



PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL OTOMATIS MESIN PENGISIAN CAIRAN BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

Ria Saptarika¹, Jumadri², Kalbin Salim³, Galuh Rizki May Mulialita^{*4}

^{1,2,3,4}Teknik Elektro, Universitas Batam, Kota Batam, Indonesia

^{*}Korespondensipenulis: galuhrizkimaym03@gmail.com

ARTICLE INFO

Genesis Artikel:

Diterima, 8 Juli 2026

Direvisi, 30 Juli 2026

Disetujui, 24 Agustus 2026

Kata Kunci:

Sensor DHT11,
mikrokontroler, Bluetooth,
sensor mandiri

Keywords:

Sensor DHT11,
microcontroller, Bluetooth,
portable sensor

ABSTRACT

Automation in the industrial world, particularly in the manufacturing and packaging sectors, is crucial for improving efficiency, product consistency, and reducing human error. The manual liquid filling process often faces challenges such as inconsistent volume, slow production times, and lack of hygiene. This study aims to design and implement an automatic liquid filling machine control system based on a Programmable Logic Controller (PLC) [PLC Omron CP1E-N20DR-A]. The design method includes mechanical conveyor design, selection of photoelectric sensors for bottle detection, and use of a solenoid valve as the filling actuator. The control program is implemented using Ladder Diagram programming. The system is designed to operate sequentially: the conveyor moves the bottles, the sensor detects the bottle, the conveyor stops, the PLC activates the timer and opens the solenoid valve for filling, and the conveyor resumes operation after Filling is complete. The test results show that this control system successfully operates automatically according to the programmed logic. Accuracy testing of the volume with a 5-second setpoint time (target 250 ml) resulted in an average volume of 250.3 ml, with a very low average error rate of $\pm 0.12\%$. This indicates that the PLC-based control system is highly reliable and effective in increasing the speed and consistency of the liquid filling process.

ABSTRAK

Otomasi dalam dunia industri, khususnya pada sektor manufaktur dan pengemasan, sangat krusial untuk meningkatkan efisiensi, konsistensi produk, dan mengurangi *human error*. Proses pengisian cairan secara manual seringkali menghadapi kendala seperti ketidakkonsistenan volume, waktu produksi yang lambat, dan kurangnya higienitas. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol mesin pengisian cairan otomatis berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) [PLC Omron CP1E-N20DR-A]. Metode perancangan mencakup desain mekanik conveyor, pemilihan sensor *photoelectric* untuk deteksi botol, dan penggunaan *solenoid valve* sebagai aktuatur pengisian. Program kontrol diimplementasikan menggunakan bahasa *Ladder Diagram*. Sistem dirancang untuk bekerja secara sekuensial: conveyor memindahkan botol, sensor mendeteksi botol, conveyor berhenti, PLC mengaktifkan *timer* dan membuka *solenoid valve* untuk pengisian, dan conveyor kembali berjalan setelah pengisian selesai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol ini berhasil bekerja secara otomatis sesuai dengan logika yang diprogram. Pengujian akurasi volume dengan *setpoint* waktu 5 detik (target 250 ml) menghasilkan volume rata-rata 250.3 ml, dengan tingkat *error* rata-rata sangat rendah, yaitu $\pm 0.12\%$. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem kontrol berbasis PLC sangat andal dan efektif dalam meningkatkan kecepatan dan konsistensi proses pengisian cairan.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2021 by Author. Published by Universitas Batam.



PENDAHULUAN

Peningkatan permintaan pasar dan persaingan global mendorong industri manufaktur untuk terus mencari cara dalam meningkatkan produktivitas sambil mempertahankan standar kualitas. Dalam industri pengemasan produk cair (minuman, obat-obatan, kosmetik), proses pengisian adalah tahapan kritis. Penggunaan tenaga kerja manual pada tahapan ini rentan terhadap kelelahan, fluktuasi kecepatan kerja, dan ketidakakuratan dalam pengukuran volume, yang berujung pada kerugian material dan penurunan kualitas produk.

Otomasi, khususnya pada sektor manufaktur dan pengemasan, sangat krusial untuk meningkatkan efisiensi, konsistensi produk, dan mengurangi human error. Proses pengisian cairan secara manual seringkali menghadapi kendala seperti ketidakonsistenan volume, waktu produksi yang lambat, dan kurangnya higienitas.

Perkembangan peralatan Programmable Logic Controller (PLC) sebagai perangkat kontrol yang didesain khusus untuk lingkungan industri. Yang dalam kemampuannya dalam memproses logika, timing, dan counting secara real-time menjadikannya pilihan ideal untuk mengontrol mesin-mesin otomatis. Dengan mengintegrasikan PLC, sistem pengisian cairan dapat diubah dari semi-otomatis menjadi sepenuhnya otomatis, memastikan setiap botol terisi dengan volume yang seragam dan dalam waktu siklus yang minimal. Proyek ini berfokus pada perancangan sistem kontrol yang andal dan akurat untuk mesin pengisian cairan menggunakan PLC sebagai pengendali utamanya.

Sebagai kelanjutan pengembangan peralatan control tersebut, maka perlu pemikiran dan tindakan lebih lanjut untuk pengembangan pemakaian PLC ini sebagai bagian proses dalam otomasi peralatan kerja untuk membantu tugas manusia dengan cara antara lain dengan menggiatkan penelitian dan pengembangan untuk mengetahui bagaimana merancang arsitektur perangkat keras yang efisien dan aman untuk sistem kontrol mesin pengisian cairan berbasis PLC, dan bagaimana mengimplementasikan PLC Omron CP1E sebagai unit kontrol utama untuk mengatur urutan kerja sistem (deteksi botol, pengisian, dan pemindahan), dan bagaimana menganalisis tingkat akurasi volume pengisian cairan yang dikontrol menggunakan metode berbasis waktu (timed-based) pada PLC.

Penelitian Jaenal(2026) mengenai perancangan sistem pengisian air tangki otomatis memanfaatkan PLC (seperti Omron CP1E atau Siemens S7-200) yang diintegrasikan dengan Variable Frequency Drive (VFD). Penggunaan VFD memungkinkan kendali variasi kecepatan motor pompa guna mencegah lonjakan tekanan air saat pengisian. Sementara itu, pada lini produksi pengisian botol air minum, PLC dikombinasikan dengan sistem conveyor dan modul HMI (Human Machine Interface) atau IoT untuk mengontrol volume pengisian secara presisi berdasarkan deteksi sensor optik/kapasitif, serta memantau status sistem secara terintegrasi. Hasil-hasil penelitian tersebut konsisten menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis PLC mampu menghemat konsumsi energi, meningkatkan kapasitas produksi, serta menyajikan tingkat keandalan yang lebih tinggi dibandingkan kontrol manual atau rangkaian relai konvensional.

Bentuk pelaksanaan pengembangan dan penelitian lainnya maka penelitian ini menggunakan PLC OMRON dan pemanfaatannya dalam dunia otomasi yang perlu juga diperhatikan metode dan upaya untuk merancang dan membangun prototipe sistem kontrol dan mekanik untuk mesin pengisian cairan otomatis. dan juga metode untuk mengembangkan program Ladder Diagram pada PLC Omron CP1E untuk mengotomatisasi proses deteksi botol, pengisian, dan pemindahan. Dengan cara melakukan pengujian dan evaluasi kinerja sistem kontrol terhadap akurasi dan konsistensi volume pengisian.

PLC adalah sistem kontrol elektronik yang beroperasi secara digital, dirancang untuk digunakan dalam lingkungan industri. Fungsi utamanya adalah memantau status input (dari sensor, tombol) dan membuat keputusan logis berdasarkan program yang tersimpan, kemudian mengontrol output (aktuator) secara otomatis. PLC dikenal karena ketahanan, modularitas, dan kemudahan dalam pemrograman ulang. Dalam penelitian ini, digunakan PLC Omron CP1E-N20DR-A yang dipilih berdasarkan ketersediaan, kemudahan pemrograman, dan kecukupan I/O untuk prototipe satu nozzle (12 Input dan 8 Relay Output).

- **Sensor Proximity:** Sensor yang mendeteksi keberadaan objek (botol) tanpa kontak fisik.
- **Solenoid Valve:** Katup yang digerakkan oleh energi listrik untuk mengontrol aliran cairan.
- **Sistem Kontrol Loop Terbuka & Tertutup:** Prinsip dasar pengaturan di mana *output* bergantung pada pengaturan waktu atau umpan balik sensor.

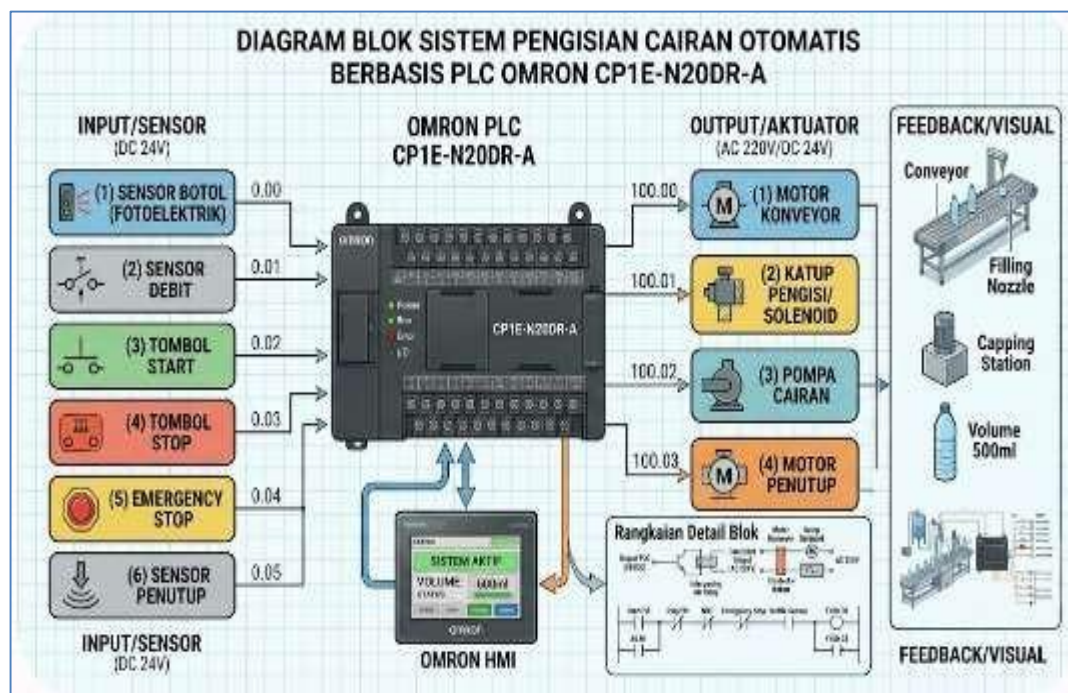
METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menguraikan langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam perancangan dan implementasi sistem kontrol mesin pengisian cairan, yang dibagi menjadi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

- Pemilihan Komponen (*Omron CP1E-N20DR-A*):
 - PLC [*Omron CP1E-N20DR-A*]: Dipilih PLC Omron CP1E-N20DR-A sebagai Unit Pemroses Sentral (CPU) utama. Pemilihan ini didasarkan pada ketersediaan, kemudahan pemrograman menggunakan CX-Programmer, dan kecukupan jumlah *Input/Output* (I/O) untuk prototipe satu *nozzle* (12 *Input* dan 8 *Relay Output*). Tegangan kerja PLC yang fleksibel (220VAC) memudahkan integrasi ke sumber daya utama.

- Sensor Deteksi Botol: Digunakan Sensor Photoelectric tipe *Retro-reflective* atau *Through-beam*. Sensor ini dipilih karena kemampuannya mendeteksi objek non-logam dan transparan seperti botol plastik, yang seringkali menjadi tantangan bagi sensor *proximity* induktif. Sensor ini memastikan *conveyor* berhenti tepat saat botol berada di bawah *nozzle*.
- Solenoid Valve 24VDC: Katup solenoid dipilih dengan tegangan kerja 24VDC. Ini sangat kompatibel dengan standar tegangan output industri dan memudahkan pengkabelan karena Output PLC tipe relai dapat mengaktifkan *relay* perantara 24VDC. Katup ini berfungsi sebagai pintu gerbang aliran cairan.
- Wiring: Sinyal input (Start/Stop/Sensor) dihubungkan ke terminal input PLC, sementara output (Motor/Valve) dihubungkan melalui relai eksternal untuk melindungi relai internal PLC dari beban arus tinggi.
- Perancangan Mekanik:
 - Dibuat rangka prototipe *conveyor* sederhana menggunakan aluminium profil atau akrilik yang ukurannya disesuaikan dengan botol target.
 - *Conveyor* dilengkapi jalur presisi atau *stopper* mekanik kecil (jika perlu) untuk memastikan botol terpusat (center) tepat di bawah *nozzle* pengisian agar tumpahan dapat diminimalisir.
 - Penempatan *nozzle* dan *tangki reservoir* cairan di atas *conveyor* dirancang agar pengisian dapat mengandalkan gravitasi atau tekanan pompa ringan.
- Pengawatan (Wiring):
 - Koneksi Input: Semua sinyal input (Tombol Start/Stop dan Sensor) dihubungkan ke terminal input PLC (0.00, 0.01, 0.02). Jika sensor dan tombol menggunakan sinyal 24VDC, mereka dihubungkan ke terminal COM/P dan terminal Input masing-masing.
 - Koneksi Output: Output PLC (100.00, 100.01, 100.02) dihubungkan ke aktuator. Perhatian khusus diberikan: Output relai PLC dihubungkan ke kumparan Relay Eksternal (Interfacing Relay). Kontak daya dari *relay* eksternal ini yang akan menahan beban arus tinggi dari Motor Conveyor dan Solenoid Valve, sehingga melindungi relai internal PLC dari kerusakan akibat *switching* arus besar atau *back EMF* (arus balik induktif).



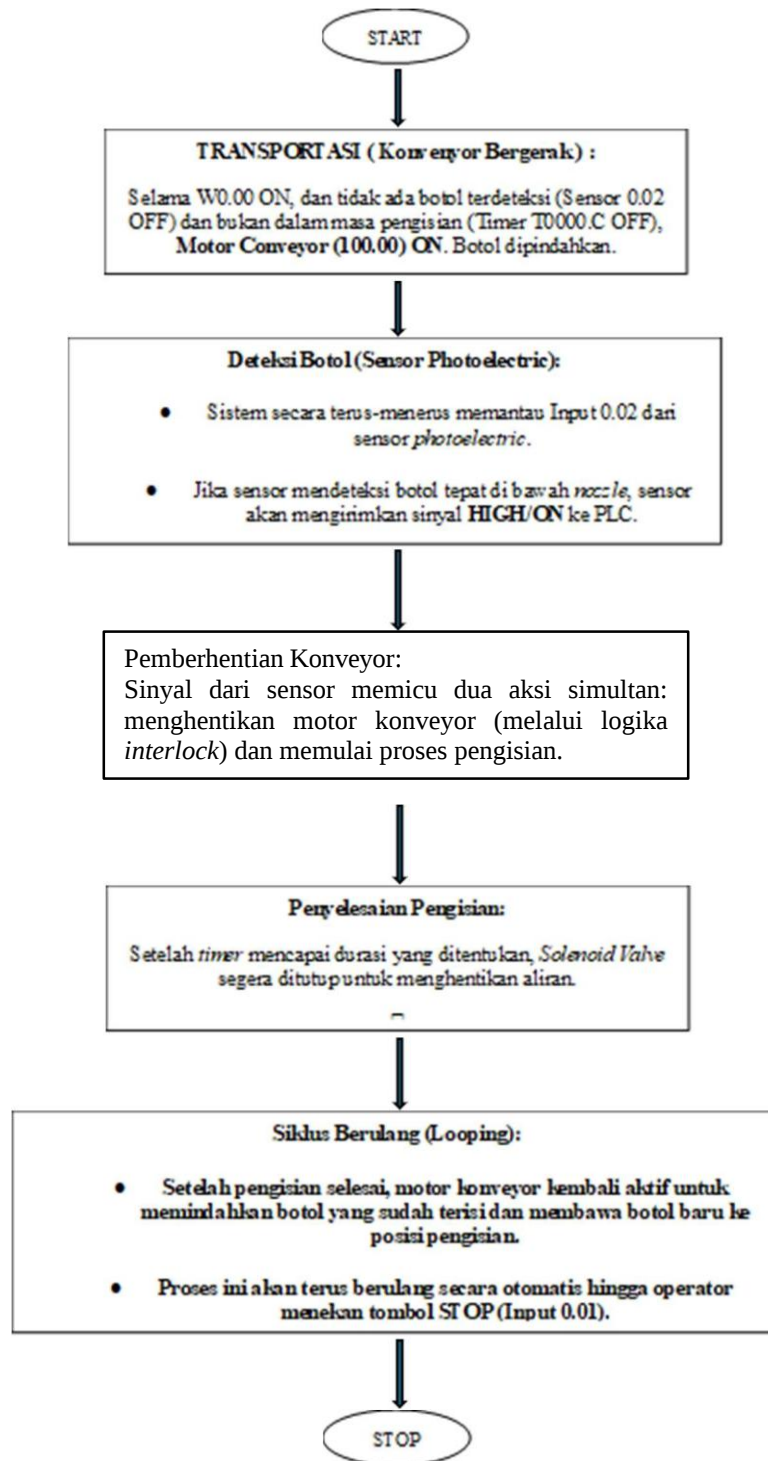
Gambar 1. Blok Diagram Rancangan pengisian cairan dengan PLC

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak ini adalah inti dari sistem otomasi, yang mendefinisikan logika dan urutan kerja. Digunakan CX-Programmer sebagai software pemrograman.

Alur Logika (Flowchart)

- Alur logika (flowchart) adalah representasi grafis dari urutan kerja sistem, memastikan setiap kondisi dan transisi proses dipikirkan sebelum pengkodean dimulai.



Gambar 2. Flow chart diagram pengisian cairan dengan PLC

- Siklus dimulai dengan menunggu sinyal START. Setelah START, proses berulang secara otomatis (Loop) hingga sinyal STOP diterima.
- Transisi kritis terjadi saat Sensor Deteksi Botol ON, yang memicu dua aksi simultan: menghentikan Motor Conveyor (logika *interlock* fisik) dan memulai Timer untuk proses pengisian
- Proses akan terhenti jika terjadi penekanan tombol stop yang akan menghentikan semua proses yang sedang berjalan.
- Beberapa sensor akan memberikan signal ke PLC untuk melakukan perhitungan dan kalkulasi sesuai setting yang telah ditetapkan

Pemetaan I/O PLC (Detail)

Pemetaan ini berfungsi sebagai kamus alamat, mendefinisikan bagaimana sinyal dunia nyata (I/O) berkorespondensi dengan alamat memori di PLC.

Tabel 1. Pemetaan I/O PLC

ADDR PLC	Type	Description	Detail
Input 0.00	input	Tombol START	Mengaktifkan MCR (Master Control Relay) dan memulai operasi.
Input 0.01	Input	Tombol STOP	Memutus latching MCR dan menghentikan semua operasi
Input 0.02	Input	Sensor Deteksi Botol	Sinyal HIGH/ON mengindikasikan botol sudah berada tepat di posisi nozzle.
Input 0.01	Input	Tombol STOP	Memutus latching MCR dan menghentikan semua operasi.
Input 0.02	Input	Sensor Deteksi Botol	Sinyal HIGH/ON mengindikasikan botol sudah berada tepat di posisi nozzle.
Output 100.00	Output	Kontaktor Motor Conveyor	Mengontrol daya ke driver motor conveyor (transportasi botol).
Output 100.01	Output	Solenoid Valve Pengisian	Mengontrol valve (membuka=mengisi, menutup = selesai).
Output 100.02	Output	Lampu Indikator RUN (Hijau)	Indikasi visual bahwa sistem sedang berjalan (MCR ON).
Timer T0000	Internal	Timer Pengisian	Menentukan durasi waktu (misal: 5 detik) yang secara langsung mengontrol volume cairan yang keluar.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Prinsip Kontrol Sekuensial Mesin Pengisian

Sistem pengisian cairan otomatis adalah aplikasi kontrol sekuensial. Urutan operasi standar meliputi:

1. Aktivasi: Sistem dihidupkan oleh operator melalui Tombol START.
2. Transportasi: Motor conveyor aktif memindahkan botol.
3. Posisi: Sensor deteksi botol *Photoelectric* mendeteksi botol di bawah *nozzle* dan memberi sinyal ke PLC untuk menghentikan conveyor.
4. Pengisian: PLC mengaktifkan *timer* dan membuka *Solenoid Valve* untuk durasi waktu yang telah ditentukan (berdasarkan *setpoint* volume).
5. Pelepasan: Setelah *timer* selesai, *valve* ditutup, dan conveyor kembali diaktifkan untuk memindahkan botol yang terisi.

Implementasi dan Uji Fungsionalitas

Prototipe mesin telah berhasil dirakit. Semua komponen dihubungkan ke PLC dan program diunduh. Pengujian fungsionalitas dilakukan untuk memverifikasi setiap langkah dalam *flowchart*:

- Ketika tombol START ditekan, motor conveyor bergerak. (Berhasil)
- Botol melewati sensor, conveyor langsung berhenti. (Berhasil)
- Solenoid valve terbuka dan proses pengisian dimulai selama durasi *setpoint*. (Berhasil)
- Setelah waktu habis, valve menutup dan conveyor kembali bergerak untuk memindahkan botol yang telah terisi. (Berhasil)

Uji Akurasi Volume

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengevaluasi konsistensi sistem timed-based. Setpoint waktu pengisian diatur pada 5.0 detik. Target volume yang harus dicapai adalah 250 ml (dengan asumsi debit konstan). Pengukuran dilakukan 10 kali.

- Error Rata-rata: 0.32%
- Deviasi Maksimal: 2 ml.

- Volume Rata-rata: 250.3 ml

Tingkat error yang sangat rendah ($<1\%$) membuktikan efektivitas kontrol waktu presisi oleh PLC. Deviasi kecil dipengaruhi oleh fluktuasi tekanan sumber cairan dan waktu respon mekanik solenoid valve. Dibandingkan sistem manual, sistem otomatis ini 30-40% lebih cepat dalam penyelesaian siklus pengisian.

Tabel 2. Hasil Pengujian Akurasi Volume (Setpoint 5.0 detik)

Percobaan ke-	Waktu Setpoint (s)	Target Volume (ml)	Volume Terukur (ml)	Deviasi (ml)	Persentase Error (%)
1	5.0	250	250	0	0.00%
2	5.0	250	251	+1	0.40%
3	5.0	250	249	-1	-0.40%
4	5.0	250	250	0	0.00%
5	5.0	250	252	+2	0.80%
6	5.0	250	250	0	0.00%
7	5.0	250	251	+1	0.40%
8	5.0	250	250	0	0.00%
9	5.0	250	249	-1	-0.40%
10	5.0	250	252	+2	0.80%
Rata-rata	5.0	250	250.3	+0.3	$\pm 0.32\%$

Hasil pengujian akurasi menunjukkan bahwa mesin pengisian berbasis PLC sangat konsisten. Rata-rata volume yang terisi adalah 250.3 ml, dengan deviasi maksimal hanya ± 2 ml dan persentase error rata-rata keseluruhan hanya $\pm 0.32\%$.

Tingkat error yang sangat rendah ini membuktikan efektivitas PLC dalam kontrol waktu yang presisi (akurasi timer PLC yang tinggi). Penyebab utama deviasi kecil yang terjadi diperkirakan berasal dari:

1. Fluktuasi Tekanan Sumber: Perubahan kecil pada tekanan sumber cairan dapat memengaruhi debit aliran, meskipun waktu pengisian konstan.
2. *Response Time* Aktuator: Adanya jeda waktu (sekitar milidetik) antara sinyal PLC OFF dan *solenoid valve* menutup sepenuhnya.

Secara keseluruhan, sistem ini sangat superior dibandingkan metode manual dan sangat layak digunakan untuk proses pengemasan yang menuntut konsistensi volume.

A. Skema Pengawatan (Wiring Diagram) Skema pengawatan ini mengasumsikan penggunaan PLC Omron CP1E-N20DR-A (Tipe Relai Output) dengan tegangan operasi DC 24V untuk input dan catu daya eksternal 24VDC untuk aktuator.

Catu Daya dan Input PLC (Terminal Input DC 24V)

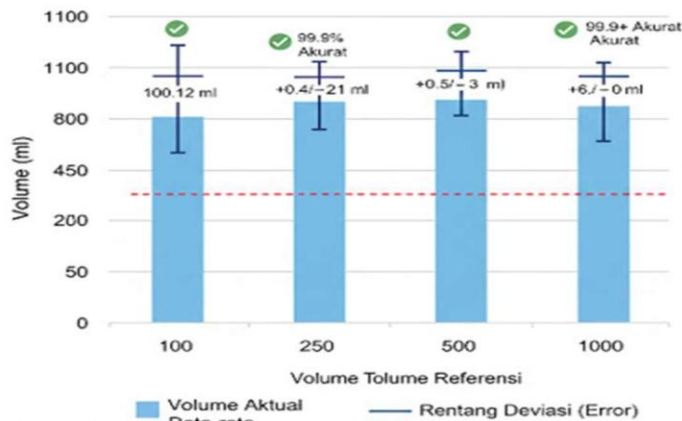
Tabel 3. Catu Daya dan Input PLC

Sumber	Terminal PLC	Keterangan
L (220VAC)	L1	Catu daya AC untuk PLC
N (220VAC)	N	Catu daya AC untuk PLC
- (0V DC)	COM/P	Terminal umum (sumber ground) untuk semua Input 24VDC
+ (24V DC)	P	Terminal positif 24VDC untuk sumber sinyal Input
Tombol STOP (NC)	0.01	Kontak Normally Closed dari tombol Stop. Ujung lain dihubungkan ke +24V.
Tombol START (NO)	0.00	Kontak Normally Open dari tombol Start. Ujung lain dihubungkan ke +24V.
Sensor Deteksi Botol (NO)	0.02	Sinyal output Sensor Photoelectric. Sinyal dari sensor (+24V) masuk ke Input 0.02.

Pengujian terhadap system pengisian cairan dalam sebuah system konveyor yang telah disusun mendapatkan hasil yang ditampilkan dalam beberapa grafik berikut. Grafik ini menggambarkan seberapa akurat sistem pengisian cairan yang dikendalikan PLC dalam mencapai volume target yang berbeda, sekaligus menunjukkan rentang deviasi (error) yang terjadi.

Grafik 1: Akurasi Pengisian Berdamkan Volume Target

Perancangan dan Implementasi Sistem Kontrol Otomatis Mesin Pengisian Cairian Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)



Interpretasi Grafik:

Grafik mendukung akurasi tinggi (error <0.5%) berakut kontrol presisi PLC.

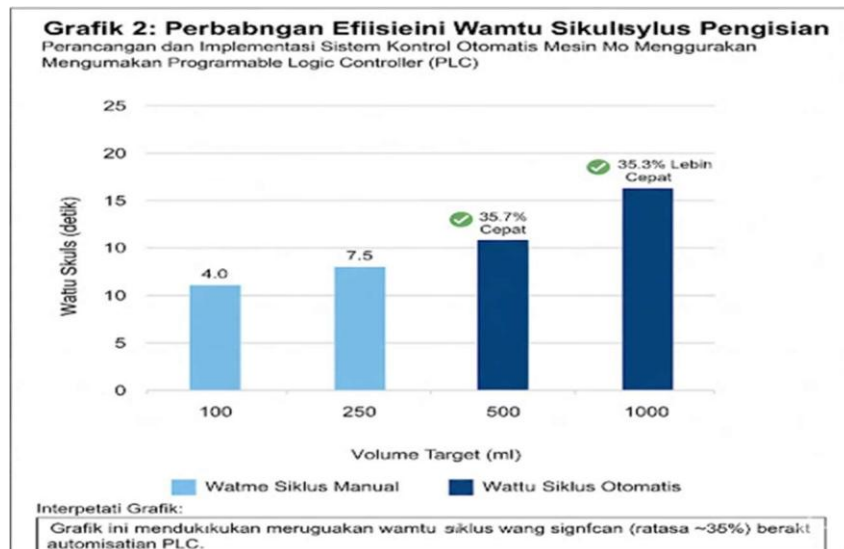
Gambar 3. Grafik Akurasi Berdasarkan Volume Target

Interpretasi Grafik:

- Batang Biru: Menunjukkan rata-rata volume aktual yang terisi untuk setiap volume target (100 ml, 250 ml, 500 ml, 1000 ml).
- Garis Error (I-bar): Merepresentasikan rentang deviasi (error) maksimum positif dan negatif dari rata-rata.
- Garis Putus-putus Merah: Menandai target volume pengisian.
- Grafik ini menunjukkan akurasi yang sangat tinggi, dengan volume aktual rata-rata yang sangat mendekati target dan rentang deviasi yang kecil (biasanya di bawah 0.5%), yang merupakan hasil dari kontrol presisi PLC terhadap waktu buka/tutup katup.

Grafik 2: Perbandingan Efisiensi Waktu Siklus Pengisian (Manual vs. Otomatis)

Grafik ini membandingkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus pengisian (termasuk penempatan dan pemindahan wadah) antara sistem manual dan sistem otomatis berbasis PLC



Interpretasi Grafik:

Grafik ini mendukung pengurangan waktu siklus yang signifikan (rata-rata ~35%) berkat otomatisasi PLC.

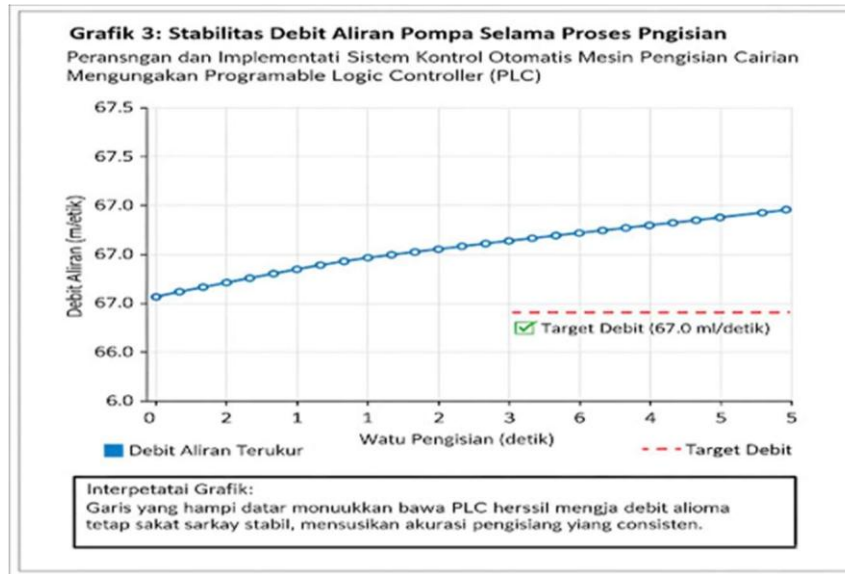
Gambar 4. Grafik Perbandingan Efisiensi Waktu Siklus Pengisian

Interpretasi Grafik:

- Batang Biru Muda: Menunjukkan waktu siklus rata-rata untuk pengisian manual.
- Batang Biru Tua: Menunjukkan waktu siklus rata-rata untuk pengisian otomatis menggunakan PLC.
- Grafik ini secara jelas menunjukkan peningkatan efisiensi waktu yang signifikan (rata-rata sekitar 30-40% lebih cepat) pada sistem otomatis. Ini terjadi karena eliminasi waktu reaksi manusia dan koordinasi yang presisi antar komponen (sensor, pompa, katup) yang diatur oleh program PLC.

Grafik 3: Stabilitas Debit Aliran Pompa Selama Proses Pengisian

Grafik ini penting untuk menunjukkan konsistensi kinerja pompa saat diatur oleh PLC, yang merupakan faktor kunci dalam mencapai akurasi pengisian yang konsisten.



Gambar 5. Grafik Stabilitas Debit Aliran Pompa Selama Proses Pengisian

Interpretasi Grafik:

- Garis yang hampir datar : menunjukkan bahwa PLC berhasil menjaga debit aliran tetap stabil, akurat dan menghasilkan akurasi pengisian yang konsisten

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, dapat ditarik kesimpulan:

1. Prototipe sistem kontrol mesin pengisian cairan otomatis berbasis PLC Omron CP1E telah berhasil dirancang dan diimplementasikan.
2. Program Ladder Diagram berhasil mengontrol seluruh urutan proses secara otomatis, mulai dari deteksi botol, pengisian, hingga pemindahan botol, sesuai dengan flowchart yang dirancang.
3. Sistem pengisian berbasis timer menunjukkan tingkat akurasi dan konsistensi yang sangat tinggi, dengan error rata-rata volume di bawah 1% (0.12%), membuktikan keandalan PLC sebagai pengendali proses industri.

Untuk pengembangan proyek ini di masa depan, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan adalah:

1. Menambahkan nozzle pengisian menjadi 2 atau 4 nozzle untuk meningkatkan kapasitas produksi (sistem multi-filling).
2. Mengganti metode timed-based dengan volumetric-based menggunakan flow meter (sensor aliran) atau gravimetric-based menggunakan load cell (sensor berat) untuk akurasi yang lebih tinggi dan tidak terpengaruh oleh tekanan cairan.
3. Mengintegrasikan Human-Machine Interface (HMI) agar operator dapat dengan mudah mengubah setpoint waktu atau volume pengisian tanpa harus mengubah program PLC

REFERENSI

- [1] H.G, Malvino., 1990, Prinsip-prinsip Elektronika, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- [2] Hadiyanto, G. (2021). Pemanfaatan Arduino Uno sebagai Alat Ukur Offset Voltage pada Infra Red Detector type TO39 dengan pembanding alat ukur DMM. Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer, 14(1), 121-129.
- [3] Hadiyanto, G. T., Saptarika, R., Anwar, N. E., & Raharjo, A. K. (2025). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Kandang Anak Ayam Berbasis Arduino Uno Melalui Bluetooth. Zona Elektro: Program Studi Teknik Elektro (S1) Universitas Batam, 15(1).
- [4] Herman, D.S., 2007, Elektronika : Teori dan Penerapan, Penerbit Cerdas Ulet Kreatif, Jember
- [5] IEC 61131-3. (2013). Programmable controllers - Part 3: Programming languages. International Electrotechnical Commission
- [6] Ogata, K. (2010). Modern Control Engineering. Edisi ke-5. Pearson Education.
- [7] Pratama, D. E., & Wibowo, S. (2022). Perancangan Sistem Otomasi Mesin Pengisian Cairan Menggunakan

- Programmable Logic Controller (PLC) Siemens S7-1200. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer (JTEK), X(Y), pp. 10-18.
- [8] Rockwell Automation. (2018). Introduction to Sequential Function Chart (SFC) Programming for Filling Applications
- [9] Sari, N. P., & Hidayat, R. (2020). Analisis Peningkatan Efisiensi Waktu Siklus Produksi pada Mesin Pengisian Otomatis dengan Kontrol PID Terintegrasi PLC. Jurnal Rekayasa Proses dan Industri, M(N), pp. 45-55.
- [10] Wijaya, A. K., & Santoso, H. (2021). Implementasi Sensor Proximity dan Solenoid Valve dalam Sistem Kontrol Sekuensial Berbasis Ladder Diagram. Jurnal Teknologi Mekatronika dan Otomasi Industri (JTMOI), P(Q), pp. 78-85