Rancang Bangun Mesin *Carriage* Vakum *Transfer* Botol *Sampling* Berbasis Elektro Penumatik dan Kendali PLC Siemens S7-1200

Aditya Febrian[1]

[1]Prodi Teknik Elektronika Kampus Kediri, Politeknik Negeri Malang, Indonesia
Email: [1]fathermom45@gmail.com

Nomor Handphone : 089529544731

Abstrak

Sistem otomatisasi elektro penumatik banyak diterapkan di industri modern untuk meningkatkan produksi, presisi, dan keandalan proses. Studi ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan mesin pengangkutan botol transfer vakum yang dikendalikan oleh Siemens S7-1200 Programmable Logic Controller (PLC) untuk transfer botol otomatis dalam proses pengemasan. Sistem ini terdiri dari silinder pneumatik horizontal dan vertikal, generator vakum, cangkir hisap vakum, sensor jarak dekat dan fotoelektrik, katup solenoid, serta PLC Siemens S7-1200 yang diprogram menggunakan TIA Portal. Kinerja sistem dievaluasi pada tekanan udara terkompresi 1, 1,5, 1,8, 2, 2,5, 3, dan 4 bar menggunakan botol sampling 25 mL, 50 mL, dan 100 mL. Evaluasi mencakup tingkat keberhasilan transfer botol, akurasi rotasi mesin, dan kinerja sensor. Hasilnya menunjukkan bahwa keandalan transfer meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan udara. Transfer botol yang stabil dicapai pada 2,5–4 bar, sementara tekanan di bawah 2,5 bar menyebabkan kegagalan transfer karena gaya menahan vakum yang tidak memadai. Sudut rotasi mesin *carriage* mendekati target 80,4° pada 2,5 bar, dengan deviasi minimum sekitar 0,01°. Sensor kedekatan mendeteksi posisi botol akhir secara andal, meskipun botol kosong tidak terdeteksi secara konsisten. Sensor fotoelektrik memberikan deteksi botol yang andal namun kadang-kadang menghasilkan pulsa ganda saat memasukkan botol dengan cepat. Secara keseluruhan, Siemens S7-1200 PLC berhasil mengendalikan urutan transfer otomatis, dengan tekanan operasi 2,5–4 bar yang memberikan keseimbangan terbaik antara keandalan transfer, akurasi posisi, dan stabilitas sistem.

Kata kunci: Silinder Penumatik, PLC Siemens S7-1200, vakum suction, Fotoelektrik, *transfer packing*

Abstract

Electro-pneumatic automation systems are widely implemented in modern industries to improve production efficiency, precision, and process reliability. This study aims to design and implement a vacuum transfer sampling bottle carriage machine controlled by a Siemens S7-1200 Programmable Logic Controller (PLC) for automated bottle transfer in the packaging process. The system consists of horizontal and vertical pneumatic cylinders, a vacuum generator, vacuum suction cups, proximity and photoelectric sensors, solenoid valves, and a Siemens S7-1200 PLC programmed using TIA Portal. System performance was evaluated at compressed air pressures of 1, 1.5, 1.8, 2, 2.5, 3, and 4 bar using 25 mL, 50 mL, and 100 mL sampling bottles. The evaluation included bottle transfer success rate, carriage rotation accuracy, and sensor performance. The results showed that transfer reliability increased with increasing air pressure. Stable bottle transfer was achieved at 2.5–4 bar, while pressures below 2.5 bar resulted in transfer failures due to insufficient vacuum holding force. The carriage rotation angle approached the target of 80.4° at 2.5 bar, with a minimum deviation of approximately 0.01°. The proximity sensor reliably detected the final bottle position, although empty bottles were not consistently detected. The photoelectric sensor provided reliable bottle detection but occasionally generated double pulses during rapid bottle entry. Overall, the Siemens S7-1200 PLC successfully controlled the automated transfer sequence, with an operating pressure of 2.5–4 bar providing the best balance between transfer reliability, positioning accuracy, and system stability.

Keywords: *Cylinder Pneumatik, PLC Siemens S7-1200, vacuum suction, Photoelectric, transfer packing*

.

This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi industri mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan penerapan konsep Industry 4.0 pada sektor manufaktur. Berdasarkan laporan *World Robotics* 2024 yang diterbitkan oleh *International Federation of Robotics* (IFR), jumlah instalasi robot industri baru di dunia mencapai 541.302 unit pada tahun 2023, menjadikan tahun tersebut sebagai salah satu tingkat adopsi otomasi tertinggi dalam industri manufaktur. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa industri semakin mengutamakan sistem otomatis untuk meningkatkan produktivitas, pengurangan waktu dan biaya proses, kualitas produk, serta mengurangi ketergantungan terhadap pekerjaan manual. Tren ini juga mendorong berkembangnya berbagai teknologi otomatisasi seperti *Programmable Logic Controller* (PLC), sistem elektro penumatik, sensor industri, dan teknologi material *handling* yang mampu bekerja secara cepat, presisi, dan terintegrasi[1].

Berdasarkan hasil telaah pustaka, sebagian besar sistem transfer botol berbasis penumatik masih menggunakan mekanisme *gripper* sebagai alat pengambil objek serta aktuator linier untuk proses perpindahan. Penerapan sistem transfer dengan mekanisme tersebut mampu melakukan proses *transfer*, namun kontak langsung antara *gripper* dan permukaan botol berpotensi meninggalkan bekas cengkeraman maupun menyebabkan deformasi pada kemasan tertentu sehingga dapat menurunkan kualitas visual produk[2]. Selain itu, penelitian terdahulu ataupun penerapan prototipe mengenai sistem transfer botol yang mengombinasikan mekanisme vakum *suction* dengan dua silinder penumatik, yaitu satu silinder sebagai penggerak vertikal dan satu silinder lainnya sebagai pendorong mekanisme yang mengubah gerak linier menjadi gerak rotasi sebesar 90°, masih terbatas. Mekanisme tersebut memungkinkan proses pengambilan, pemutaran, dan peletakan botol dilakukan hanya menggunakan aktuator penumatik tanpa memerlukan aktuator putar tambahan. Penggunaan vakum *suction* diharapkan mampu meminimalkan kontak mekanis dengan permukaan botol sehingga kualitas kemasan tetap terjaga selama proses *transfer*, sedangkan mekanisme konversi gerak linier menjadi rotasi memberikan solusi mekanis yang lebih sederhana, ekonomis, dan mudah diintegrasikan dengan sistem kendali PLC[3]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sistem vakum *suction* dapat diterapkan sebagai mekanisme *gripping* alternatif karena mampu memegang botol menggunakan tekanan udara negatif tanpa memberikan gaya mekanik yang berlebihan [4]. Metode ini lebih sesuai untuk penanganan botol berbobot ringan serta mampu menghasilkan proses *transfer* yang lebih stabil dan aman terhadap permukaan kemasan.

Urutan gerakan pada sistem transfer elektro penumatik memerlukan suatu pengendali yang mampu mengoordinasikan kerja sensor, aktuator, serta katup penumatik secara otomatis dan berurutan. Salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam otomasi industri adalah *Programmable Logic Controller* (PLC) karena memiliki keandalan tinggi, mendukung operasi *real time*, serta mampu menyederhanakan logika pengendalian sistem [5]. PLC Siemens S7-1200 dipilih pada penelitian ini karena memiliki fleksibilitas konfigurasi input-output, kemudahan pemrograman menggunakan perangkat lunak TIA Portal, serta kompatibel dengan berbagai perangkat otomasi industri [6]. Dalam implementasinya, PLC diintegrasikan dengan sensor Fotoelektrik, sensor proximity, *push button*, dan katup solenoid untuk mengendalikan urutan gerakan silinder penumatik serta proses pengambilan dan pemindahan botol secara otomatis.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas sistem otomasi penumatik untuk aplikasi *transfer* objek. Tolukun et al. menerapkan mekanisme *pick and place* penumatik berbasis PLC menggunakan aktuator linier dan sensor posisi untuk proses *transfer* otomatis [7]. Yadhunandan mengembangkan sistem pengepresan penumatik yang dikendalikan PLC yang mampu meningkatkan konsistensi proses dan mengurangi operasi manual [8]. Studi lain yang dilakukan oleh Alamsyah dkk. menerapkan mekanisme hisap vakum dalam sistem mini *crane* penumatik dan melaporkan bahwa tekanan udara secara signifikan mempengaruhi kinerja pengangkatan objek [9]. Meskipun penelitian sebelumnya telah berhasil menerapkan sistem otomatisasi penumatik, sistem vakum *suction* untuk mekanisme pengambilan sampel botol masih memerlukan pengoptimalan lebih lanjut, terutama mengenai stabilitas *transfer* dan kinerja variasi tekanan [10].

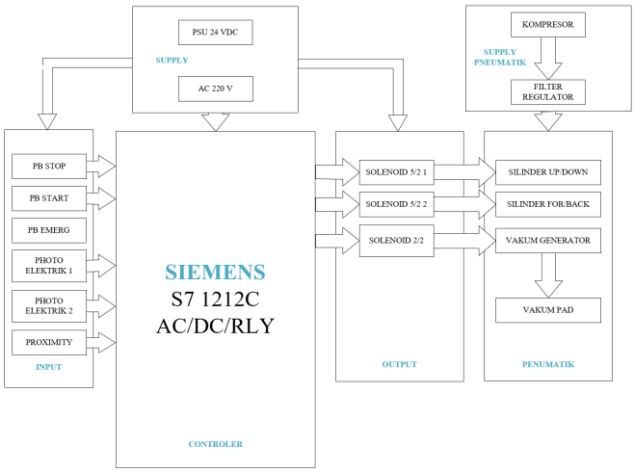
Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan mesin *carriage* transfer botol berbasis elektro-penumatik yang dikendalikan menggunakan PLC Siemens S7-1200 sebagai media pembelajaran dan penelitian di Laboratorium Otomasi Politeknik Negeri Malang. Sistem menggunakan dua silinder penumatik dengan fungsi yang berbeda, yaitu silinder vertikal untuk menggerakkan vakum *suction* pada proses pengambilan dan peletakan botol serta silinder kedua sebagai pendorong mekanisme *carriage* yang mengubah gerak linier menjadi gerak rotasi sebesar 90° melalui mekanisme bearing. Vakum *suction* diterapkan sebagai mekanisme pengambilan botol untuk meminimalkan kontak mekanis sehingga kualitas permukaan botol tetap terjaga selama proses transfer [5]. Evaluasi kinerja sistem dilakukan melalui pengujian keberhasilan pemindahan botol dengan variasi volume 25 mL, 50 mL, dan 100 mL pada tekanan kerja 1bar, 1,5bar, 1,8bar, 2bar, 2,5bar, 3bar, 4bar. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis pengaruh variasi tekanan terhadap ketepatan sudut putaran mekanisme *carriage* hingga mencapai 80°, serta mengevaluasi tingkat akurasi sensor Fotoelektrik dalam mendeteksi keberadaan botol sebagai dasar penentuan urutan kerja sistem. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi pengembangan sistem transfer botol berbasis elektro penumatik sekaligus media praktikum yang mampu merepresentasikan proses otomasi industri secara nyata di Laboratorium Otomasi Politeknik Negeri Malang [11].

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah Riset dan Pengembangan (R&D), yang berfokus pada desain dan pengembangan mesin *carriage* dengan sistem pneumatik [12]. Penelitian berfokus pada proses desain, sistem kontrol, pengembangan sistem gripper, pengumpulan data, dan evaluasi sistem kerja untuk mencapai hasil yang optimal. Mesin *carriage* dikendalikan menggunakan PLC Siemens Siemens S7-1200 yang berbasis sistem elektropneumatik. Desain mesin secara keseluruhan mencakup sistem pemrograman mekanik, listrik, dan PLC untuk operasi mesin *carriage*.

Pemilihan komponen disesuaikan dengan persyaratan sistem, diikuti dengan perakitan mesin *carriage* setelah proses pengumpulan data dan persiapan komponen selesai. Tahap berikutnya melibatkan pengujian seluruh sistem untuk memastikan bahwa pengendali, aktuator, sensor, dan komponen mekanis lainnya berfungsi dengan baik tanpa kerusakan. Jika masalah masih ditemukan atau hasilnya tidak optimal, perbaikan dilakukan pada bagian yang bermasalah. selanjutnya, hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi kekuatan, daya tahan, dan responsivitas aktuator serta sensor.

2.1. Diagram Blok Sistem



Gambar 1. Diagram blok sistem

Bagian input berfungsi sebagai media untuk mengirimkan sinyal digital ke PLC sebagai pengendali utama sistem. Komponen input terdiri dari push button Start, push button *Stop*, sensor Fotoelektrik 1, sensor Fotoelektrik 2, dan sensor proximity. Push button digunakan sebagai antarmuka operator untuk memberikan perintah menjalankan atau menghentikan sistem, sedangkan sensor

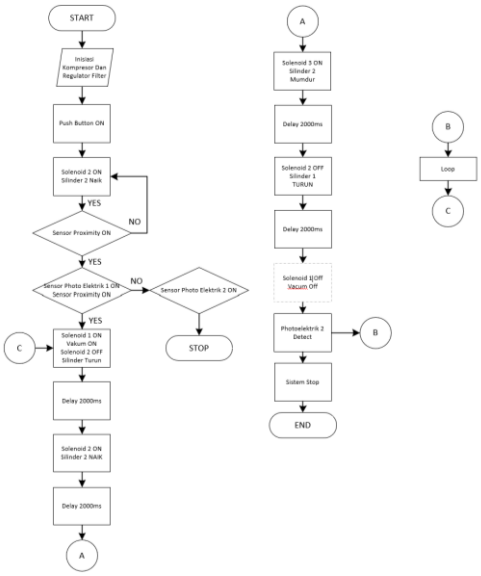
Fotoelektrik digunakan untuk mendeteksi keberadaan botol pada titik-titik tertentu selama proses pemindahan. Sensor proximity berfungsi mendeteksi posisi mekanisme *carriage* sehingga urutan kerja aktuator dapat berlangsung sesuai dengan posisi yang telah ditentukan. Seluruh sinyal dari perangkat input diterima oleh PLC untuk diproses sesuai program yang telah dibuat.

Kontroler yang digunakan pada sistem ini adalah PLC Siemens S7-1212C AC/DC/RLY. PLC berfungsi sebagai pusat pengendalian yang menerima seluruh sinyal dari perangkat input, kemudian memprosesnya berdasarkan logika kontrol yang dirancang menggunakan bahasa pemrograman Ladder Diagram pada perangkat lunak TIA Portal. Setelah proses logika terpenuhi, PLC akan menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator sesuai urutan kerja yang telah ditentukan. Proses pemrograman, pengunduhan program (*download*), serta komunikasi antara PLC dan komputer dilakukan melalui kabel Ethernet.

Bagian output merupakan perangkat aktuator yang menerima sinyal kendali dari PLC untuk menjalankan proses mekanis pada mesin *carriage*. Output pada sistem terdiri dari dua buah solenoid valve 5/2 yang digunakan untuk mengendalikan gerakan silinder penumatik, serta satu buah solenoid valve 2/2 yang berfungsi mengatur aliran udara menuju sistem vakum *suction*. Kombinasi ketiga solenoid tersebut memungkinkan mesin *carriage* melakukan proses pengambilan, pemindahan, dan peletakan botol secara otomatis sesuai dengan urutan kerja yang telah diprogram pada PLC.

Bagian Aktuator diberi suplai udara yang berfungsi sebagai penggerak berupa silinder serta pengambilan botol dengan vakum suction berupa vakum generator sebagai konversi tekanan udara menjadi tekanan hisap dan vakum pad sebagai genggaman botol waktu pengambilan hingga pemindahan.

2.2. *Flowchart* Sistem

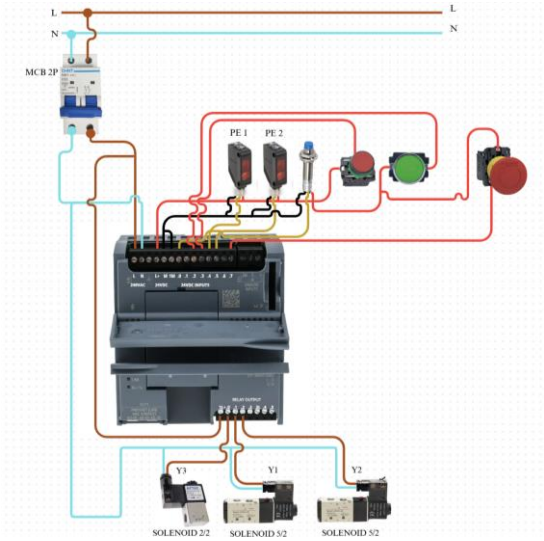


Gambar 2. Flowchart sistem

Terdapat alur sistem kerja dari mesin *carriage* yang dimulai dari inisiasi kompresor dan regulator, dilanjut dengan menekan tombol start dan solenoid memberikan suplai udara ke silinder serta akan langsung naik. Setelahnya sensor proximity dan Fotoelektrik akan mendeteksi keberadaan botol, tetapi jika botol telah menumpuk dan kedua sensor tersebut memberi sinyal selanjutnya sensor Fotoelektrik 2 mendeteksi adanya pengemas dan botol yang berada diarea pengemas terlebih dahulu. Dan jika pada area pengemas hanya mendeteksi pengemas dan tidak ada botol serta pada area pengambilan sensor telah mendeteksi solenoid 1 (2/2) akan memberikan daya ke vakum generator serta generator akan memberikan daya hisap pada vakum *suction*, setelahnya solenoid 2 akan off dan silinder akan turun dan *delay* selama 2000ms. Setelah selesai *delay* solenoid kembali aktif silinder kembali naik dengan membawa botol beserta memberikan sinyal ke PLC untuk mengaktifkan solenoid 3 untuk memberikan tekanan maju pada silinder. Ketika mesin *carriage* didorong dengan *delay* 2000ms selanjutnya solenoid

2 akan off dan silinder menurunkan botol botol tersebut tepat pada pengemasan bersamaan dengan solenoid 1 yang akan mematikan vakum dan botol otomatis akan jatuh tepat pada pengemasan.

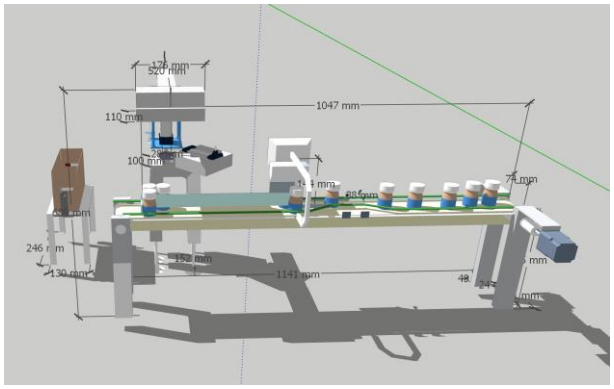
2.3. *Wiring* Diagram



Gambar 3. Wiring Elektrik

Pada bagian pengendali seperti sistem elektrik menggunakan komponen utama seperti sensor proximity, Fotoelektrik sensor, PLC Siemens, dan Solenoid. Sistem kerja dari proses ini diawali dengan input mendeteksi botol yang menumpuk 6 botol dan PLC akan memberikan sinyal ke solenoid pertama. Karena solenoid memperlukan tegangan 220V maka PLC memperlukan tegangan common 220VAC agar solenoid pertama bisa aktif. Setelah solenoid kedua non aktif karena adanya sinyal dari Fotoelektrik dan proximity, silinder turun dan solenoid 2/2 aktif untuk mengaktifkan vakum generator serta botol di hisap vakum. PLC memproses *delay* 2 detik dan selesai menghitung *delay* solenoid Y1 aktif untuk membuka katup udara dari silinder dengan otomatis silinder kembali naik serta solenoid Kedua membuka katupnya untuk menggerakan gerakan linear mundur dari silinder kedua. Sesampainya di atas kardus solenoid pertama (Y1) non-aktif serta silinder turun dan solenoid 2/2 non-aktif menutup katup buka dari vakum generator dengan bersamaan melepas botol dari hisapan vakum.

2.4. Perancangan Sistem



Gambar 4. Hasil Perancangan Sistem

Menampilkan desain tiga dimensi mesin *carriage* sebelum tahap produksi. Desainnya dikembangkan untuk menggambarkan susunan struktur mekanis, aktuator pneumatik, dan mekanisme penanganan botol. Sistem *carriage* dirancang dengan mekanisme gerak horizontal dan vertikal untuk memungkinkan transfer botol secara otomatis dari meja pengumpulan ke area karton. Penjepit hisap vakum dipasang di ujung sistem gerakan vertikal untuk meningkatkan akurasi pengambilan botol. Selain

itu, penempatan sensor dan komponen pneumatik disesuaikan untuk mendapatkan pergerakan yang stabil dan kinerja mesin yang efisien selama operasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain perangkat lunak untuk mesin *carriage* menggunakan metode diagram tangga di TIA Portal untuk mengendalikan logika sistem pneumatik berbasis Siemens Siemens S7-1200 PLC[13]. Sistem dimulai dengan sensor fotoelektrik dan sensor kedekatan mendeteksi botol di konveyor hingga konveyor berhenti dengan jeda 2 detik mesin vakum akan aktif untuk pengambilan botol. Setelah vakum turun dengan jeda 2 detik dan mengambil botol, silinder naik lagi bersama botol, diikuti silinder bolak-balik untuk memutar mesin menuju kemasan. Setelah berada di atas cylinder packer, turun kembali untuk meletakkan botol.



Gambar 5. (a) Implementasi Mesin Carriage (b) Panel Mesin

Pengujian sistem dilakukan pada tekanan pneumatik 1 bar, 1,5 bar, 1,8 bar, 2 bar, 2,5 bar, 3 bar, dan 4 bar untuk menentukan pengaruh tekanan udara terhadap kinerja mesin *carriage* dalam pemindahan 6 botol dengan volume air 25ml/botol, 50ml/botol, dan 100ml/botol. Hasil uji menunjukkan bahwa tekanan udara yang lebih stabil meningkatkan pergerakan silinder pneumatik dan daya hisap sistem vakum, sehingga tingkat keberhasilan transfer botol lebih tinggi[14].

Dengan pengujian dari tekanan yang berbeda dari 1 bar hingga 4 bar mendapatkan sudut yang mendekati hampir sempurna, dengan hasil sudut deviasi dari perbandingan hasil actual dan sudut target. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pengangkutan pneumatik berbasis PLC ini dapat beroperasi secara otomatis dan berurutan sesuai logika ladder diagram yang dirancang di TIA Portal, sehingga cocok untuk sistem otomasi pengemasan industri.

3.1 Tingkat Keberhasilan Transfer

Penelitian Berdasarkan data uji dari mesin *carriage*, yang menggunakan pengambilan 6 botol dengan volume 25ml perbotol dan beban total dari botol tersebut adalah 306g. antara tekanan udara suplai dan tingkat keberhasilan transfer botol, tabel dapat dibuat sebagai berikut.

Tabel 1. Tingkat keberhasilan transfer botol 25ml

Percobaann	1	1.5	1.8	2	2.5	3	4	Berat
1	0	0	0	1	1	1	1	305g
2	0	0	0	1	1	1	1	305g
3	0	0	1	1	1	1	1	305g
4	0	0	1	1	1	1	1	305g
5	0	0	1	1	1	1	1	305g
6	0	0	1	1	1	1	1	305g
7	0	0	1	1	1	1	1	305g

8	0	0	1	1	1	1	1	305g
9	0	0	1	1	1	1	1	305g
10	0	0	1	1	1	1	1	305g

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tekanan suplai udara berpengaruh terhadap keberhasilan proses pengambilan botol 25 mL menggunakan sistem vakum suction. Pada tekanan 1 bar dan 1,5 bar, seluruh 10 percobaan mengalami kegagalan sehingga tingkat keberhasilan sebesar 0%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tekanan yang tersedia belum mampu menghasilkan gaya hisap vakum yang cukup untuk mengangkat botol.

Pada tekanan 1,8 bar, sistem mulai mampu melakukan pengambilan botol dengan tingkat keberhasilan sebesar 70%. Selanjutnya, pada tekanan 2 bar hingga 4 bar, seluruh percobaan berhasil dilakukan dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Peningkatan tekanan menyebabkan suplai udara pada sistem vakum suction menjadi lebih optimal, sedangkan pengaturan speed control pada silinder membantu menghasilkan gerakan pengangkatan dan pemindahan botol yang lebih stabil.

Berdasarkan hasil pengujian, tekanan 2 bar merupakan tekanan minimum yang mampu menghasilkan keberhasilan 100%. Oleh karena itu, tekanan 2 bar dapat digunakan sebagai tekanan operasi minimum karena telah mampu menghasilkan proses pengambilan dan pemindahan botol secara stabil dengan kebutuhan tekanan udara yang lebih rendah dibandingkan tekanan 2,5–4 bar.

Dari hasil percobaan tingkat keberhasilan pemindahan botol tersebut didapatkan hasil Penelitian Berdasarkan data uji dari mesin carriage, yang menggunakan pengambilan 6 botol dengan volume 50ml perbotol dan beban total dari botol tersebut adalah 460g. antara tekanan udara suplai dan tingkat keberhasilan transfer botol, tabel dapat dibuat sebagai berikut

Tabel 2. Tingkat keberhasilan transfer botol 50ml

Percobaan	**1**	**1.5**	**1.8**	**2**	**2.5**	**3**	**4**	**Berat**
1	0	0	0	1	1	1	1	460g
2	0	0	0	1	1	1	1	460g
3	0	0	1	1	1	1	1	460g
4	0	0	1	1	1	1	1	460g
5	0	0	1	1	1	1	1	460g
6	0	0	1	1	1	1	1	460g
7	0	0	1	1	1	1	1	460g
8	0	0	1	1	1	1	1	460g
9	0	0	1	1	1	1	1	460g
10	0	0	1	1	1	1	1	460g

Data pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa tekanan suplai udara memengaruhi keberhasilan sistem vakum suction dalam mengangkat botol dengan beban 460 g. Pada tekanan 2 bar dan 1,5 bar, seluruh percobaan mengalami kegagalan sehingga tingkat keberhasilan sebesar 0%. Pada tekanan 1,8 bar, sistem mulai mampu mengangkat botol dengan tingkat keberhasilan sebesar 70%, namun proses masih belum sepenuhnya stabil.

Selanjutnya, pada tekanan 2 bar hingga 4 bar, seluruh 10 percobaan berhasil dilakukan sehingga diperoleh tingkat keberhasilan sebesar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan tekanan suplai mampu meningkatkan gaya hisap vakum suction sehingga mampu mengangkat dan memindahkan botol dengan beban 460 g secara stabil. Berdasarkan hasil pengujian, tekanan 2 bar dapat ditetapkan sebagai tekanan operasi minimum karena telah mampu menghasilkan tingkat keberhasilan 100% dengan beban botol sebesar 460 g.

Dari hasil percobaan tingkat keberhasilan pemindahan botol tersebut didapatkan hasil Penelitian Berdasarkan data uji dari mesin carriage, yang menggunakan pengambilan 6 botol dengan volume 100ml perbotol dan beban total dari botol tersebut adalah 729g. antara tekanan udara suplai dan tingkat keberhasilan transfer botol, tabel dapat dibuat sebagai berikut.

Tabel 3. Tingkat keberhasilan transfer botol 100ml

Percobaan	1	1.5	1.8	2	2.5	3	4	Berat
1	0	0	0	1	1	1	1	460g
2	0	0	0	1	1	1	1	460g
3	0	0	1	1	1	1	1	460g
4	0	0	1	1	1	1	1	460g
5	0	0	1	1	1	1	1	460g
6	0	0	1	1	1	1	1	460g
7	0	0	1	1	1	1	1	460g
8	0	0	1	1	1	1	1	460g
9	0	0	1	1	1	1	1	460g
10	0	0	1	1	1	1	1	460g

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa tekanan suplai udara berpengaruh terhadap keberhasilan sistem vakum suction dalam mengangkat botol dengan beban 729 g. Pada tekanan 1 bar, 1,5 bar, dan 1,8 bar, seluruh 10 percobaan mengalami kegagalan sehingga tingkat keberhasilan sebesar 0%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tekanan yang tersedia belum mampu menghasilkan gaya hisap vakum suction yang cukup untuk mengangkat beban botol sebesar 729 g.

Pada tekanan 2 bar, sistem mulai mampu mengangkat dan memindahkan botol dengan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Hasil yang sama juga diperoleh pada tekanan 2,5 bar hingga 4 bar, yaitu seluruh percobaan berhasil tanpa mengalami kegagalan. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan 2 bar telah mampu menghasilkan gaya hisap yang mencukupi untuk mengangkat beban 729 g secara stabil. Berdasarkan hasil pengujian, tekanan 2 bar dapat ditetapkan sebagai tekanan operasi minimum untuk proses pengambilan botol dengan beban 729 g.

3.2 Sudut Putaran Transfer Botol

Penelitian Berdasarkan data uji dari mesin *carriage*, yang menggunakan pengambilan 6 botol dengan volume 100ml perbotol dan beban total dari botol tersebut adalah 729g untuk mengukur sudut putaran saat pemindahan botol tersebut kedalam pengemasan. antara tekanan udara suplai dan tingkat keberhasilan transfer botol, tabel dapat dibuat sebagai berikut.

Tabel 4. Sudut Putaran Transfer Botol

Percobaan	1	1.5	1.8	2	2.5	3
Per.1	75,3°	76,1°	77,4°	79,4°	80,4°	80,1°
Per.2	74,9°	76,1°	77,9°	78,6°	80,4°	80,4°
Per.3	75,1°	76,3°	77,7°	78,6°	80,4°	80,4°
Per.4	75,3°	76,1°	77,9°	78,6°	80,4°	80,4°
Per.5	75,3°	76,1°	77,9°	78,4°	80,4°	80,4°
Per.6	75,1°	76,1°	77,9°	79°	80,4°	80,4°
Per.7	74,8°	76,1°	77,9°	79°	80,1°	80,4°
Per.8	74,7°	76,1°	77,9°	79°	80,4°	80,4°
Per.9	75,1°	76,3°	77,9°	79°	80,4°	80,4°
Per.10	75,3°	76,3°	77,9°	79°	80,4°	80,4°

Berdasarkan Tabel 4 peningkatan tekanan suplai udara menyebabkan sudut putaran mesin *carriage* semakin mendekati sudut rancangan sebesar 80,4°. Pada tekanan 1 bar dan 1,5 bar, diperoleh rata-rata sudut putaran masing-masing sebesar 75,09° dan 76,16°. Selanjutnya, pada tekanan 1,8 bar dan 2 bar, rata-rata sudut meningkat menjadi 77,75° dan 78,96°. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tekanan yang lebih rendah belum mampu menghasilkan gaya putar aktuator secara optimal akibat pengaruh rugi-rugi tekanan dan gaya gesek mekanik.

Pada tekanan 2,5 bar, rata-rata sudut putaran mencapai 80,33°, kemudian meningkat menjadi 80,37° pada 3 bar. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tekanan 2,5–3 bar mampu menghasilkan sudut putaran yang mendekati sudut rancangan dengan penyimpangan yang sangat kecil. Secara keseluruhan, tekanan suplai yang semakin tinggi meningkatkan kemampuan aktuator dalam menghasilkan gaya putar hingga mencapai posisi yang sesuai dengan kebutuhan mekanisme *carriage*. Berdasarkan hasil pengujian, tekanan 2,5 bar dapat digunakan sebagai tekanan minimum untuk mencapai sudut putaran yang mendekati sudut rancangan sebesar 80,4°.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mesin *carriage* vakum transfer botol sampling berbasis elektro pneumatik dengan kendali PLC Siemens S7-1200 berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk melakukan proses pengambilan, pemindahan, dan peletakan botol secara otomatis sesuai urutan kerja yang diprogram pada ladder diagram menggunakan TIA Portal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tekanan suplai udara berpengaruh langsung terhadap tingkat keberhasilan sistem. Pada tekanan rendah (1–1,8 bar), sistem belum mampu melakukan pemindahan botol secara optimal. Tekanan 2 bar dan 2,5 bar menunjukkan peningkatan keberhasilan, namun masih dipengaruhi oleh distribusi tekanan menuju silinder pneumatik dan vakum generator serta kondisi kualitas udara bertekanan. Tekanan 3 bar merupakan tekanan kerja minimum yang mampu menghasilkan tingkat keberhasilan pemindahan botol 100% untuk botol berkapasitas 25 mL, 50 mL, dan 100 mL.

Pengujian sudut putaran menunjukkan bahwa tekanan 2,5–4 bar memberikan ketepatan putaran terbaik dengan deviasi sebesar 0,01°–0,03° terhadap sudut target 80,4°. Selain itu, hasil pengujian sensor menunjukkan bahwa sensor Fotoelektrik memiliki tingkat deteksi yang lebih baik dibandingkan sensor proximity pada seluruh variasi botol yang diuji.

Rugi-rugi tekanan sebesar 0,2 bar terjadi pada jalur suplai dari kompresor menuju filter regulator akibat panjang selang, diameter selang, serta konfigurasi jalur pneumatik. Rugi-rugi pembagian tekanan suplai Udara dari silinder dan vakum mendapatkan 0,25 bar sehingga tekanan kerja yang bisa digunakan dikurangi 0,45 bar dari suplai kompresor hingga actuator seperti silinder dan vakum..

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] M. H. Hanif, A. Triwiyatno, and M. A. Riyadi, “BARANG BERBASIS KLASIFIKASI RFID PADA ROBOT PICK AND PLACE MENGGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) OMRON CPM1A,” pp. 1–7.

[2] Y. Liu, J. Hou, C. Li, and X. Wang, “Intelligent Soft Robotic Grippers for Agricultural and Food Product Handling: A Brief Review with a Focus on Design and Control,” *Adv. Intell. Syst.*, vol. 5, no. 12, p. 2300233, Dec. 2023, doi: https://doi.org/10.1002/aisy.202300233.

[3] S. Automatisés, D. Bharadwaj, and D. Dutt, “Design and Development of Low-Level Automation for the Picking and Placing of the Object Using Pneumatic Suction,” vol. 54, no. 6, pp. 865–870, 2021.

[4] J. Tanaka, A. Ogawa, H. Nakamoto, T. Sonoura, and H. Eto, “Suction pad unit using a bellows pneumatic actuator as a support mechanism for an end effector of depalletizing robots,” *ROBOMECH J.*, 2020, doi: 10.1186/s40648-019-0151-0.

[5] I. Imnadir, A. K. Junaidi, D. Sofyan Arief, and M. Dalil, “Automatic Control of Bottle Contents and Separation of Empty Bottles In The Packaging Process Using Programmable Logic Controller Siemens S7-1200,” *J. Ocean. Mech. Aerosp. -science Eng.*, vol. 68, no. 2, pp. 88–98, 2024, doi: 10.36842/jomase.v68i2.368.

[6] M. Y. Salloom, “Pneumatic Control System of Automatic Production Line Using Two Method of SCADA / HMI Implement PLC Hala Helal Hadi *,” vol. 15, no. 3, pp. 16–28, 2019.

[7] S. Hoang *et al.*, “Design and Development of PLC Controlled Pneumatic Pressing System,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 12, no. 12, 2023, [Online]. Available: http://www.ijert.org

[8] H. Chi, M. City, N. Huu, and C. Technical, “A S7-1200 PLC-BASED MOTION SEAT SYSTEM FOR 3D CINEMA APPLICATIONS,” vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2026.

[9] A. Alamsyah, H. Purnata, and M. Yusuf, “Prototype Mini Crane Pemindah Barang Berbasis Sistem Otomasi,” vol. 11, no. 3, pp. 155–160, 2021.
[10] A. Setiawandira, “Sistem Pengontrolan Automatic Botol Minuman pada Mesin SMI Berbasis PLC Siemens S7-1200,” vol. 4, no. 2, pp. 940–948, 2023.
[11] A. Kurniawan, H. Porawati, and I. Artikel, “Sistem Elektro Pneumatik Modul PLC 3 Silinder Kerja Ganda Gerak Berlawanan,” *J. Inov.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–2, 2018, [Online]. Available: www.ojs.politeknikjambi.ac.id/index/inovator
[12] Ade Rahayu, “Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D) : Pengertian, Jenis dan Tahapan,” *DIAJAR J. Pendidik. dan Pembelajaran*, vol. 4, no. 3, pp. 459–470, 2025, doi: 10.54259/diajar.v4i3.5092.
[13] N. Tran, Q. Pham, T. Le, and M. Cai, “High Speed Automatic Cartoning Machine,” vol. 3, no. 3, pp. 197–203, 2025, doi: 10.59247/jfsc.v3i3.322.
[14] R. T. Indrawati, A. Pramono, P. Yanuar, E. Safriana, D. I. Fauzi, and E. Theody, “Analisa Unjuk Kerja Mesin Vacuum Press dengan Sistem Elektro-Pneumatik terhadap Kapasitas Produksi pada Proses Vacuum packaging,” vol. 18, no. 1, pp. 55–64, 2023.