

OPTIMASI PENGISIAN BOTOL DENGAN *PROPORTIONAL WATER VALVE SYSTEM* BERBASIS KENDALI OTOMATIS

I Putu Oka Sutrisna¹, I Gusti Ngurah Adia Atmika²

¹Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana

²Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta

E-mail: iputu.sutrisna@danone.com

ABSTRAK

Dalam industri, baik skala kecil maupun besar, otomatisasi memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan optimalisasi sistem. Khususnya pada industri air minum, penggunaan sistem otomatisasi menjadi semakin penting. Sistem lama yang menggunakan pengaturan manual seperti bukaan katup, timing putaran mesin, dan gravitasi sering kali tidak akurat dalam pengisian botol. Penelitian ini berfokus pada optimalisasi proses pengisian botol menggunakan sistem *proportional water valve* berbasis kendali otomatis. Sistem otomatisasi ini terdiri dari tiga komponen utama: input, proses, dan output. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan inovasi sistem ini pada mesin pengisian dapat menghitung secara akurat jumlah air yang diperlukan untuk pengisian botol, sehingga mengurangi pemborosan. Pengujian juga menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai teoritis dan hasil pengukuran memiliki error yang kecil, dan waktu yang diperlukan untuk mengisi botol sepenuhnya adalah sekitar 6,5 detik. Sistem ini bekerja dengan mengatur bukaan katup melalui valve krone berdasarkan pembacaan dari sensor laju alir, yang memungkinkan pengisian air lebih akurat dan efisien, terutama pada produk botol PET.

Kata kunci: Otomatisasi, Botol PET, Proportional Water Valve System

ABSTRACT

In both small and large-scale industries, automation plays a critical role in improving system efficiency and optimization. This is especially true in the bottled water industry, where the adoption of automation systems has become increasingly essential. Traditional systems that rely on manual controls, such as valve openings, machine timing, and gravity, are often inaccurate when filling bottles. This research focuses on optimizing the bottle-filling process using a proportional water valve system based on automatic control. The automation system consists of three main components: input, process, and output. The study's results indicate that this innovative system can accurately calculate the amount of water needed for bottle filling, significantly reducing wastage. Tests showed that the difference between theoretical values and actual measurements had a minimal error, with an average time of 6,5 seconds to fully fill a bottle. The system operates by adjusting the valve opening through a krone valve, controlled by flow rate sensors, ensuring a more accurate and efficient water filling process, particularly for PET bottle products.

Keywords: Automation, PET Bottles, Proportional Water Valve System

1.PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat telah mendorong manusia untuk menciptakan sistem pengisian cairan dan penutupan botol secara otomatis, tanpa memerlukan tenaga manusia atau bantuan mekanis (Tobi, 2018). Situasi ini memberikan dampak signifikan di berbagai sektor kehidupan, khususnya dalam industri. Sistem otomasi dirancang untuk memudahkan pekerjaan manusia, dengan manusia berperan sebagai operator teknologi tersebut. Dalam industri, otomatisasi jelas mempengaruhi biaya produksi, menjadikan seluruh proses lebih efisien. Dengan adanya sistem ini, waktu produksi menjadi lebih singkat dan akurat, serta perusahaan dapat meraih keuntungan yang lebih besar (Finali, dkk.,2023). Berbagai industri yang memproduksi berbagai jenis barang telah beralih ke sistem otomasi karena hasil yang lebih baik dan pengelolaan yang lebih mudah.

Di dalam banyak industri, sistem PLC (*Programmable Logic Controller*) banyak digunakan. PLC merupakan perangkat yang meningkatkan keandalan otomatisasi produksi melalui input dari sensor yang mendeteksi objek secara *real-time*. Teknologi pemrograman ini memungkinkan kontrol otomatis yang cepat, serta memiliki memori yang dapat diprogram untuk menyimpan perintah khusus (Laksmiana, dkk. 2017). Dengan proses otomatis, perangkat elektronik dapat mengurangi waktu, meminimalkan kerugian, dan meningkatkan kualitas hasil produksi. PLC sebagai pengendali utama dilengkapi dengan sensor yang dapat menganalisis, memantau kondisi, dan merespons

perubahan lingkungan. Keunggulan PLC dibandingkan pengendali lain dalam proses pengisian cairan ke dalam botol mencakup kemudahan instalasi, pengembangan, modifikasi sistem, pemrograman, serta fungsi diagnostik yang memudahkan deteksi kesalahan dan perubahan urutan proses (Arif, dkk. 2022).

Sistem *proportional water valve* berhubungan erat dengan PLC, berfungsi sebagai otak dari kontrol otomatis. Mekanisme ini mengatur aliran air berdasarkan sinyal input dari sensor atau kontroler. Berbeda dengan katup on/off konvensional yang hanya memiliki dua posisi, katup proporsional dapat membuka atau menutup secara bertahap, memberikan kontrol yang lebih tepat atas jumlah air yang mengalir (Rumalutur, dkk. 2019). Bukan katup disesuaikan sesuai kebutuhan tertentu, seperti laju aliran air yang diukur oleh sensor. Pengaturan ini dilakukan secara otomatis oleh sistem kontrol seperti PLC, yang memungkinkan katup beradaptasi dengan kondisi operasional seperti tekanan atau laju aliran (Surati, dkk. 2017). Keuntungan dari sistem ini adalah akurasi yang lebih tinggi dalam proses pengisian, mengurangi limbah, dan meningkatkan efisiensi, terutama dalam industri yang memerlukan presisi tinggi, seperti pengisian botol air minum dan pengolahan cairan industri lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses pengisian botol dengan menggunakan sistem *proportional water valve* berbasis kendali otomatis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT Tirta Investama Pabrik Mambal yang terletak di Desa Mambal, Kecamatan Abiansemal, Kabupaten Badung, dan berlangsung dari bulan Juni hingga Agustus 2024. Penelitian ini terdiri dari dua bagian utama: perancangan perangkat keras (*hardware*) dan analisis data percobaan. Perangkat keras mencakup sistem pengisian cairan pada botol serta panel kontrol yang dilengkapi dengan PLC. Data masukan dan keluaran berasal dari sensor dan aktuator yang dirakit menjadi sistem pengisian botol, yang kemudian dikendalikan oleh PLC. Data dari sistem ini akan dianalisis dengan menghitung nilai rata-rata dari data percobaan yang diperoleh. Pada bagian sensor, terdapat sensor *proximity*, sensor minimum dan maksimum pompa, serta sensor maksimum tanki. Selain itu, terdapat juga tombol *on/off* dan *inverter* yang akan

HASIL DAN PEMBAHASAN

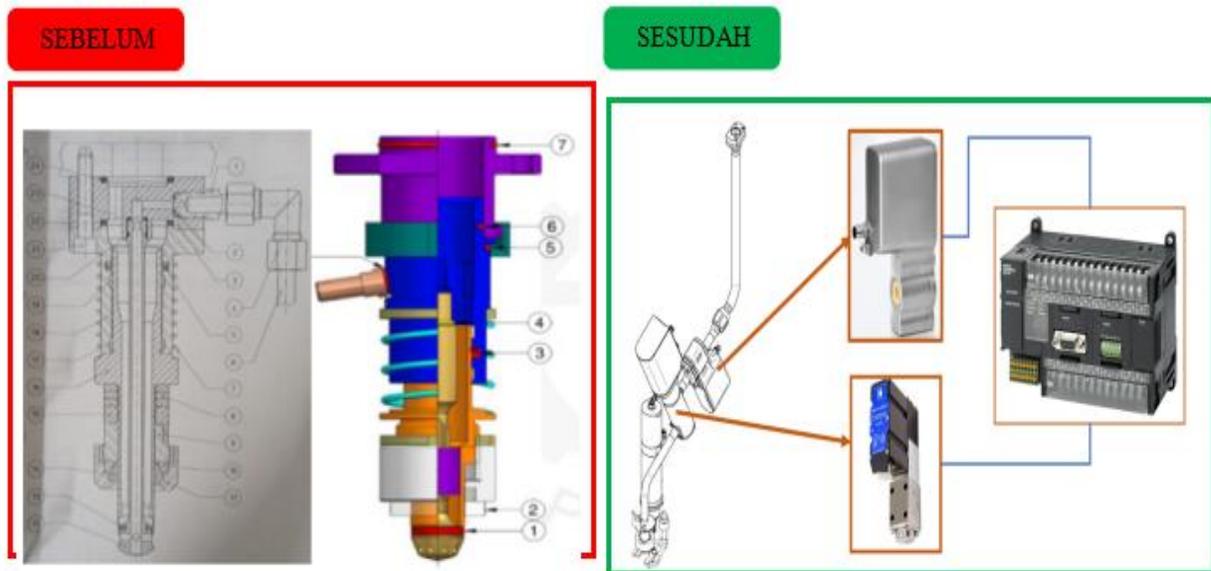
Perangkat keras dalam penelitian ini terdiri dari sistem pengisian cairan ke dalam botol dan panel kontrol. Sistem pengisian ini dilengkapi dengan dua sensor *proximity* yang berfungsi untuk mendeteksi botol yang mendekat atau yang telah terisi cairan, sekaligus berfungsi sebagai pemicu untuk mengoperasikan pneumatik gate 1 dan pneumatik gate 2. Sensor pada silinder pneumatik berperan dalam mengatur jumlah cairan yang akan diisi, sementara aktuator (motor) berfungsi untuk menggerakkan konveyor (Chaerunnisa, dkk. 2018). Sistem ini juga dilengkapi dengan antarmuka manusia-mesin (HMI) sebagai alat kontrol, lampu indikator untuk menunjukkan status konveyor, dan tombol darurat untuk mematikan mesin dalam situasi kritis atau saat pemeliharaan. Dalam pengendalian

mengirimkan sinyal ke PLC, yang bertindak sebagai penerima sinyal atau sistem kontrol dari input tersebut. PLC kemudian menghasilkan dua output: satu untuk aktuator dan satu untuk antarmuka manusia-mesin (HMI). Output dari aktuator ini akan mengoperasikan konveyor; pneumatik gate akan menutup saat sensor *proximity* mendeteksi botol; pneumatik maju akan aktif, dan silinder pneumatik akan mendorong cairan. Katup input akan terbuka saat silinder pneumatik menarik cairan dari tangki, sementara katup output akan terbuka saat silinder mendorong cairan. Selain itu, pneumatik turun akan aktif dan pengisian tangki akan berjalan jika cairan dalam tangki surut. Output dari HMI akan menyalakan indikator untuk output dan input mesin. Semua langkah ini dilaksanakan secara sistematis untuk mencapai hasil yang optimal.

sistem pengisian cairan, penting untuk melakukan pemetaan I/O yang mencakup sensor dan aktuator. Penelitian ini hanya menggunakan saluran input dan output digital. Perancangan modul didasarkan pada proses pengisian botol yang sudah diterapkan di industri. Pengujian kontrol otomatis untuk pengemasan air minum ke dalam botol dilakukan menggunakan PLC. Setelah semua persiapan perangkat keras selesai, rangkaian input dan output terhubung ke PLC, dan pemrograman PLC dilakukan dengan menggunakan software CX-Programmer. Pengujian alat dilakukan dengan mengupload program ladder ke PLC menggunakan kabel RS232. Setelah terupload, alat dapat beroperasi dan terdeteksi melalui CX-Programmer secara *real-time* sesuai dengan proses kerja

mekanismenya. Secara keseluruhan, pengujian alat dilakukan secara berulang untuk mencapai hasil pengisian yang optimal dengan menganalisis data dari timer program ladder. Hasil dari timer ladder berpengaruh signifikan terhadap kinerja pengisian botol air minum. Tombol start dan sensor *proximity* berfungsi sebagai komponen input, sementara PLC bertindak

sebagai pengendali (Manullang, dkk. 2022). Komponen output meliputi pompa, motor conveyor, dan lampu indikator. Dalam pengisian, botol yang terindikasi sebagai produk baik memiliki ketinggian air 130 ml, sedangkan botol yang terindikasi sebagai produk buruk memiliki ketinggian sekitar ± 130 ml, yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Proportional Water Valve Berbasis Kendali Otomatis

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian kontrol level air pada tangki dilakukan dengan menggunakan sensor level cairan. Proses dimulai dengan mengisi tangki hingga batas sensor low secara manual. Setelah kondisi tangki mencapai *low*, program ladder diaktifkan untuk mengoperasikan pompa yang akan mengisi air ke dalam tangki sesuai dengan waktu yang telah ditentukan (Suradi, dkk. 2017). Setelah posisi botol air minum berpindah dari depan aktuator ke area pengisian,

gerakan conveyor diaktifkan dengan menekan saklar ON. Conveyor tetap beroperasi hingga botol terdeteksi oleh sensor proximity dengan kode I:0.05. Ketika botol terdeteksi, kontak NO I:0.05 akan aktif dan kontak NC I:0.05 akan terputus, sehingga conveyor akan mati. Sensor proximity berfungsi untuk mendeteksi keberadaan botol dan menghentikan conveyor tepat di area pengisian. Analisis yang dilakukan menunjukkan jarak antara dasar tangki dan titik hisap pompa adalah

sekitar 5 cm, dengan kebutuhan air minimal di tangki sekitar 1500 ml. Dalam sistem pengendalian ini, penting untuk menggunakan timer saat pengisian untuk menghindari pompa DC beroperasi terus-menerus hingga melebihi kapasitas tangki (Laksmiana, dkk. 2017). Pengujian berulang dengan menggunakan timer dalam program ladder menunjukkan bahwa motor pompa DC memerlukan sekitar 200 detik untuk mengisi tangki hingga kapasitas maksimum, yang tercatat sebesar 12.300 ml. Botol yang digunakan memiliki kapasitas 300 ml, dengan diameter 6,5 cm dan tinggi 17 cm. Volume yang terisi dalam botol dipengaruhi oleh debit air pompa DC sebesar 55 mL/detik. Ketika timer pada diagram *ladder* disetel selama 2 detik, volume air dalam botol tercatat 108 ml. Peningkatan waktu timer akan berbanding lurus dengan volume air yang terisi. Misalnya, dengan timer 6,5 detik pada tegangan 13 VDC, botol terisi 298 ml (tidak penuh).

Perubahan sistem valve pada mesin pengisian dilakukan dengan menggunakan *proportional water valve*, yang memungkinkan mesin untuk menyesuaikan aliran air dengan lebih akurat. Bukaannya diatur oleh valve krone, yang mengontrol jumlah air berdasarkan pembacaan dari sensor laju alir. Sistem ini berfungsi secara otomatis, menyesuaikan aliran air untuk memastikan botol terisi dengan tepat, sehingga mengurangi pemborosan air, yang sangat penting dalam industri air minum. Dengan demikian, inovasi ini dapat menghitung kebutuhan air untuk pengisian botol dengan lebih akurat, sehingga menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dan penghematan sumber daya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Mesin pengisian mampu menghitung dengan tepat jumlah air yang diperlukan untuk mengisi botol, sehingga mengurangi pemborosan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai teoritis dan hasil pengukuran memiliki tingkat kesalahan yang kecil. Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi botol sepenuhnya adalah sekitar 6,5 detik, dengan volume air yang terisi mencapai 298 mL dan tegangan pompa saat pengisian adalah 13 VDC.
2. Sistem ini beroperasi dengan mengatur bukaannya katup melalui valve krone berdasarkan pembacaan sensor laju alir, yang memungkinkan pengisian air dilakukan dengan lebih akurat dan efisien, terutama untuk produk botol PET.

Saran

Beberapa saran untuk pengembangan penelitian ini mencakup:

1. Disarankan untuk mengintegrasikan sistem pemantauan *real-time* guna memantau aliran air dan kinerja mesin. Hal ini memungkinkan penanganan masalah secara langsung jika ada penyimpangan dari parameter yang diharapkan.
2. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan dapat mengevaluasi efisiensi sistem baru dalam berbagai kondisi. Ini akan

membantu dalam memahami batasan sistem serta area yang perlu ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I., Tobing, M. T. L., & Junaidi, Y. (2022). Perancangan Unit Pengisian Pada Mesin Pengisian Botol Otomatis Berbasis PLC. *Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil)*, 3(2), 37–44.
- Chaerunnisa, I., Mulia, S. B., & Eriyadi, M. 2018. Aplikasi PLC Pada Alat Pengisian Air Minum Otomatis. *Jurnal Elektra*, 3 (2), 61-68.
- Finali, A., & Lusi, N. (2023). Pengaruh Sensor Pada Filling Bottle and Cupping Berbasis Plc Kapasitas 500 Ml. *Jurnal Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi Dan Otomotif*, 1(2), 129–139.
- Laksmiana, G. A., Santoso, P., & Pasila, F. (2017). Aplikasi untuk memonitor PLC pada mesin filling dan capping. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 48–53.
- Manullang, R. S., Junaidi, & Ritonga, D. A. (2022). Perancangan Conveyor Pada Mesin Pengisi Botol Otomatis. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 3(2), 30–36.
- Rumalutur, S., & Allo, S. L. (2019). Sistem Kontrol Otomatis Pengisian Cairan Dan Penutup Botol Menggunakan Arduino Uno Rev 1.3. *Journal Electro Luceat*, 5 (1), 23-34.
- Suradi, S., Hanafie, A., Rusli, M., & Muzdalifah, M. (2017). Evaluasi Mesin Filling Pada Bagian Produksi Pt. Dharana Inti Boga (Suntory Garuda). *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 12(02), 1785–1789.
- Tobi, M.D., 2018. Desain Sistem Pengontrolan Pintu Air Otomatis Berdasarkan Level Ketinggian Air Pada Kali Remu Sorong Papua Barat. *Journal Electro Luceat*, 4(1), 43-51