

Prototipe Automatic Filling Machine Using PLC CP2E

Prototipe Automatic Filling Machine Menggunakan PLC CP2E

Maulidia Ika Safitri¹, Rahman Arifuddin^{2*}, Subairi³

Teknik Elektro, Universitas Merdeka Malang, Indonesia.

¹ 22045000042@student.unmer.ac.id

² rahman.arifuddin@unmer.ac.id

³ subairi@unmer.ac.id

Abstract *The manual liquid filling process still has several disadvantages, such as inconsistencies in filling volumes, low work efficiency, and high likelihood of operator errors. This research aims to design and implement an Automatic Filling Machine based on PLC Omron CP2E by utilizing a flow sensor as a volume measurement feedback and a servo motor as an actuator to regulate the opening of the ball valve. The system works by calculating the amount of pulses produced by the flow sensor using the High Speed Counter feature on the PLC to determine the volume of liquid that has flowed. The Proportional control (P-Only) method is applied to adjust the position of the servo based on the error value between the target volume and the actual volume so that the valve closing process is carried out gradually. The test results showed that the system was able to achieve a target volume of 250 mL with an average actual volume of 250 mL, an average error of 0%, and an average charging time of 32.57 seconds. The optimal Kp value of 0.168 results in an actual volume that corresponds to the target so that it is chosen as the best control parameter. Based on these results, the system designed is able to automatically fill liquids with a good level of accuracy, stability, and consistency.*

Keywords: *Automatic Filling Machine, PLC Omron CP2E, Flow Sensor, Servo Motor, Proportional Control.*

Abstrak *Proses pengisian cairan secara manual masih memiliki beberapa kelemahan, seperti ketidakkonsistenan volume pengisian, rendahnya efisiensi kerja, dan tingginya kemungkinan terjadinya kesalahan operator. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Automatic Filling Machine berbasis PLC Omron CP2E dengan memanfaatkan flow sensor sebagai umpan balik pengukuran volume serta servo motor sebagai aktuatur pengatur bukaan ball valve. Sistem bekerja dengan menghitung jumlah pulsa yang dihasilkan flow sensor menggunakan fitur High Speed Counter pada PLC untuk menentukan volume cairan yang telah mengalir. Metode kontrol Proporsional (P-Only) diterapkan untuk mengatur posisi servo berdasarkan nilai error antara volume target dan volume aktual sehingga proses penutupan valve dilakukan secara bertahap. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mencapai volume target 250 mL dengan rata-rata volume aktual sebesar 250 mL, rata-rata error sebesar 0%, dan rata-rata waktu pengisian sebesar 32,57 detik. Nilai Kp optimum sebesar 0,168 menghasilkan volume aktual yang sesuai dengan target sehingga dipilih sebagai parameter kontrol terbaik. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dirancang mampu melakukan pengisian cairan secara otomatis dengan tingkat akurasi, stabilitas, dan konsistensi yang baik.*

Kata Kunci: *Automatic Filling Machine, PLC Omron CP2E, Flow Sensor, Servo Motor, Kontrol Proportional.*

I. INTRODUCTION

Pada era Industri 4.0, sistem otomasi banyak diterapkan untuk meningkatkan kualitas dan konsistensi proses produksi [1]. Salah satu penerapannya adalah sistem pengisian cairan otomatis (automatic filling machine) yang digunakan untuk mengisi produk cair ke dalam kemasan dengan volume tertentu secara otomatis [2]. Sistem ini bertujuan meningkatkan konsistensi volume, mengurangi kesalahan manusia (human error), serta mempermudah pengawasan dan pengendalian proses [3]. Akurasi volume pengisian sangat penting karena berpengaruh terhadap kualitas dan konsistensi produk, sehingga diperlukan sistem yang mampu memantau dan mengendalikan proses secara akurat[4].

Pada proses manual, pengisian sangat bergantung pada operator sehingga menimbulkan variasi volume antar kemasan, terutama pada proses berulang [1]. Selain itu, monitoring dan pengendalian sulit dilakukan secara konsisten, sehingga diperlukan sistem otomatis yang mampu menghasilkan pengisian lebih seragam dan stabil [5].

Sejalan dengan perkembangan penelitian sebelumnya, beberapa studi telah mengembangkan sistem pengisian otomatis menggunakan berbagai kontroler seperti mikrokontroler Arduino, PLC, dan sistem berbasis sensor [6]. Penggunaan mikrokontroler umumnya fleksibel, namun memiliki keterbatasan dalam keandalan untuk aplikasi industri jangka panjang. Selain itu, beberapa sistem yang telah dikembangkan masih memiliki keterbatasan seperti kurangnya akurasi pengaturan volume pengisian serta belum optimalnya integrasi antara sensor dan aktuator [7].

Maka dengan adanya perkembangan teknologi kontrol memungkinkan penggunaan Programmable Logic Controller (PLC) sebagai pusat kendali sistem otomasi karena memiliki keandalan tinggi, mudah diprogram, dan stabil di lingkungan industri [8]. Pada penelitian ini digunakan PLC CP2E sebagai pengendali utama karena memiliki kecepatan pemrosesan baik, mendukung High Speed Counter (HSC), mudah diintegrasikan dengan Human Machine Interface (HMI), serta memiliki kapasitas memori yang memadai[9] [10].

Serta sistem ini menggunakan flow sensor sebagai umpan balik untuk mengukur volume cairan secara real-time berdasarkan jumlah pulsa. Data sensor digunakan oleh PLC untuk mengatur proses pengisian agar sesuai dengan setpoint yang ditentukan [7].

Untuk meningkatkan ketepatan pengisian diterapkan kontrol Proporsional (P-Only) karena sederhana, mudah diimplementasikan pada PLC, serta memiliki

respons cepat terhadap error antara nilai aktual dan setpoint [11].

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, sebagian besar sistem pengisian otomatis masih menggunakan metode berbasis timer atau kontrol ON/OFF, sehingga ketelitian volume pengisian dipengaruhi oleh perubahan debit aliran dan karakteristik aktuator. Selain itu, penerapan kontrol Proporsional (P-Only) berbasis PLC Omron CP2E yang memanfaatkan umpan balik flow sensor YF-S401 untuk mengatur bukaan servo motor secara bertahap masih belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sistem Automatic Filling Machine berbasis PLC Omron CP2E dengan kontrol Proporsional (P-Only) untuk memperoleh proses pengisian yang lebih stabil, akurat, dan konsisten[12].

II. METHODS (FOR ORIGINAL RESEARCH ARTICLE ONLY)

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan metode penelitian eksperimen dengan pendekatan rancang bangun sistem. Metode ini bertujuan merancang, mengimplementasikan dan mengevaluasi sistem *Automatic Filling Machine* menggunakan PLC CP2E . Sistem ini di kembangkan untuk meningkatkan akurasi dan konsistensi proses pengisian cairan melalui mekanisme kontrol otomatis berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) [13].

Secara umum, sistem yang dirancang terdiri atas tiga subsistem utama, yaitu subsistem input, subsistem pengendali, dan subsistem output, seperti pada Gambar 1. Subsistem input berfungsi untuk mendeteksi keberadaan wadah botol dengan menggunakan sensor, seperti sensor proximity atau infrared. Lalu untuk mendeteksi kecepatan laju aliran menggunakan sensor seperti flow sensor [7]. Data dari sensor tersebut kemudian dikirimkan ke PLC CP2E sebagai pusat pengendali utama sistem. Selanjutnya, PLC memproses logika kontrol yang telah diprogram untuk menentukan aksi yang harus dilakukan oleh sistem output. Subsistem output terdiri atas motor servo yang dimodifikasi dengan ball valve dan berfungsi untuk mengatur bukaan katup ball valve selama proses pengisian . Ketika sensor mendeteksi adanya wadah botol pada posisi yang sesuai, PLC akan mengaktifkan aktuator untuk memulai proses filling berdasarkan pulse sensor dan kontrol propotionalatau parameter volume sesuai set point yang ditentukan. Setelah setpoint pengisian tercapai, PLC akan menghentikan aktuator secara otomatis untuk mencegah kelebihan pengisian.

Gambar 1. Diagram blok sistem

Perancangan sistem kontrol pada penelitian ini menggunakan konsep *closed-loop control* sederhana berbasis logika PLC [11]. Input dari sensor dibandingkan dengan kondisi yang telah ditentukan dalam program PLC untuk menghasilkan sinyal kendali pada aktuator, di mana aktuator berupa motor servo yang dapat diatur sudut bukaan secara kontinu. Sistem ini menggunakan kontrol Proporsional (P), tanpa menggunakan komponen Integral (I) dan Derivative (D) karena nilai I dan D difiksasi pada 0, sehingga hanya kontribusi kontrol proporsional yang digunakan untuk mengatur posisi aktuator berdasarkan error yang terjadi [11]. Implementasi sistem dilakukan menggunakan PLC CP2E dengan pemrograman melalui perangkat lunak CX-Programmer [10]. Program yang dibuat berupa *ladder diagram* yang mengatur urutan kerja sistem mulai dari deteksi wadah, proses pengisian, hingga penghentian aktuator. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap kinerja sistem selama pengujian. Data yang diamati meliputi waktu respon sensor, durasi pengisian, ketepatan volume pengisian, serta tingkat kesalahan (*error*) pada proses filling. Selain itu, dilakukan pengujian berulang untuk memastikan konsistensi kerja sistem.

Gambar 2. Flow chart sistem

Pada gambar 2 menjelaskan mengenai Alur kerja dari sistem automatic filling machine yang dikendalikan oleh PLC CP2E diawali dengan proses inisialisasi sistem yaitu PLC CP2E melakukan konfigurasi seluruh input dan output yang digunakan, setelah inisialisasi selesai masukkan setpoint volume yang diinginkan, nilai set point ini yang akan digunakan sebagai acuan dalam proses pengendalian volume pengisian, selanjutnya conveyor akan otomatis bergerak untuk membawa botol menuju posisi pengisian tepat dibawah nozel, sensor pendeteksi botol yang akan mendeteksi botol pada area pengisian, apabila botol belum terdeteksi maka conveyor akan terus bergerak, dan apabila botol terdeteksi sensor maka conveyor akan berhenti tepat dibawah nozel. Setelah itu servo motor akan menggerakkan ball valve untuk membuka penuh, selama proses pengisian flow sensor membaca pulse aliran dan mengirim data kepada PLC CP2E, data tersebut digunakan untuk menghitung volume aktual yang masuk kedalam botol. Selanjutnya PLC CP2E menghitung nilai error yaitu selisih antar volume set point dan volume aktual yang terbaca oleh flow sensor. Nilai error tersebut menjadi dasar dalam proses pengendalian bukaan ball valve. Proses pengendalian dilakukan secara bertahap berdasarkan besar kecil error yang terjadi. Ketika volume yang terisi masih jauh dari setpoint, maka ball valve akan membuka penuh, saat error mendekati setpoint bukaan valve dikurangi menjadi setengah untuk

menurunkan laju aliran, kemudian ketika volume aktual sudah sangat hampir mendekati setpoint ball valve hanya dibuka sedikit sehingga debit aliran menjadi lebih kecil dan resiko overshoot dapat diminimalkan. Lalu terakhir ketika volume aktual sama dengan setpoint ball valve akan menutup penuh sehingga cairan berhenti, setelah itu proses pengisian selesai, conveyor kembali bergerak untuk mengeluarkan botol yang sudah terisi dan membawa botol berikutnya kedalam proses pengisian. Proses ini berlangsung secara berulang hingga proses produksi dihentikan.

Kontrol PID

Kontrol PID menghasilkan sinyal keluaran yang digunakan untuk mengatur posisi servo motor sehingga bukaan katup dapat berubah sesuai kebutuhan debit cairan. Penggunaan PID pada sistem pengisian cairan terbukti mampu meningkatkan kestabilan proses filling dibandingkan sistem kontrol konvensional [4][14].

Gambar 3. Blok diagram Propotional metode

Struktur sistem kendali PID yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3. Blok diagram sistem[15]. Pada sistem tersebut, nilai setpoint (SP) merupakan volume target yang dimasukkan untuk menentukan aliran yang akan diisi. Nilai tersebut dibandingkan dengan process variable (PV) yang diperoleh dari hasil pengukuran flow sensor. Selisih antara setpoint dan process variable disebut sebagai error. Pada sistem penerapan metode PID/Propotional metode berfungsi untuk mengatur ball valve berdasarkan flow sensor. Pada Gambar 3. set point masukan bagi kontroler dan diproses dengan PID/propotional metode, flow sensor akan mendeteksi jika volume aktual masih terlalu jauh dengan setpoint dan ketika sudah mendekati setpoint atau nilai sama dengan set point maka motor servo akan berputar untuk menutup ball valve secara perlahan sesuai volume aktual dari flow sensor.

Perhitungan error

Error dihitung dari selisih antara target volume dan volume aktual hasil pembacaan flow sensor. Secara teori, kontrol proporsional dinyatakan sebagai berikut:

$$e(t) = SP - PV$$

$$u(t) = Kp \cdot e(t)$$

Keterangan:

e = error volume

Vsp = volume target (setpoint)

Vact = volume aktual

dengan $e(t)$ merupakan error, SP adalah setpoint volume, PV adalah volume aktual, dan $u(t)$ merupakan sinyal kendali yang diberikan kepada servo motor. Semakin besar error yang terjadi maka semakin besar pula bukaan ball valve yang dihasilkan [16][17].

Pada penelitian ini, fungsi PID Auto-Tuning bawaan PLC Omron tidak digunakan karena karakteristik proses pengisian cairan termasuk integrating process, yaitu volume cairan tidak dapat berkurang secara alami setelah masuk ke dalam botol. Oleh karena itu diterapkan metode proportional manual menggunakan pendekatan linear mapping antara sisa volume dan posisi servo [10].

Berdasarkan hasil kalibrasi sistem, rentang PWM servo berada pada nilai 908–950 dengan zona pengereman dimulai pada sisa volume 250 pulsa. Gain proporsional diperoleh sebesar:

$$K_p = (950 - 908) / 250 = 0,168$$

Nilai gain tersebut digunakan untuk menghasilkan perubahan posisi servo secara proporsional terhadap sisa volume yang belum tercapai. Penerapan kontrol proportional memungkinkan servo melakukan penyesuaian posisi secara bertahap sehingga aliran cairan dapat dikontrol dengan lebih baik dan mengurangi perubahan debit yang terlalu drastis .

Untuk memperoleh proses penutupan valve yang lebih halus digunakan metode linear mapping antara sisa pulsa dan posisi servo. Persamaan yang diterapkan pada PLC CP2E ditunjukkan pada Persamaan berikut:

$$PWM = ((e \times 42) / 250) + 908$$

dimana:

e = error atau sisa pulsa

42 = rentang kendali servo

250 = zona pengereman

908 = nilai PWM minimum servo

Persamaan tersebut digunakan untuk mengatur posisi servo secara bertahap dari kondisi terbuka penuh menuju tertutup rapat seiring berkurangnya nilai error. Dengan metode ini laju aliran cairan dapat dikurangi secara bertahap sehingga volume pengisian mendekati setpoint dan risiko overshoot dapat diminimalkan .

Pengujian parameter pengendali dilakukan dengan memvariasikan nilai konstanta proporsional (K_p)

untuk mengetahui pengaruhnya terhadap ketepatan volume pengisian. Pada penelitian ini, nilai konstanta integral (K_i) dan konstanta derivatif (K_d) ditetapkan sebesar 0, sehingga sistem bekerja menggunakan metode kontrol Proporsional (P-Only). Pengaturan tersebut dilakukan agar pengaruh perubahan nilai K_p terhadap respon sistem dapat diamati secara lebih jelas tanpa dipengaruhi oleh aksi integral maupun derivatif [18][19].

Dengan menetapkan $K_i = 0$ dan $K_d = 0$, respon sistem sepenuhnya ditentukan oleh nilai K_p sehingga proses tuning dan analisis dapat dilakukan dengan lebih sederhana serta sesuai dengan karakteristik sistem yang dikendalikan.

Setelah diperoleh nilai K_p optimum, pengujian dilanjutkan dengan memvariasikan zona pengereman untuk mengetahui pengaruhnya terhadap ketepatan volume pengisian, dengan nilai K_p dipertahankan tetap pada kondisi optimum dan K_i serta K_d tetap bernilai 0 sehingga sistem tetap bekerja menggunakan kontrol Proporsional (P-Only).

Dengan demikian, kontrol Proporsional (P-Only) digunakan untuk menyesuaikan bukaan valve secara proporsional terhadap error antara volume setpoint dan volume aktual yang dibaca oleh flow sensor [11].

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan hasil pengisian terhadap standar yang telah ditentukan. Parameter evaluasi yang digunakan meliputi tingkat akurasi pengisian, kecepatan proses, serta keandalan sistem dalam menjalankan siklus otomatis. Sistem dikatakan memiliki kinerja yang baik apabila mampu menghasilkan pengisian yang konsisten, minim error, serta memiliki respon yang stabil pada setiap siklus kerja.

III. RESULTS AND DISCUSSION (REVIEW ARTICLE USE DISCUSSION)

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja *Automatic Filling Machine* berbasis PLC CP2E dengan kontrol motor servo menggunakan sinyal PWM, pembacaan flow sensor berbasis instruksi PRV pada PLC untuk menghitung pulse dari flow sensor, serta implementasi kontrol propotional untuk mengatur bukaan ball valve. Sistem diuji untuk melihat kemampuan dalam mencapai nilai setpoint, kestabilan aliran, nilai error, serta karakteristik respon seperti overshoot dan waktu pengisian [10].

Gambar 4. Desain alat

Pada penelitian ini, motor servo dikendalikan menggunakan sinyal PWM dengan karakteristik bahwa nilai duty cycle 908 menghasilkan kondisi valve tertutup, sedangkan duty cycle 950 menghasilkan kondisi valve terbuka penuh. Flow sensor digunakan untuk mengukur jumlah aliran cairan berdasarkan jumlah pulsa yang dihitung menggunakan instruksi pada PLC CP2E. Selanjutnya, kontrol propotional digunakan untuk mengatur besar bukaan valve berdasarkan selisih antara setpoint dan nilai aktual aliran. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi setpoint aliran (mL) untuk melihat respons sistem terhadap perubahan volume aliran. Data yang diambil meliputi perbandingan nilai target dengan nilai setpoint, respon sistem terhadap waktu untuk mencapai kondisi stabil dan nilai error pengisian terhadap waktu.

Gambar 5. Perancangan Alat

Pada penelitian ini volume target ditetapkan sebesar 250 mL yang setara dengan 1185 pulsa berdasarkan hasil kalibrasi flow sensor [7]. Pengujian dilakukan sebanyak beberapa kali pengulangan untuk mengetahui tingkat akurasi dan konsistensi sistem.

Dari hasil pengujian, sistem menunjukkan bahwa perubahan keluaran kontrol Proporsional (P) berpengaruh langsung terhadap bukaan ball valve melalui pergerakan servo. Ketika nilai keluaran kontrol meningkat, bukaan valve semakin besar sehingga aliran fluida meningkat, sedangkan ketika nilai keluaran menurun, bukaan valve mengecil sehingga aliran berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan setpoint secara adaptif [11].

Tabel 1. Hasil Pengujian Volume Pengisian

Berdasarkan hasil pengujian yang ada pada tabel 1. dilakukan sebanyak 20 kali pada target volume 250mL, sistem mampu mencapai volume aktual yang sesuai dengan nilai target pada setiap percobaan serta diperoleh rata-rata volume aktual sebesar 250mL dengan rata-rata error sebesar 0%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengisian cairan secara otomatis dengan tingkat akurasi, konsisten dan stabil dalam mencapai setpoint yang telah ditentukan. Perbedaan antara volume target dan volume aktual dipengaruhi oleh respon servo motor, karakteristik aliran fluida, serta keterlambatan pembacaan flow sensor.

Persentase error dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$Error(\%) = (|Vsp - Vact|) / Vsp \times 100\%$$

dimana:

Vsp = volume target (mL)

Vact = volume aktual hasil pengisian (mL)

Gambar 6. Grafik Perbandingan Volume Target dan Volume Aktual

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, nilai volume aktual pada seluruh pengujian berada pada nilai yang sama dengan volume target, yaitu 250 mL. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan konsistensi pengisian dan bekerja dengan stabil pada setiap percobaan.

Tabel 2. Nilai Kp terhadap nilai Aktual volume

Berdasarkan Tabel 2 bahwa nilai Kp berpengaruh terhadap volume pengisian yang dihasilkan. Semakin besar nilai Kp, volume aktual cenderung semakin mendekati setpoint 250 mL. Nilai Kp sebesar 0,168 menghasilkan volume aktual yang sama dengan target, yaitu 250 mL dengan error 0%, sehingga dipilih sebagai nilai Kp optimum.

Gambar 7. Grafik pengaruh nilai Kp terhadap volume aktual

Berdasarkan grafik pada gambar 7, peningkatan nilai Kp menyebabkan volume aktual semakin mendekati setpoint 250 mL dan nilai error semakin kecil. Sehingga Nilai Kp = 0,168 menjadi nilai Kp yang paling optimal. Sementara itu, nilai Kp yang lebih rendah menyebabkan undershoot, sedangkan nilai Kp yang lebih tinggi menyebabkan overshoot pada proses pengisian.

Tabel 3. Hasil Pengujian Waktu Pengisian

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3. sebanyak 20 kali, sistem mampu mengisi volume 250 mL dengan rata-rata waktu pengisian sebesar 32,57 detik. Nilai error rata-rata yang diperoleh sebesar 0,52%, menunjukkan bahwa waktu pengisian pada setiap percobaan relatif konsisten dan sistem bekerja dengan stabil selama proses pengisian berlangsung.

Persentase error dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$Error(\%) = (|Vsp - Vact|) / Vsp \times 100\%$$

dimana:

Vsp = volume target (mL)

Vact = volume aktual hasil pengisian (mL)

Gambar 8. Grafik Respon Pengisian terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa volume meningkat selama proses pengisian hingga mencapai setpoint. Dari grafik dapat diamati apakah terjadi overshoot serta seberapa efektif kontrol proportional mengatur penutupan valve. Konsistensi waktu pengisian menunjukkan bahwa sistem kontrol mampu mempertahankan performa aktuator selama proses filling berlangsung. Karakteristik tersebut yang menunjukkan bahwa penerapan PLC pada sistem pengisian cairan dapat meningkatkan kestabilan proses produksi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi servo berbasis PWM, flow sensor berbasis pulse counting, dan metode propotional pada PLC CP2E mampu menghasilkan sistem pengisian otomatis yang stabil dan cukup akurat. Jika dibandingkan dengan sistem berbasis kontrol ON/OFF, penggunaan metode propotional memberikan peningkatan dalam hal kestabilan aliran dan pengurangan error. Sistem ON/OFF cenderung menghasilkan fluktuasi aliran yang lebih besar karena tidak adanya mekanisme koreksi proporsional terhadap error. Sementara itu, metode propotional mampu menyesuaikan bukaan valve secara bertahap sehingga proses pengisian menjadi lebih halus[11]. Dibandingkan beberapa penelitian terdahulu. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hazrina dkk. (2024), proses pengisian cairan masih menggunakan pengaturan waktu (timer) pada PLC untuk mencapai volume yang diinginkan, sehingga waktu pengisian meningkat seiring bertambahnya volume target. Sementara itu, penelitian Rosyady dan Indriyanto (2022) juga menerapkan sistem pengisian berbasis PLC dengan metode time base dan menghasilkan rata-rata error pengisian sebesar 1,25% pada volume target 200 mL. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini menggunakan flow sensor YF-S401 sebagai umpan balik volume yang dipadukan dengan kontrol Proporsional (P-Only) pada PLC Omron CP2E.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem Automatic Filling Machine berbasis PLC Omron CP2E mampu mencapai volume target 250 mL dengan rata-rata error volume sebesar 0% dan rata-rata waktu pengisian sebesar 32,57 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kontrol Proporsional (P-Only) dengan nilai K_p optimum sebesar 0,168 mampu mengatur bukaan ball valve secara bertahap sehingga volume pengisian dapat mencapai setpoint secara konsisten. Meskipun demikian, performa sistem tetap dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain respons motor servo yang memerlukan waktu untuk menggerakkan ball valve, keterlambatan pembacaan pulsa oleh flow sensor YF-S401, serta karakteristik aliran fluida yang masih memiliki momentum ketika valve mulai menutup. Faktor-faktor tersebut berpotensi menyebabkan penyimpangan volume pada kondisi tertentu. Namun, pengaruhnya dapat

diminimalkan melalui pengaturan nilai K_p yang tepat sehingga sistem tetap menghasilkan proses pengisian yang stabil, akurat, dan konsisten.

IV. CONCLUSION

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem filling otomatis berbasis PLC Omron CP2E, sensor flow YF-S401, dan motor servo sebagai pengendali bukaan ball valve, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang telah mampu melakukan proses pengisian cairan secara otomatis sesuai dengan volume target yang ditentukan.

Berdasarkan pengujian keseluruhan sebanyak 20 kali pada target volume 250 mL, sistem berhasil mencapai volume target pada setiap percobaan dengan rata-rata waktu pengisian sebesar 32,57 detik dan rata-rata error waktu sebesar 0,52%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik serta memiliki kestabilan dan konsistensi yang baik selama proses pengisian berlangsung.

Berdasarkan pengujian nilai K_p terjadinya peningkatan nilai K_p menyebabkan volume aktual semakin mendekati setpoint 250 mL dan nilai error semakin kecil. Nilai $K_p = 0,168$ menghasilkan volume aktual sebesar 250 mL dengan error 0%, sehingga menjadi nilai K_p yang paling optimal. Sementara itu, nilai K_p yang lebih rendah menyebabkan undershoot, sedangkan nilai K_p yang lebih tinggi menyebabkan overshoot pada proses pengisian. Nilai K_i dan K_d tidak digunakan dalam penelitian ini karena tujuan pengujian difokuskan pada analisis pengaruh kontrol proporsional terhadap performa sistem filling. Dengan menetapkan $K_i = 0$ dan $K_d = 0$, respon sistem sepenuhnya ditentukan oleh nilai K_p sehingga proses tuning dan analisis dapat dilakukan dengan lebih sederhana serta sesuai dengan karakteristik sistem yang dikendalikan.

Berdasarkan hasil pengujian sebanyak 20 kali, sistem mampu mengisi volume 250 mL dengan rata-rata waktu pengisian sebesar 32,57 detik. Nilai error rata-rata yang diperoleh sebesar 0,52%, menunjukkan bahwa waktu pengisian pada setiap percobaan relatif konsisten dan sistem bekerja dengan stabil selama proses pengisian berlangsung.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem automatic filling berbasis PLC dengan menerapkan kontrol Proporsional (P-Only) yang mampu mengatur bukaan servo secara bertahap berdasarkan umpan balik flow sensor sehingga menghasilkan proses pengisian yang stabil

dan akurat. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan metode kontrol adaptif atau PID penuh serta menggunakan flow sensor dengan resolusi yang lebih tinggi untuk meningkatkan kecepatan dan ketelitian sistem.

V. ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada pihak laboratorium yang telah menyediakan fasilitas serta dukungan alat dan bahan dalam perancangan dan pengujian sistem *Automatic Filling Machine* berbasis PLC CP2E. Tidak lupa, penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penelitian berlangsung sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENCES

- [1] J. Bastarwan, T. S. Patma, and D. Radianto, "Implementasi flow sensor pada alat pengisi mase otomatis ke dalam cetakan keramik," *Elkolind J. Elektron. Otomasi Ind.*, 2022.
- [2] S. P. Sutisna *et al.*, "Rancang bangun dan pengujian sistem filling pada mesin packaging otomatis berbasis microcontroller," vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2023.
- [3] F. Hazrina and H. Gilang, "Rancang Bangun Mesin Pengisian Minyak dengan Sistem Otomasi Berbasis Programmable Logic Controller," vol. d, pp. 75–87, 2024.
- [4] A. D. Risdhayanti, D. A. Permatasari, M. Rifa'i, and I. S. Asti, "Performance Enhancement of Liquid Filling Process Using Feedforward-Feedback PID Control under DCS Environment," *Andalas J. Electr. Electron. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 93–101, 2025.
- [5] P. A. Rosyady, B. Indriyanto, T. Elektro, and U. A. Dahlan, "Perancangan Sistem Pengisian pada Alat Pembuat Kopi Otomatis Menggunakan PLC OMRON CP1E," vol. 13, no. 01, pp. 41–47, 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i1.008.
- [6] A. Munandar, N. D. M. Veronika, D. Abdulllah, and E. Sahputra, "Miniature Design of Liquid Filling Machine Automatically Using ESP32 Based IOT (Internet of Things)," *J. Komput. Inf. Dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, 2023.
- [7] D. A. Ilham, A. H. Al-azhari, and D. Djuniadi, "Rancang Bangun Sistem Transfer Liquid Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor YF-S401," vol. 18, no. 02, 2024.
- [8] P. Controller, "CP2E".
- [9] D. Z. Ridwan, H. M. Himawan, and A. Kurniawan, "Otomatisasi Perhitungan OEE pada Mesin Filling ILPAK 50g Menggunakan PLC dan HMI," vol. 11, no. 3, pp. 173–178, 2024.
- [10] C. P. U. U. Software, "CP2E CPU Unit Software USER ' S MANUAL".
- [11] B. P. Anggara, A. Ma, and N. S. Abu, "Design of a Liquid Tank Filling Control System Using PID," vol. 5, no. 3, pp. 367–375, 2023, doi: 10.12928/biste.v5i3.8915.
- [12] M. Khusniyah, E. S. Budi, and H. K. Safitri, "Sistem Kendali PID Menggunakan PLC CP1H dan HMI pada Aplikasi Miniplant Tekanan Udara," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 8, no. 3, p. 229, 2021.
- [13] D. C. Permatasari, M. Aditya, R. Fahreza, and D. W. Pamungkas, "Rancang Bangun Alat Trainer Kontrol Berbasis PLC Omron CP2E untuk Media Pembelajaran," vol. 5, no. 1, pp. 11–16, 2023.
- [14] M. O. Ardhana, T. S. Patma, and D. Radianto, "Implementasi Kontrol Kecepatan Motor Konveyor sebagai Penggerak Alat Pengisi Mase Otomatis ke dalam Cetakan Keramik," *J. Elkolind J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 9, no. 3, pp. 261–269, 2022.
- [15] A. B. Setiawan and M. A. Ridlo, "Determining PID Parameters For Temperature Control System in Cavendish Banana Storage Room," vol. 8, no. 1, pp. 15–23, 2024.
- [16] L. H. Nggala, N. Nachrowie, and S. Subairi, "Implementasi Metode Proportional Integral Derivative (PID) Ziegler Nichols pada Kontrol Mesin Penyangrai Biji Kopi," *Energy J. Ilm. Ilmu-ilmu Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 16–27, 2023.
- [17] A. Al Rasyid, "Sistem Kontrol Pengisian Air Minum Kemasan Menggunakan Metode PID." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2024.
- [18] Y. Afriansyah, R. Arifuddin, and Y. Novrianto, "Sistem Alat Pendeteksi Detak Jantung , Suhu Tubuh dan Tekanan Darah dengan Metode PID (Propotional Integral Derivative)," vol. 3, no. 2, pp. 2–7, 2022.
- [19] Y. U. D. Sipul, D. A. Prasetya, and W. Dirgantara, "CONTROL SYSTEM KENDALI KECEPATAN SEPEDA," vol. 1, no. 1, pp. 45–49, 2019.

*Correspondent e-mail address

rahman.arifuddin@unmer.ac.id Peer reviewed under
responsibility of Muhammadiyah Sidoarjo University,
Indonesia

license(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Received: 2026-06-05

Accepted: 2026-06-29

Published: 2026-07-06

© 2026 Muhammadiyah University Sidoarjo, All right
reserved, This is an open access article under the CC BY

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil Pengujian Volume Pengisian	45
Tabel 2 Nilai Kp terhadap nilai Aktual volume.....	45
Tabel 3 Hasil Pengujian Waktu Pengisian.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram blok sistem	47
Gambar 2 Flow Chart sistem	47
Gambar 3 Blok diagram Propotional metode	47
Gambar 4 Desain alat	48
Gambar 5 Perancangan Alat	48
Gambar 6 Grafik Perbandingan Volume Target dan Volume Aktual.....	48
Gambar 7 Grafik pengaruh nilai Kp terhadap volume aktual	49
Gambar 8 Grafik Respon Pengisian terhadap Waktu	49

Tabel 1 Hasil Pengujian Volume Pengisian

NO	TARGET (mL)	AKTUAL (mL)	ERROR (%)
1	250mL	250mL	0%
2	250mL	250mL	0%
3	250mL	250mL	0%
4	250mL	250mL	0%
5	250mL	250mL	0%
6	250mL	250mL	0%
7	250mL	250mL	0%
8	250mL	250mL	0%
9	250mL	250mL	0%
10	250mL	250mL	0%
11	250mL	250mL	0%
12	250mL	250mL	0%
13	250mL	250mL	0%
14	250mL	250mL	0%
15	250mL	250mL	0%
16	250mL	250mL	0%
17	250mL	250mL	0%
18	250mL	250mL	0%
19	250mL	250mL	0%
20	250mL	250mL	0%
Rata Rata Error			0%

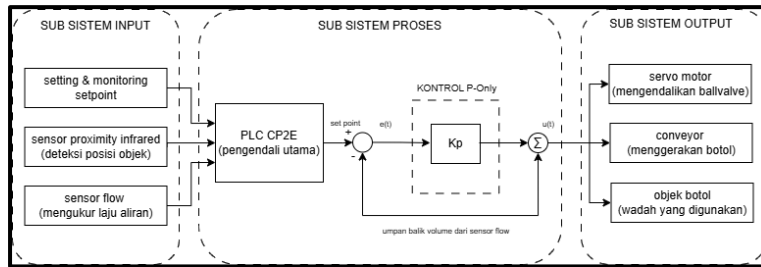
Tabel 2 Nilai Kp terhadap nilai Aktual volume

No	Kp	Target (mL)	Aktual (mL)	Error (%)
1	0,108	250	235	6
2	0,128	250	240	4
3	0,148	250	245	2
4	0,168	250	250	0
5	0,188	250	255	2

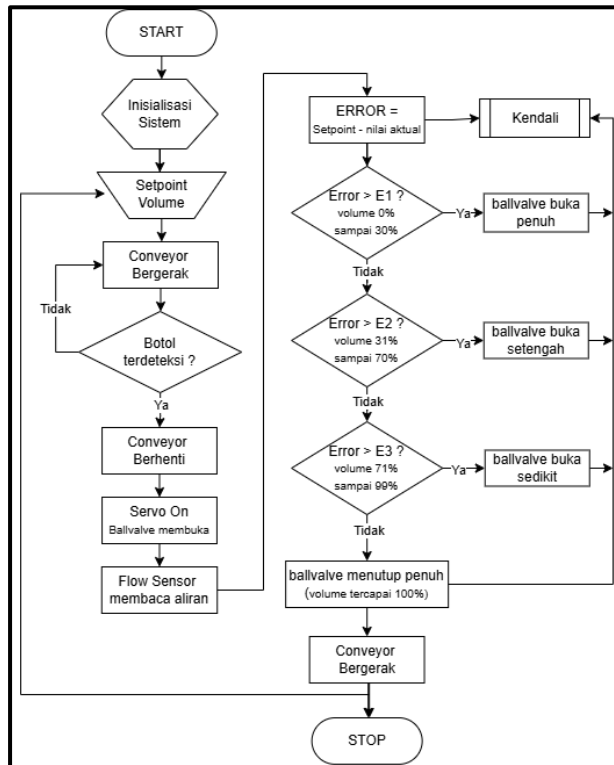
Tabel 3 Hasil Pengujian Waktu Pengisian

NO	TARGET (mL)	WAKTU (Sec)	ERROR (%)
1	250mL	32,79	0,67
2	250mL	32,79	0,67
3	250mL	32,58	0,03
4	250mL	32,7	0,39
5	250mL	32,66	0,27

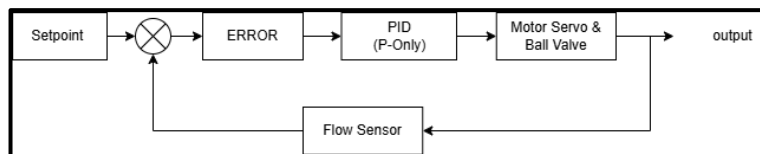
6	250mL	32,58	0,03
7	250mL	32,79	0,67
8	250mL	32,8	0,70
9	250mL	32,61	0,12
10	250mL	32,26	0,96
11	250mL	32,93	1,10
12	250mL	32,35	0,68
13	250mL	32,25	0,99
14	250mL	32,51	0,19
15	250mL	32,4	0,53
16	250mL	32,25	0,99
17	250mL	32,73	0,49
18	250mL	32,4	0,53
19	250mL	32,47	0,31
20	250mL	32,58	0,03
Rata Rata		32,57 sec	0,52%



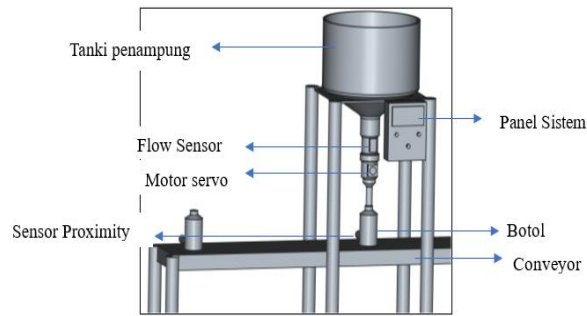
Gambar 1 Diagram blok sistem



Gambar 2 Flow Chart sistem



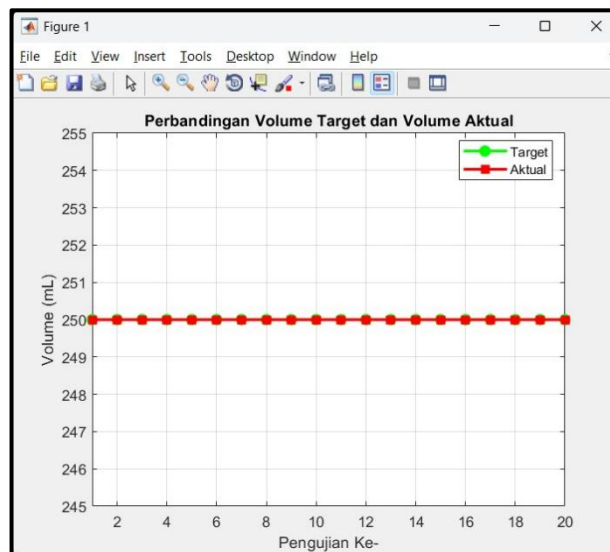
Gambar 3 Blok diagram Propotional metode



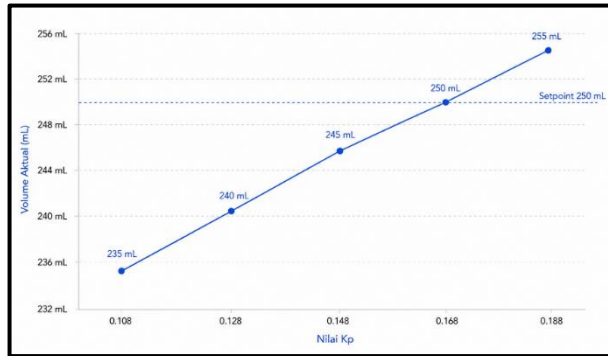
Gambar 4 Desain alat



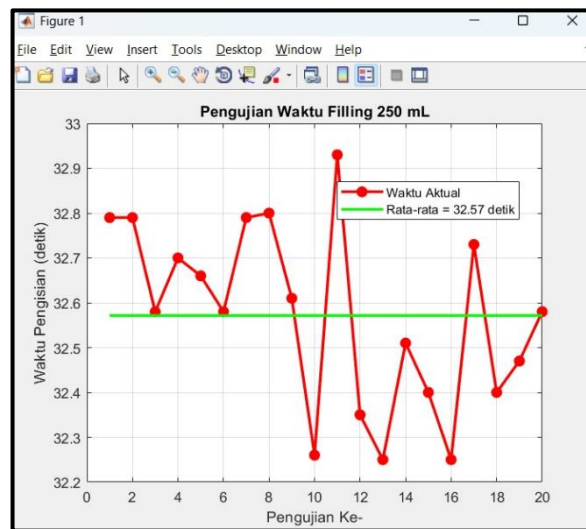
Gambar 5 Perancangan Alat



Gambar 6 Grafik Perbandingan Volume Target dan Volume Aktual



Gambar 7 Grafik pengaruh nilai Kp terhadap volume aktual



Gambar 8 Grafik Respon Pengisian terhadap Waktu