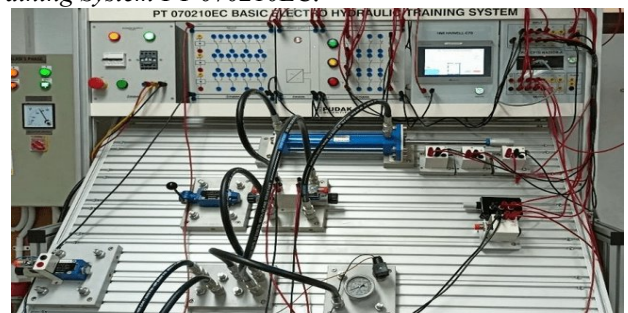


Gambar 19. Rancangan UI Sistem Pengepresan

Gambar 19 merupakan rancangan tampilan antarmuka (HMI) dari Sistem Pengepresan Otomatis yang mengontrol dan memonitor proses pengepresan berbasis PLC. Operator dapat memulai atau menghentikan siklus pengepresan menggunakan tombol *Start* dan *Stop*. Status dari berbagai sensor seperti *Capacitive Proximity Sensor*, *Inductive Proximity Sensor*, *Limit Switch* Awal, dan *Limit Switch* Akhir ditampilkan dalam bentuk indikator lampu berwarna untuk memudahkan pemantauan kondisi sistem. Saat proses berjalan, HMI menampilkan progress pergerakan silinder secara *real-time* dalam bentuk bar progresif, disertai persentase gerak maju silinder. Di sisi kanan, terdapat animasi sederhana pengepresan beserta informasi waktu penahanan tekanan yang dihitung berdasarkan jenis benda yang terdeteksi (5 detik untuk logam, 3 detik untuk non-logam). Jika tidak ada benda kerja yang terdeteksi, sistem akan menampilkan status "Menunggu Benda", memastikan operator mengetahui kondisi sistem sebelum memulai siklus berikutnya.

IV. HASIL PENELITIAN

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah Alat Praktikum Kompetensi Otomasi Industri di Laboratorium Jurusan Rekayasa Elektro yang berupa modul PLC dan HMI yang sudah terintegrasi dengan *Basic Electro Hydraulic Training System* PT 070210EC.



Gambar 20. Sistem Kontrol Otomasi Berbasis PLC dan HMI yang Terintegrasi pada Peralatan Laboratorium Hydraulic Training System PT 070210EC



Gambar 21. Modul PLC dan HMI Pada Alat Praktikum Otomasi Industri

PLC yang digunakan berjenis PLC OMRON CP1E NA20DR-A dan HMI Haiwell C7S. PLC ini mempunyai 10 buah input digital 1 buah input analog, dan 7 buah output digital dan 1 buah input analog sesuai dengan spesifikasi PLC OMRON CP1E NA20DR-A [15]. Beberapa pengujian meliputi:

1. Pengujian Koneksi dan Komunikasi Perangkat
2. Pengujian Pinout dan Fungsi Komponen
3. Pengujian contoh program otomasi hidrolik dengan PLC berbasis HMI yaitu Sistem Pengepresan Otomatis

Pengujian ini berfungsi untuk menguji performa dari model rancangan dapat berfungsi dengan baik dan dapat diimplementasikan di Laboratorium Jurusan Rekayasa Elektro.

A. Gambaran Umum Sistem

Sistem yang dirancang dan diimplementasikan merupakan simulasi pengepresan otomatis berbasis PLC dan HMI yang terintegrasi pada perangkat *Basic Hydraulic Training System* PT 070210EC. Sistem ini untuk memberikan simulasi proses pengepresan layaknya pada dunia industri, dengan pengendalian otomatis terhadap aktuator, pemrosesan sinyal sensor, serta pemantauan melalui antarmuka HMI. Komponen utama yang digunakan dalam sistem ini meliputi:

1. PLC OMRON CP1E-NA20DR-A, berfungsi sebagai pusat kendali logika, membaca input dari sensor, dan mengendalikan output ke aktuator [15].
2. HMI Haiwell C7S, digunakan untuk memvisualisasikan proses, memberi perintah kepada PLC, serta menampilkan data sensor dan status sistem secara *real-time* [12].
3. *Hydraulic Training System* PT 070210EC, yang menjadi media simulasi pengepresan dengan komponen seperti silinder hidrolik, *solenoid valve*, *pressure gauge* dan *flow control* [11].
4. Sensor dan saklar, yang terdiri dari:
 - a. *Push Button* untuk tombol fisik pada sistem.
 - b. *Inductive Proximity Sensor* untuk mendeteksi keberadaan benda logam,
 - c. *Capacitive Proximity Sensor* untuk mendeteksi benda non-logam,
5. Katup Solenoid sebagai aktuator utama yang mengatur aliran oli hidrolik ke silinder.
6. Lampu indikator dan *push button* sebagai perangkat kontrol dan *feedback* manual pada HMI maupun trainer.

Dengan integrasi keseluruhan komponen tersebut, sistem berhasil menjalankan proses pengepresan dalam dua mode, yaitu *Partial Press* dan *Full Press*, yang dapat dipilih melalui HMI. Seluruh tahapan proses pengepresan mulai dari deteksi

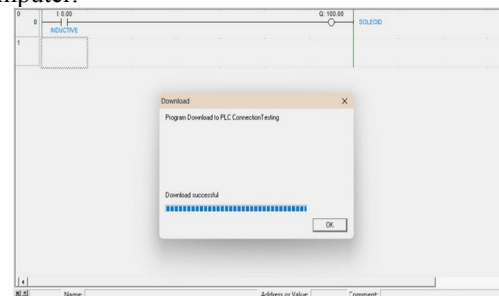
Submitted: 02/12/2025; Revised: 29/12/2025;
Accepted: 04/01/2026; Online first: 10/02/2026
<https://doi.org/10.46964/poligrd.v7i1.168>

benda kerja, pergerakan silinder, penahanan tekanan, hingga pengembalian ke posisi awal berjalan secara otomatis sesuai dengan logika ladder program pada PLC.

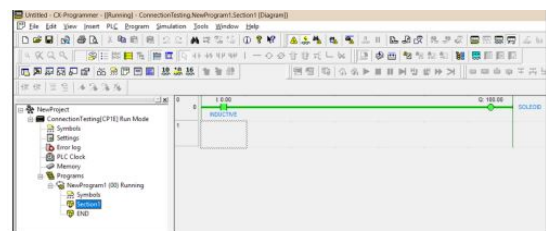
B. Pengujian Koneksi dan Komunikasi Perangkat

1) Pengujian Koneksi antara PC dengan PLC

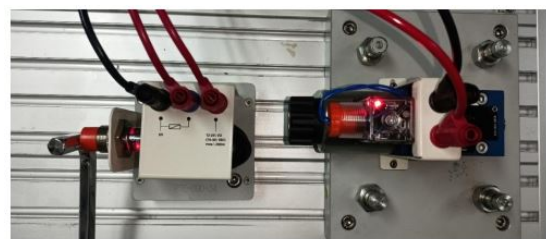
Pengujian koneksi dilakukan untuk memastikan perangkat lunak *CX-Programmer* yang terpasang di PC dapat berkomunikasi secara langsung dengan PLC OMRON CP1E-NA20DR-A dan dapat tampil pada HMI sesuai yang didesain. Koneksi yang berhasil memungkinkan pengguna untuk melakukan pemrograman, pemantauan status input atau output secara *real-time*, serta menjalankan atau menghentikan sistem dari komputer.



Gambar 21. Status Upload Program Ladder ke PLC OMRON CP1E Berhasil



Gambar 22. Mode RUN Aktif pada CX-Programmer dan Status Ladder Berjalan



Gambar 23. Kondisi Aktif Sensor dan Solenoid Ditunjukkan oleh Lampu Indikator

Pada Gambar 21, proses unggah (*upload*) program *ladder* dari perangkat lunak *CX-Programmer* ke PLC OMRON CP1E-NA20DR-A berhasil dilakukan tanpa adanya pesan kesalahan. Hal ini menunjukkan koneksi antara PC dan PLC sudah berjalan dengan baik dan sistem siap untuk menjalankan program. Pada Gambar 22, terlihat status "*Running*" pada *CX-Programmer*, yang berarti PLC sudah berada dalam mode operasi. Pada tampilan ini juga terlihat bagian *ladder* diagram yang sedang aktif, ditandai dengan warna hijau pada kontak dan coil. Hal tersebut menandakan logika program sedang bekerja dan output berhasil dijalankan sesuai perintah. Sementara itu, Gambar 23 menunjukkan kondisi nyata dari

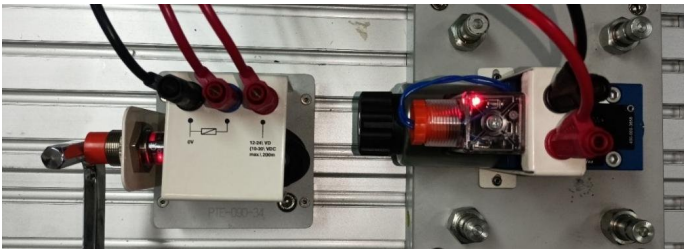
perangkat fisik di trainer. Terlihat *inductive proximity sensor* dan *solenoid valve* dalam keadaan aktif, ditandai dengan lampu indikator yang menyala. Ini membuktikan sinyal dari sensor berhasil diterima oleh PLC dan diproses untuk mengaktifkan aktuator sesuai logika program. Secara keseluruhan, ketiga gambar tersebut memperlihatkan proses komunikasi, pemrograman, dan eksekusi kontrol antara PC dan PLC berjalan dengan baik dan sistem berfungsi sesuai rancangan.

TABEL 3
HASIL PENGUJIAN KONEKSI ANTARA PC DAN PLC

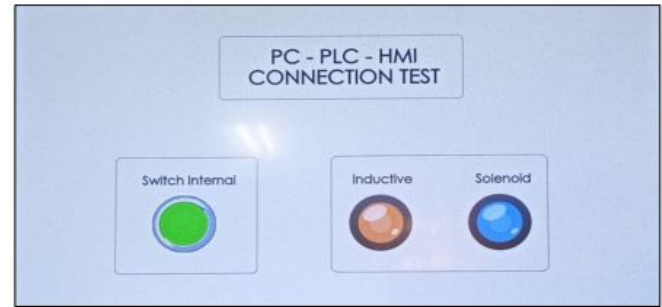
No.	Langkah Pengujian	Indikator Keberhasilan	Hasil	Keterangan
1	Pemilihan tipe PLC dan port komunikasi	Tipe CP1E berhasil dipilih dan port USB terdeteksi	Berhasil	Koneksi via kabel USB berhasil
2	Upload program ladder ke PLC	Program berhasil diunggah tanpa error	Berhasil	Ladder berjalan normal
3	Monitoring status input/output	Input/output digital dapat terbaca secara real-time	Berhasil	Sensor proximity, dan solenoid aktif
4	Pengaturan mode RUN/STOP dari PC	PLC dapat diubah ke mode RUN melalui CX-Programmer	Berhasil	Sistem dapat dikendalikan dari PC

2) Pengujian Koneksi PLC dengan HMI

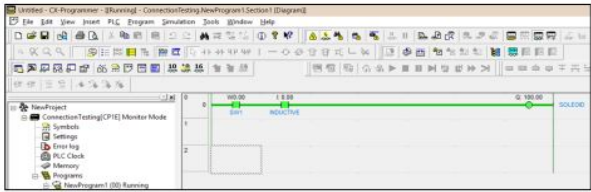
Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa komunikasi dua arah antara PLC OMRON CP1E-NA20DR-A dan HMI Haiwell C7S berjalan dengan benar, baik dalam membaca input maupun menulis output. Dalam pengujian ini digunakan dua buah kontak dan satu buah coil sebagai representasi.



Gambar 24. Visual Fisik Sensor dan Solenoid Aktif dalam Uji Koneksi HMI-PL



Gambar 25. Tampilan HMI Saat Semua Indikator Aktif dan Switch Internal Ditekan



Gambar 26. Status Ladder yang Aktif Sesuai dengan Kondisi di HMI

Seperti yang terlihat pada Gambar 24, kondisi fisik dari *inductive proximity sensor* dan *solenoid valve* ditampilkan dalam keadaan aktif, ditandai dengan menyalnya lampu indikator masing-masing komponen. Gambar ini memperkuat bukti bahwa komunikasi antara PLC dan HMI berjalan lancar karena logika output berhasil diteruskan hingga mengaktifkan aktuator. Selanjutnya, pada Gambar 25, tampilan antarmuka HMI menunjukkan bahwa ketiga elemen yang diuji yaitu indikator sensor *proximity*, indikator solenoid, serta *switch* internal semuanya dalam kondisi aktif (ON). *Switch* internal yang ditekan memiliki nilai “1”, sensor *proximity* menyala karena mendeteksi logam, dan indikator solenoid menunjukkan output sedang bekerja, semuanya sesuai dengan logika yang telah diprogram di PLC. Kemudian pada Gambar 26, terlihat ladder diagram di CX-Programmer sedang berjalan dengan *highlight* hijau aktif pada kontak dan coil yang berhubungan dengan alamat W0.00, 0.00, dan 100.00. Ini menandakan bahwa sinyal dari HMI diterima oleh PLC, diproses melalui logika ladder, dan kemudian dikirim kembali ke HMI untuk menampilkan status output. Keselarasan antara kondisi di HMI dan di CX-Programmer ini menunjukkan bahwa pemetaan alamat dan komunikasi dua arah antara HMI dan PLC telah berhasil dilakukan dengan baik.

TABEL 4
HASIL PENGUJIAN KONEKSI ANTARA PLC DAN HMI

No.	Pengujian	Alamat	Fungsi yang Diuji	Hasil	Keterangan
1	Switch Internal	W0.00	Tombol di HMI ditekan → PLC menerima dan bit ON	Berhasil	Bit aktif di ladder diagram
2	Inductive Proximity Sensor	0.00	Sensor proximity diaktifkan → HMI dengan indikator ON Bila W0.00 dan 0.00 aktif → output coil 100.00 ON, ditampilkan di HMI	Berhasil	Sinyal sensor terbaca di tampilan HMI
3	Solenoid	100.00		Berhasil	Indikator menyala dan coil aktif

C. Pengujian Pinout dan Fungsi Komponen

1) Pengujian Input Digital

Pengujian input digital untuk memverifikasi seluruh perangkat input yang terhubung ke PLC OMRON CP1E-NA20DR-A berfungsi dan memberikan sinyal ON (logika 1) saat aktif. Perangkat yang diuji meliputi tombol tekan (*push*

button), *sensor proximity* PNP (induktif dan kapasitif), serta *limit switch* mekanik yang ditekan secara manual menggunakan tangan pada bagian *roller*-nya. Dalam pengujian ini, tombol *Start*, *Emergency Stop*, dan *Manual Stop* diuji sebagai kontrol manual dari operator, sementara *sensor proximity* digunakan untuk mendeteksi jenis benda kerja. Tiga buah *limit switch* diuji dengan cara menekan langsung bagian *roller* secara manual untuk memastikan sinyal *ON* terbaca di software *CX-Programmer*.



Gambar 27. Pengujian Input Digital

Gambar 27 memperlihatkan seluruh perangkat input dalam satu frame. Foto ini mencakup sensor kapasitif, sensor induktif, *limit switch* awal, tengah, dan akhir, serta tombol-tombol seperti *Start*, *Emergency Stop*, dan *Manual Stop*, yang semuanya telah diuji satu per satu dalam pengujian input digital sistem pengepresan otomatis. Pengujian dilakukan secara manual terhadap setiap komponen input untuk memverifikasi sinyal *ON* dapat diterima oleh PLC. Indikator keberhasilan diperlihatkan melalui lampu indikator pada perangkat fisik (misalnya LED pada sensor *proximity*), serta indikator LED kecil di panel input PLC yang menyala saat input aktif, sesuai alamat (seperti 0.00 untuk tombol *Start*, 0.01 untuk tombol *Emergency Stop*, 0.02 untuk sensor induktif, dan seterusnya). Foto ini menjadi bukti dokumenter langsung seluruh perangkat input dalam sistem telah terhubung secara fungsional dan logis ke PLC OMRON CP1EN-A20DR-A. Validasi ini mendukung data teknis yang tercantum pada Tabel 3, serta menguatkan proses wiring dan konfigurasi input berjalan sesuai rancangan.

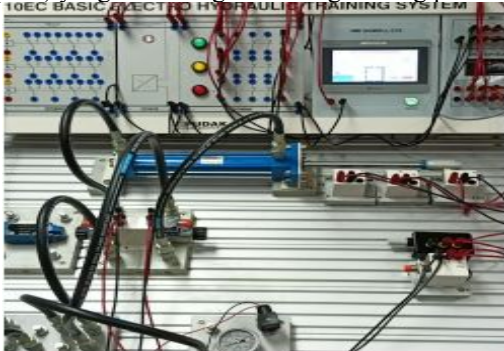
TABEL 5
HASIL PENGUJIAN INPUT DIGITAL

No	Komponen Input	Jenis Input	Cara Pengujian	Status Bit di CX	Keterangan
1	Tombol Start	Push Button (NO)	Di tekan	ON (Berhasil)	memulai proses pengepresan
2	Emergency Stop	Push Button (NO)	Ditekan	ON (Berhasil)	Menghentikan sistem, semua solenoid
2	Emergency Stop	Proximity PNP	Logam didekatkan	ON (Berhasil)	Mendeteksi benda kerja berbahan logam
3	Sensor Induktif	Proximity PNP	Logam didekatkan	ON (Berhasil)	Mendeteksi benda kerja non-logam
4	Sensor	Mekanik	Roller	ON (Berhasil)	Menandakan

	Kapasitif	kanik	ditekan manual	hasil)	posisi awal silinder
5	Limit Switch Awal	Mekanik	Roller ditekan manual	ON (Berhasil)	Menandakan posisi awal silinder
6	Limit Switch Tengah	Mekanik	Roller ditekan manual	ON (Berhasil)	Posisi pengepresan maksimum
7	Limit Switch Akhir	Push Button (NO)	Ditekan	ON (Berhasil)	Mengubah solenoid ke mode retract (mundur)

2) Pengujian Output Digital

Pengujian output digital dilakukan agar bit output dari PLC telah aktif sesuai dengan logika yang dirancang dalam program ladder, serta dapat memicu perangkat output fisik, seperti lampu indikator dan *solenoid*, meskipun tanpa terhubung langsung ke sistem hidrolik. Pengujian dilakukan dalam simulasi sistem elektrik, menggunakan tombol input, sensor, serta indikator lampu sebagai alat bantu. Di pengujian ini, *ladder* program sudah di-*upload* ke dalam PLC dan sistem dijalankan secara bertahap untuk mengamati apakah *bit* output aktif pada saat yang semestinya. Aktivasi *solenoid* dinilai dari menyala atau tidaknya lampu indikator (biasanya LED atau lampu pilot) yang terhubung ke masing-masing pin output.



Gambar 28. Pengujian Output Digital

Gambar 28 menampilkan kondisi sistem kelistrikan output saat pengujian berlangsung. Foto memperlihatkan lampu indikator hijau yang menyala saat tombol *Start* ditekan, yang terhubung ke output PLC 100.00, serta lampu indikator lain yang mewakili aktivasi dari *solenoid extend* dan *retract*, masing-masing terhubung ke output PLC 100.01 dan 100.02. Pengujian dilakukan dalam kondisi simulasi sistem kelistrikan, tanpa menghubungkan aktuator silinder secara langsung. Aktivasi output dinilai berdasarkan penyalan lampu indikator fisik serta status *bit* output di *CX-Programmer* yang berubah menjadi *ON* (ditandai warna hijau), menunjukkan logika *ladder* program telah dijalankan dengan benar oleh PLC. Secara keseluruhan, foto ini menunjukkan sinyal dari PLC berhasil mengontrol perangkat output digital yang dirancang dalam sistem. Hal ini memperkuat kevalidan data yang tercantum di Tabel 5, sekaligus menjadi bukti sistem kontrol berfungsi sesuai dengan rancangan logika dan wiring aktual di lapangan.

TABEL 6
HASIL PENGUJIAN OUTPUT DIGITAL

No.	Output Digital	Kondisi Pemicu	Indikator Fisik	Keterangan
-----	----------------	----------------	-----------------	------------

1	Lampu Hijau	<i>Push Button Start</i> (0.00) ditekan	Lampu Hijau menyala	Sistem aktif; menunjukan proses telah dimulai
2	<i>Solenoid Extend</i>	Mode pengepresan dipilih + sensor terdeteksi	Lampu indikator Extend ON	Simulasi: sinyal untuk silinder maju bekerja
3	<i>Solenoid Retract</i>	Setelah proses selesai	Lampu indikator Retract ON	Simulasi: sinyal untuk silinder mundur bekerja

3) Pengujian Input Analog

Pengujian input analog dilakukan agar sinyal dari *pressure transmitter* dapat terbaca dan dikonversi dengan benar oleh PLC OMRON CP1E-NA20DR-A. Sensor ini memiliki rentang tekanan 0–100 bar, dengan sinyal keluaran 4–20 mA, yang oleh PLC dikonversi menjadi nilai digital 0–6000. Proses pengujian dilakukan dengan memutar *knob* tekanan pada unit hidrolik secara perlahan agar tekanan sistem berubah bertahap. Setiap perubahan tekanan menghasilkan variasi arus (mA) yang kemudian tampil sebagai nilai ADC pada perangkat lunak *CX-Programmer*. Sebagai contoh, ketika *knob* diputar, terbaca nilai ADC sebesar 619. Nilai ini kemudian dihitung ulang menggunakan rumus skala linear untuk mengetahui besar arus (dalam mA) dan tekanan aktual (dalam bar). Dengan cara ini, dipastikan sistem mampu membaca sinyal analog dengan akurat dan sesuai dengan perubahan tekanan di lapangan[13].

$$Output = \frac{OutputMax - OutputMin}{InputMax - InputMin} \times (Input - InputMin) + OutputMin \quad (1)$$



Gambar 29. Pengujian Input Analog dengan Multimeter

Untuk mengetahui besarnya arus yang dikirimkan oleh *pressure transmitter* berdasarkan nilai ADC yang terbaca oleh PLC, dilakukan proses scaling dari nilai ADC ke satuan *miliampere* (mA) dengan menggunakan rumus linear berikut:

$$Output = \frac{OutputMax - OutputMin}{InputMax - InputMin} \times (Input - InputMin) + OutputMin \quad (2)$$

Diketahui:

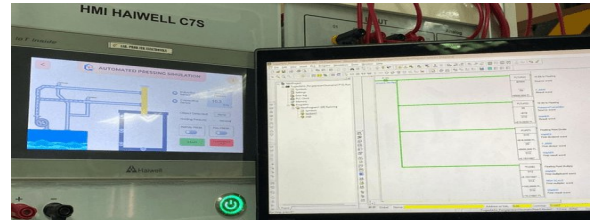
- Input Min = 0 (ADC)
- Input Max = 6000 (ADC)
- Output Min = 4 (mA)
- Output Max = 20 (mA)
- Input (ADC) = 619

Submitted: 02/12/2025; Revised: 29/12/2025;
Accepted: 04/01/2026; Online first: 10/02/2026
<https://doi.org/10.46964/poligrid.v7i1.168>

$$mA = \frac{20 - 4}{6000 - 0} \times (619 - 0) + 4$$

$$mA = \frac{16}{6000} \times (619 - 0) + 4 = 5,65mA$$

Jadi, berdasarkan pembacaan ADC sebesar 619, nilai arus yang dihitung adalah 5,65mA



Gambar 30. Pengujian Input Analog dengan *Cx-Programmer*

Setelah mendapatkan nilai ADC dari pembacaan input analog oleh PLC, nilai tersebut dikonversikan langsung ke satuan tekanan (*barg*) menggunakan metode scaling linier berikut:

$$Output = \frac{OutputMax - OutputMin}{InputMax - InputMin} \times (Input - InputMin) + OutputMin \quad (3)$$

Diketahui:

- Input Min = 0 (ADC)
- Input Max = 6000 (ADC)
- Output Min = 0 (*barg*)
- Output Max = 100 (*barg*)
- Input (ADC) = 619

$$Barg = \frac{100 - 0}{6000 - 0} \times (619 - 0) + 0$$

$$Barg = \frac{100}{6000} \times (619 - 0) = 10,3 \text{ Barg}$$

Dengan demikian, nilai ADC sebesar 619 merepresentasikan tekanan sekitar 10,3 *barg*.

TABEL 7
HASIL PENGUJIAN INPUT ANALOG

No	Parameter	Nilai ADC	Arus (mA)	Tekanan (<i>barg</i>)	Status	Keterangan
1	Tekanan Hidrolik	619	5.65	10.31	Berhasil	Perubahan nilai ADC terdeteksi dengan baik
2	Tekanan Hidrolik	1183	7.15	19.72	Berhasil	Sensor merespons tekanan rendah
3	Tekanan Hidrolik	2377	10.34	39.62	hasil	Sensor mulai membaca tekanan menengah
4	Tekanan Hidrolik	2988	11.97	49.80	Berhasil	Titik tengah mendekati 50 <i>barg</i>
5	Tekanan Hidrolik	3862	14.30	64.37	hasil	Tekanan meningkat, respons sensor tetap stabil
6	Tekanan Hidrolik	4725	16.60	78.75	Berhasil	Pembacaan mendekati

7	Tekanan Hidrolik	5987	19.98	99.78	hasil	batas atas Hampir maksimum, menunjukkan rentang sensor optimal
---	------------------	------	-------	-------	-------	--

D. Pengujian Program Sistem Pengepresan Otomatis dengan Hidrolik

Pengujian dilakukan dengan 2 mode *Partial Press* dan *Full Press*.

1) Pengujian sistem pada mode *Partial Press*

Pengujian sistem pada mode *Partial Press* dilakukan untuk memastikan bahwa keseluruhan rangkaian kontrol otomatis, baik dari sisi input, pengolahan logika di PLC, dan keluaran sistem berjalan sesuai dengan skenario yang telah dirancang. Dalam mode ini, silinder akan bergerak maju hingga menyentuh limit switch tengah, kemudian akan menahan posisi selama beberapa detik tergantung jenis benda kerja yang terdeteksi, lalu kembali ke posisi awal. Pengujian diawali dengan menempatkan benda kerja di area sensor. Sistem dilengkapi dengan dua jenis sensor proximity untuk mengenali jenis material benda kerja, yaitu sensor induktif (0.02) untuk mendeteksi benda logam, dan sensor kapasitif (0.03) untuk mendeteksi benda non-logam



Gambar 31. Pengujian Sistem Mode Partial Press

1. Pengujian 1: Benda Logam

Saat benda logam didekatkan ke sensor induktif, lampu indikator pada HMI menyala, disertai dengan tampilan teks "Metal", serta informasi bahwa sistem akan melakukan penahanan selama 5 detik. Operator kemudian menekan tombol *Start* (0.00), sistem mulai berjalan.

- Silinder bergerak maju, dan ketika menyentuh *limit switch* tengah (0.05), sistem akan menahan posisi silinder selama 5 detik.
- Setelah penahanan selesai, silinder bergerak mundur hingga menyentuh *limit switch* awal (0.04), yang menandakan bahwa silinder telah kembali ke posisi awal.
- Proses berhenti secara otomatis dan sistem siap untuk siklus berikutnya.

2. Pengujian 2: Benda Non-Logam

Langkah pengujian sama seperti sebelumnya, namun kali ini benda non-logam didekatkan ke sensor kapasitif. Sistem kembali menampilkan status di HMI: lampu indikator non-logam menyala, muncul teks "Non-Metal", dan sistem menetapkan waktu penahanan 3 detik.

Submitted: 02/12/2025; Revised: 29/12/2025;

Accepted: 04/01/2026; Online first: 10/02/2026

<https://doi.org/10.46964/poligrid.v7i1.168>

- Silinder bergerak maju, dan ketika menyentuh limit switch tengah (0.05), sistem akan menahan posisi silinder selama 3 detik
- Setelah penahanan selesai, silinder bergerak mundur hingga menyentuh limit
- switch awal (0.04), yang menandakan bahwa silinder telah kembali ke posisi awal
- Proses berhenti secara otomatis dan sistem siap untuk siklus berikutnya.

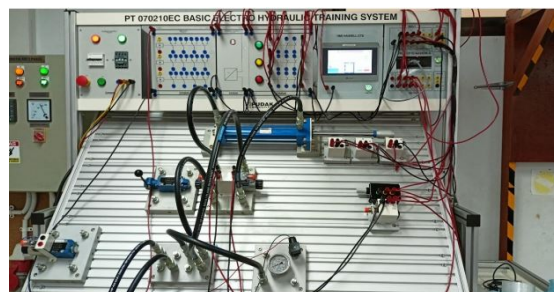
TABEL 8
HASIL PENGUJIAN MODE *PARTIAL PRESS*

No	Jenis Benda	Tom bol Aktif	Sens or Aktif	Wak tu Ta han	Saklar Aktif	Status Silin der	Ketera ngan
1	Lo gam	Start (0.00)	Indu ktif (0.02)	5 detik	Limit switch tengah (0.05), Limit switch awal (0.04)	Maju, Tahan, Mun dur	Sistem berjalan sesuai logika program
2	Non Lo gam	Start (0.00)	Kapa sitif (0.03)	3 detik	Limit switch tengah (0.05), Limit switch awal (0.04)	Maju, Tahan, Mun dur	Sistem berjalan sesuai logika program

Dari data tabel diatas pada pengujian mode *Partial Press* untuk jenis benda logam dan non logam, sistem yang diuji telah berjalan sesuai dengan logika program yang dirancang

2) Pengujian sistem pada mode *Full Press*

Dilakukan agar sistem menjalankan siklus pengepresan penuh secara otomatis berdasarkan jenis benda kerja yang terdeteksi, serta dapat mengelola tekanan pada posisi akhir silinder. Dalam mode ini, silinder bergerak maju hingga menyentuh *limit switch* akhir, kemudian sistem akan menahan posisi selama durasi tertentu, lalu bergerak mundur otomatis ke posisi awal. Pengujian diawali dengan menempatkan benda kerja di area sensor. Sistem dilengkapi dengan dua jenis sensor *proximity* untuk mengenali jenis material benda kerja, yaitu sensor induktif (0.02) untuk mendeteksi benda logam, dan sensor kapasitif (0.03) untuk mendeteksi benda non-logam.



Gambar 32. Pengujian Sistem Mode Full Press

1. Pengujian 1: Benda Logam

Saat benda logam didekatkan ke sensor induktif, HMI menampilkan status deteksi logam, menyalakan indikator

khusus, dan menampilkan keterangan sistem akan melakukan penahanan selama 5 detik. Setelah tombol *Start* ditekan, proses berlangsung sebagai berikut:

- Silinder bergerak maju hingga menyentuh limit switch akhir (0.06).
- Setelah mencapai posisi penuh, sistem menahan posisi silinder selama 5 detik (ditampilkan juga pada HMI).
- Setelah waktu habis, silinder bergerak mundur otomatis menuju posisi awal hingga *limit switch* awal (0.04) aktif.
- Sistem kembali ke kondisi awal dan siap untuk proses selanjutnya.

2. Pengujian 2: Benda Non-Logam

Pengujian dilakukan serupa, namun menggunakan benda non-logam. Sensor kapasitif (0.03) mendeteksi benda tersebut, dan sistem HMI menampilkan indikator non-logam serta waktu tahan 3 detik.

- Silinder bergerak maju hingga menyentuh *limit switch* akhir (0.06)
- Setelah mencapai posisi penuh, sistem menahan posisi silinder selama 3 detik (ditampilkan juga pada HMI).
- Setelah waktu habis, silinder bergerak mundur otomatis menuju posisi awal
- hingga *limit switch* awal (0.04) aktif dan Sistem siap untuk proses selanjutnya.

TABEL 9
HASIL PENGUJIAN MODE *FULL PRESS*

No	Jenis Benda	Tom bol Aktif	Sen sor Aktif	Waktu Tahan	Saklar Aktif	Status Silinder	Keterangan
1	Logam	Start (0.00)	Induktif (0.02)	5 detik	Limit switch akhir (0.06), Limit switch 1 (0.04)	Maju, Tahan, Mundur	Sistem berjalan sesuai logika program
2	Non Logam	Start (0.00)	Kapasitif (0.03)	3 detik	Limit switch akhir (0.06), Limit switch awal (0.04)	Maju, Tahan, Mundur	Sistem berjalan sesuai logika program

Dari data tabel diatas pada pengujian mode *Full Press* untuk jenis benda logam dan non logam, sistem yang diuji telah bekerja sesuai dengan logika program yang dirancang

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Sistem kontrol berbasis PLC OMRON CP1E NA20DR-A dan HMI Haiwell C7S terintegrasi secara baik pada peralatan laboratorium PT 070210EC Basic Electro

Hydraulic Training System. Penelitian ini menyediakan dua metode pembelajaran, yaitu pengontrolan konvensional menggunakan relay dan pengontrolan otomatis berbasis PLC dan HMI.

- Sistem kontrol berhasil diterapkan untuk simulasi proses pengepresan otomatis dalam dua mode operasi yaitu *Partial Press* dan *Full Press*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa logika ladder, respons sensor dan aktuator, serta tampilan HMI berfungsi sesuai dengan perancangan sebagaimana ditunjukkan pada tabel pengujian.

B. Saran

Berdasarkan pengalaman dalam proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan baik untuk pengembangan sistem ke depan

- Unit pompa (motor 3 phase) pada perangkat hidrolik trainer masih dikendalikan secara konvensional menggunakan rangkaian relay. Disarankan agar pengendalian pompa juga bisa dilakukan melalui PLC
- Dapat menambahkan Fitur IoT pada sistem ini karena telah tersedia fitur platform Haiwell Cloud, yang memungkinkan akses dan pemantauan jarak jauh melalui perangkat laptop maupun smartphone.

REFERENSI

- [1] S. R. Caressa, D. Anggraeni, and N. Wening, "Hubungan Kompetensi Era Industri 4.0, Beban Kerja Organizational Citizenship Behavior dan Kinerja Karyawan," *Jurnal Manajemen*, vol. 9, no. 1, pp. 178–186, 2019.
- [2] A. Septian MN, "Penerapan Trainer Human Machine Interface (HMI) Berbasis CX-Designer Sebagai Media Pembelajaran Programmable Logic Controller (PLC)," *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 3(4), 2018.
- [3] B. Prasetyo and U. Trisyanti, "Revolusi Industri 4.0 dan Tantangan Perubahan Sosial," *IPTEK J. Proc. Ser.*, no. 5, pp. 22–27, 2018.
- [4] H. Rahadian and M. A. Heryanto, "Pengembangan Human Machine Interface (HMI) pada Simulator Sortir Bola sebagai Media Pembelajaran Otomasi Industri," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 84–91, 2020, doi: 10.25077/jnte.v9n2.766.2020.
- [5] I. Sukoco, R. Setiadi, and R. A. K. U. Guntoro, "Rancang Bangun Media Sistem Otomasi Berbasis PLC," *Journal of Mechanical Engineering Learning*, vol. 12, no. 2, 2023.
- [6] M. Thahir, M. I. Bachtiar, N. R. Najib, and K. Riyadi, "Modul Pembelajaran Sistem Otomasi Berbasis Teknologi Industri 4.0," in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2022*, vol. 7, pp. 69–73, 2022.
- [7] Imnadir dan I. D. Zai, "Penerapan PLC HMI untuk Monitoring Objek Pada Sistem Pengisian Minuman ke Dalam Botol," *Buletin Utama Teknik*, 18(1), 47–48, 2022.
- [8] K. N. Tanex, "Implementasi Kontrol Berbasis PLC-HMI untuk Mengarahkan DOL dan Inverter pada Sistem Kompresor PT Gajah Tunggal Tbk", Internship thesis, Universitas Multimedia Nusantara, 2022.
- [9] M. J. Rachman, "Rancang Bangun Mesin Pres Batako Otomatis Menggunakan Sistem Elektro-Pneumatik Berbasis PLC Dan HMI", *Journal of Electrical Network Systems and Sources*, 3(2), 35–43, 2024
- [10] Siman, dkk. *Hidrolik dan Pneumatik*, Surabaya, Indonesia: Cipta Media Nusantara, 2022.
- [11] Pennant International Group plc. (n.d.), "Hydraulic System Trainer," [Online] Available: <https://www.pennantplc.com/hydraulic-system-trainer/> [Accessed: 13-Apr-2025].

Submitted: 02/12/2025; Revised: 29/12/2025;

Accepted: 04/01/2026; Online first: 10/02/2026

<https://doi.org/10.46964/poligrid.v7i1.168>

- [12] Haiwell Company, "*Haiwell C7S HMI Specification*," [Online]. Available: <https://haiwell.com/news/778-en.html>. [Accessed: 25-Apr-2025].
- [13] P. Gunoto, dan I. Kamil, "Analisa Proses Kalibrasi Transmitter Ketinggian Air Wtp pada Pembangkit Listrik di PT. Mitra Energi Batam", *Sigma Teknika*, Vol. 4, No. 2, p. 187-198, 2021.
- [14] R. Kurniawan, R. Parlindungan, and E. Sukarna, "Modul Praktikum Pembelajaran Hidraulik Berbasis PLC," *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, Indonesia, Jul. 13–14, 2022, pp. 706–710.
- [15] OMRON Corporation, "CPIE Series Programmable Controllers." [Online]. Available: <https://www.omron.co.id/products/family/2064/lineup.html>
- [16] R. Mubarraq, "Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis Silo Dengan Metode Sortasi Berdasarkan Jenis Kemasan Produk Menggunakan HMI- PLC", Program Studi. Tek. Elektro, Univ. Teknol. Yogyakarta, p. 10, 2019

- [17] M. Khusniyah, E. S. Budi, dan H. K. Safitri, "Sistem Kendali PID Menggunakan PLC CP1H Dan HMI Pada Aplikasi Miniplant Tekanan Udara", *Jurnal Elektron dan Otomasi Industri*, Vol. 8, No. 3, p. 229, 2021