

DESAIN SISTEM KENDALI DAN MONITORING TRAINER KIT MESIN PRESS BOTOL KEMASAN KALENG BEKAS

Oleh : Aggie Brenda Vernandez¹, Mochammad Muqorrobin², Achmad Hardito³, Haris Santosa⁴, Parsumo Rahardjo⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof H Sudarto, S.H. Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50275.
E-mail : aggieverandez@polines.ac.id¹

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kendali dan monitoring pada trainer kit mesin press botol kemasan kaleng bekas berbasis Programmable Logic Controller (PLC) dan Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). Sistem menggunakan sensor proximity induktif untuk mendeteksi logam, motor DC sebagai penggerak konveyor, aktuator pneumatik sebagai pendorong, serta motor linear untuk proses penekanan (pressing). Monitoring dilakukan secara real-time melalui Human Machine Interface (HMI) dan SCADA guna mengamati konsumsi daya dan waktu respon sistem. Metode penelitian meliputi perancangan mekanik dan elektrik, pemrograman PLC berbasis ladder diagram, integrasi sistem monitoring, serta pengujian performa listrik dan mekanik. Hasil menunjukkan konsumsi daya berkisar antara 12,0–41,5 watt, dengan daya tertinggi saat proses penekanan. Waktu respon sistem pada mode otomatis relatif stabil pada setiap siklus kerja. Pengujian deformasi kaleng menunjukkan rasio deformasi vertikal 72%–81% dan horizontal 42%–65%. Trainer kit yang dikembangkan mampu bekerja secara stabil dan terpantau, serta efektif sebagai media pembelajaran mekatronika dan simulasi otomasi industri.

Kata kunci : PLC, SCADA, mekatronika, mesin press kaleng.

Abstract

This study aims to design and implement a control and monitoring system for a used aluminum can press trainer kit based on a Programmable Logic Controller (PLC) and Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). The system utilizes an inductive proximity sensor for metal detection, a DC motor to drive the conveyor, a pneumatic actuator for object positioning, and a linear motor for the pressing process. Real-time monitoring is conducted through a Human Machine Interface (HMI) and SCADA to observe power consumption and system response time. The research method includes mechanical and electrical design, PLC programming using ladder diagrams, system integration, and electrical and mechanical performance testing. The results show that power consumption ranges from 12.0 to 41.5 watts, with the highest consumption occurring during the pressing process. The automatic mode operation demonstrates stable response times throughout the working cycle. Deformation testing indicates a vertical deformation ratio of 72%–81% and a horizontal deformation ratio of 42%–65%. The developed trainer kit operates stably and effectively as a mechatronics learning medium and an industrial automation simulation system..

Keyword : PLC, SCADA, mechatronics, can press machine.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi industri telah mendorong integrasi sistem mekanik, elektronik, dan kendali dalam berbagai sektor, termasuk pengelolaan limbah dan pendidikan vokasi. Limbah kaleng minuman sebagai bagian dari sampah anorganik memiliki potensi daur ulang yang tinggi, namun volumenya yang besar menimbulkan kendala dalam proses penyimpanan dan transportasi apabila tidak

dilakukan pemadatan terlebih dahulu. Sistem pemilahan dan pengepresan otomatis menjadi solusi strategis untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah logam sekaligus mendukung konsep zero waste. Teknologi sensor proximity induktif telah banyak digunakan dalam sistem deteksi logam karena keandalannya terhadap kondisi lingkungan industri dan kemampuannya mendeteksi objek tanpa kontak langsung (Munawar et al., 2024).

Integrasi sensor dengan Programmable Logic Controller (PLC) memungkinkan proses kendali berjalan secara terstruktur dan berulang dengan tingkat akurasi tinggi (Manesis & Nikolakopoulos, 2018). Selain itu, penerapan Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) memberikan kemampuan monitoring dan akuisisi data secara real-time, sehingga performa sistem dapat dianalisis secara menyeluruh (Prahmana & Karyatanti, 2024).

Dalam konteks pendidikan teknik, pendekatan mekatronika menjadi sangat relevan karena menggabungkan prinsip mekanika, elektronika, dan sistem kendali dalam satu platform terpadu. Bishop (2002) menyatakan bahwa mekatronika merupakan integrasi sinergis antara sistem fisik dan kontrol berbasis komputer untuk menghasilkan sistem yang responsif dan adaptif. Onwubolu (2005) menambahkan bahwa pembelajaran mekatronika yang efektif memerlukan media praktikum berbasis proyek yang memungkinkan mahasiswa memahami interaksi antara sensor, aktuator, dan logika kendali secara langsung. Oleh karena itu, pengembangan trainer kit berbasis PLC dan SCADA menjadi kebutuhan penting dalam pendidikan vokasi untuk menjembatani teori dan praktik industri.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kendali dan monitoring pada trainer kit mesin *press* botol kemasan kaleng bekas berbasis PLC dan SCADA. Sistem dirancang untuk melakukan deteksi logam, penggerakan konveyor, proses penekanan otomatis, serta pemantauan konsumsi daya dan waktu respon sistem secara real-time. Pengembangan ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi pada simulasi pengelolaan limbah logam, tetapi juga meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam bidang otomasi industri dan sistem kendali terintegrasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mekatronika

Mekatronika adalah pendekatan rekayasa sistem yang mengintegrasikan mekanika presisi, elektronika, sistem kendali, dan teknik komputer untuk merancang produk dan proses efisien. Istilah ini pertama kali diperkenalkan oleh Yaskawa Electric Corporation (1969) sebagai integrasi komponen mekanik dan elektronik (Bishop, 2002). Onwubolu (2005) mendefinisikan mekatronika modern sebagai sistem dengan kecerdasan terdistribusi melalui sensor, aktuator, dan mikrokontroler terintegrasi yang disajikan pada Gambar 2.2. Alciatore & Hristand (2011) menambahkan bahwa mekatronika memungkinkan pengembangan sistem responsif dan adaptif melalui pemrosesan informasi lintas bidang teknik, menjadikannya kerangka kerja untuk membangun sistem elektromekanik cerdas.

Perkembangan mekatronika dipengaruhi oleh kemajuan mikroprosesor, sensor pintar, dan sistem kendali digital. Onwubolu (2005) menyatakan bahwa sejak era mikrokomputer 1980-an, rekayasa sistem beralih dari pendekatan terpisah ke terintegrasi digital. Bishop (2002) mencatat evolusi mekatronika dari sekadar integrasi sistem menjadi desain interdisipliner dengan fokus pada interaksi kontrol dan fisik. Saat ini, *embedded systems*, komunikasi data, dan pemodelan memperluas cakupannya ke robotika, sistem otonom, hingga teknologi nano (Alciatore & Hristand, 2011), menjadikan mekatronika elemen kunci inovasi teknik modern. Mekatronika telah diaplikasikan di industri otomotif, robotika, dan manufaktur otomatis. Contohnya, sistem suspensi adaptif dan kontrol traksi pada otomotif menggabungkan sensor, logika kontrol, dan aktuator (Bishop, 2002). Dalam pendidikan vokasi, mekatronika memberikan pemahaman integrasi hardware-software (Onwubolu, 2005), dengan kurikulum mencakup sensor, mikrokontroler, dan algoritma kontrol (Alciatore & Hristand, 2011). Pada proyek tugas akhir ini, prinsip

mekatronika diwujudkan dalam sistem pemilah otomatis botol logam/non-logam menggunakan sensor induktif, PLC, dan aktuator pneumatik. Dengan tambahan HMI dan SCADA, sistem ini menjadi contoh nyata penerapan mekatronika modern dalam konteks edukatif dan praktis.

2.2. Pemilahan Limbah

Limbah botol logam, termasuk kaleng minuman, merupakan bagian dari sampah anorganik yang tidak dapat terurai secara biologis. Kaleng biasanya terbuat dari lembaran baja tipis yang dilapisi timah atau aluminium, dan sering digunakan sebagai wadah makanan dan minuman karena sifatnya yang tahan sterilisasi dan praktis digunakan (pengolchsampah.com, 2024). Seiring perkembangan industri kemasan, konsumsi produk dalam kaleng meningkat tajam, sehingga menghasilkan volume sampah logam yang tinggi. Limbah jenis ini berpotensi mencemari lingkungan karena menghasilkan karat dan menurunkan kualitas tanah jika tidak dikelola dengan baik (Munawar et al., 2024). Dengan nilai ekonomis dan potensi daur ulangnya yang besar, maka sistem pemilah otomatis dibutuhkan untuk memisahkan limbah logam secara cepat, akurat, dan efisien tanpa bergantung penuh pada tenaga manusia (Triguna Dharma, 2023).

Salah satu karakteristik khas dari kaleng logam adalah sifat konduktif terhadap medan elektromagnetik. Hal ini menjadikan kaleng dapat dideteksi secara non-kontak menggunakan sensor *proximity* induktif, yaitu sensor yang bekerja dengan prinsip perubahan medan osilasi frekuensi tinggi akibat keberadaan logam (Bishop, 2002). Sensor ini mengeluarkan sinyal digital saat mendeteksi perubahan pada arus eddy yang dipicu oleh objek logam di dekatnya. Selain andal, sensor *proximity* induktif juga tahan terhadap kondisi lingkungan berdebu dan lembap, sehingga sangat cocok untuk aplikasi pemilahan otomatis di sistem konveyor. Dengan kemampuan ini, sensor *proximity* induktif

menjadi komponen penting dalam sistem deteksi logam yang efisien dan presisi.

Pada sistem pemilah otomatis, sensor *proximity* induktif digunakan sebagai unit deteksi untuk mengenali keberadaan botol atau kaleng logam di atas konveyor. Setelah objek terdeteksi, sinyal dari sensor dikirim ke pengendali (PLC) yang mengatur aktuator seperti silinder pneumatik atau motor penggeser untuk mengarahkan objek ke jalur sortir khusus (Munawar et al., 2024). Aktuator berfungsi sebagai elemen penggerak untuk memindahkan atau menekan botol sesuai klasifikasi yang telah diproses oleh sistem logika. Kombinasi antara sensor, kendali logika, dan aktuator menciptakan sistem mekatronika yang mampu menjalankan proses sortir secara otomatis, cepat, dan berulang. Sistem ini mendukung penghematan tenaga kerja sekaligus meningkatkan efisiensi operasional.

Proses kerja sistem dimulai ketika sensor mendeteksi botol logam, lalu PLC memproses logika untuk mengaktifkan aktuator dan mengarahkan botol ke jalur tekan. Di titik akhir, silinder pneumatik akan menekan botol atau kaleng untuk mengurangi volumenya, sehingga mempermudah proses pengemasan dan pengangkutan ke fasilitas daur ulang. Teknologi ini mendukung tujuan *zero waste* karena mengurangi volume limbah dan mempercepat proses daur ulang secara otomatis (Liputan6, 2025). Sistem semacam ini juga sejalan dengan program pemanfaatan limbah kaleng yang telah dilakukan oleh masyarakat seperti pemulung atau pengrajin barang bekas (pengolchsampah.com, 2024). Dengan demikian, sistem otomasi pemilahan dan penekanan (*pressing*) botol logam memberikan solusi teknis yang berkelanjutan untuk pengelolaan limbah modern.

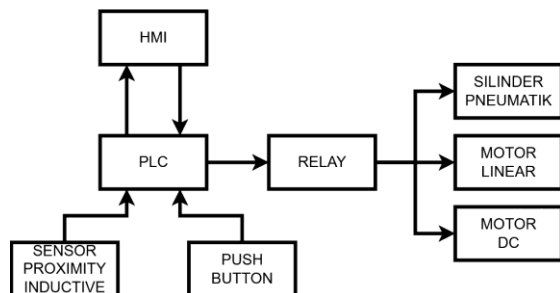
3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Perancangan Alat

Diagram blok elektrik disusun untuk memberikan gambaran umum mengenai

hubungan dan alur kerja antar komponen utama dalam sistem trainer. Diagram ini menunjukkan bagaimana sinyal dari perangkat masukan seperti reed sensor, sensor *proximity* induktif, dan *push button* dikirimkan ke *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai pusat kendali. Selanjutnya, PLC mengolah sinyal tersebut dan memberikan perintah ke perangkat keluaran melalui *relay*, yang kemudian mengaktifkan aktuator seperti silinder pneumatik, motor linear, dan motor DC.

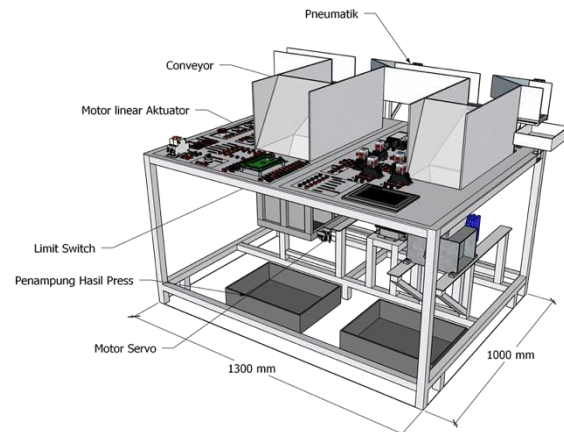
Antarmuka HMI digunakan untuk memudahkan dalam memantau dan mengendalikan sistem secara langsung. Penyusunan diagram blok ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman alur sistem secara menyeluruh sebelum dilakukan perancangan detail rangkaian listrik. Metode yang digunakan di dalam penelitian ini mengikuti diagram blok seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Perangkat Keras

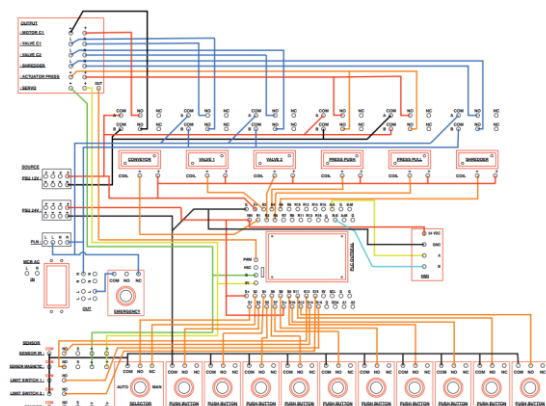
Trainer simulasi sistem kendali otomatis pemilahan dan penekan (*pressing*) botol minuman kemasan logam berbasis *programmable logic controller* dan *supervisory control and data acquisition* ini dirancang sebagai media pembelajaran di bidang otomasi industri.

Alat ini bertujuan untuk mensimulasikan proses pemilahan berbasis sensor logam dan proses penekanan (*pressing*) secara otomatis, serta mendemonstrasikan pengoperasian sistem kendali berbasis PLC yang terintegrasi dengan sistem *monitoring SCADA*.



Gambar 2. Desain Trainer

Pada Gambar 3 menunjukkan gambar pengawatan elektrik dengan keterangan sebagai berikut: *Push Button*, berfungsi untuk mengaktifkan sistem. Sensor *Proximity* Induktif, berfungsi untuk mendeteksi keberadaan botol minuman kemasan kaleng berbahan logam. Sensor *proximity* induktif bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik dan akan mengirimkan sinyal ke PLC saat kaleng terdeteksi pada area tertentu. PLC, berfungsi sebagai kendali utama dari sistem. PLC menerima sinyal dari sensor *proximity*, memprosesnya sesuai program logika yang telah dibuat, dan mengeluarkan perintah untuk mengaktifkan aktuator melalui *relay*.



Gambar 3. Diagram Pengawatan

HMI, berfungsi memberikan antarmuka visual untuk memantau sistem secara *real-time* dan mengontrolnya jika diperlukan. Data dari PLC ditampilkan di sini untuk

pengawasan atau penyesuaian sistem. Relai, berfungsi sebagai saklar elektronik yang menerima sinyal dari PLC dan meneruskannya ke komponen output untuk menggerakkan aktuator (motor atau silinder) secara aman. Silinder Pneumatik, berfungsi sebagai aktuator untuk mendorong botol minuman kemasan kaleng setelah terdeteksi oleh sensor proximity induktif menuju tempat penekanan kaleng (*pressing*). Motor Linear, berfungsi sebagai aktuator yang bergerak secara linier (maju-mundur) untuk sistem penekanan (*pressing*) atau dorongan yang memerlukan gaya besar dalam satu arah. Motor DC, berfungsi sebagai aktuator untuk menggerakkan konveyor agar botol minuman kemasan kaleng dapat berpindah dari satu stasiun ke stasiun berikutnya secara otomatis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

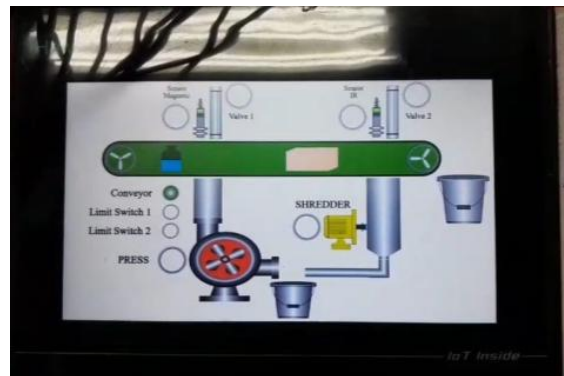
Kerangka meja trainer dibuat dengan dimensi panjang 130 cm, lebar 100 cm, dan tinggi 70 cm. Material yang digunakan adalah besi hollow berukuran 30 mm×30 mm, yang dipilih karena memiliki kekuatan tekan dan ketahanan struktural yang baik, namun tetap ringan dan mudah dalam proses fabrikasi. Besi hollow dengan ketebalan dinding yang memadai mampu menopang beban komponen yang terpasang pada trainer, serta memberikan kestabilan selama proses operasional berlangsung. Sambungan antar bagian pada rangka dilakukan menggunakan metode pengelasan untuk memastikan kekokohan, presisi, dan kestabilan struktur secara keseluruhan. Untuk mendukung mobilitas alat ini, keempat kaki meja dilengkapi dengan roda berpengunci. Komponen ini memungkinkan trainer dipindahkan dengan mudah, namun tetap stabil saat digunakan. Mesin penekan pada sistem ini dirancang untuk memberikan gaya tekan secara vertikal guna meratakan atau memadatkan objek, seperti kaleng atau komponen ringan lainnya. Untuk mendukung presisi dan efisiensi kerja, mesin penekan ini menggunakan motor linear sebagai aktuator

utamanya. Motor linear dipilih karena memiliki kemampuan menghasilkan gerakan lurus secara langsung tanpa perlu konversi gerakan putar menjadi linear, seperti pada motor konvensional dengan mekanisme roda gigi atau *screw*.



Gambar 4. Trainer Kit Press Botol

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengamatan pada besaran listrik dan pergerakan aktuator mekatronika. Pengamatan dilakukan secara *real-time* dengan menggunakan aplikasi SCADA pada *Hawell Cloud* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Tampilan monitoring sistem

Hasil Pengujian daya listrik yang dikonsumsi oleh setiap komponen utama pada trainer kit ditunjukkan pada Gambar 5. Pengukuran dilakukan menggunakan wattmeter yang dihubungkan secara seri pada sumber daya masing-masing komponen. Setiap komponen diuji dalam kondisi kerja aktual sesuai fungsinya, seperti motor DC untuk *conveyor*, motor linear untuk *pressing*, aktuator pneumatik, dan sistem kontrol PLC.



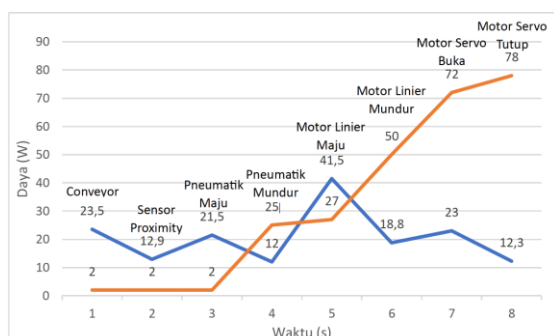
Gambar 6 Pengujian daya listrik

Hasil pengujian daya listrik tiap komponen dilakukan secara komprehensif ditunjukkan pada Gambar 6, lalu pengujian waktu operasi mesin ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Uji lama operasi aktuator trainer

No	Tahap Proses	waktu (s)
1	Conveyor jalan	74,33
2	Sensor mendeteksi logam	3,12
3	Aktuator silinder kerja bergerak maju	18,12
4	Aktuator silinder kerja bergerak mundur	3,12
5	Motor Linear maju	21
6	Motor Linear mundur	21
7	Servo membuka plat	5
8	Motor servo menutup plat	3

Perbandingan antara daya dengan waktu kerja komponen dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Kurva Daya Terhadap Waktu

Konsumsi daya tertinggi pada saat motor linear maju dan konsumsi daya terendah saat aktuator pneumatik. Pengujian

Mekanik Tekanan Mesin Press bertujuan untuk mengetahui perbandingan awal botol kaleng sebelum di-press dengan hasil akhir botol minuman kaleng setelah di-press. Tabel 2 menunjukkan hasil press kaleng secara vertikal dan horizontal menunjukkan bahwa keberhasilan pressing sangat dipengaruhi oleh posisi jatuh kaleng di ruang pengepresan. Kaleng yang jatuh tepat di tengah akan mengalami penekanan maksimal, sedangkan posisi miring atau tidak tepat mengurangi efektivitas tekanan.

Tabel 2 Hasil kaleng setelah di-press

No	Press Vertikal	Press Horizontal
1		
2		
3		
4		
5		

Perhitungan rasio deformasi diperoleh menggunakan persamaan:

$$\text{Rasio Deformasi} = \frac{\text{Tinggi/Lebar awal} - \text{Tinggi/Lebar akhir}}{\text{Tinggi/Lebar awal}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Maka didapatkan hasil sebagai berikut untuk kaleng minuman berkarbonasi adalah:

$$\text{Rasio} = \frac{13,5 - 12,5}{13,5} \times 100\%$$

$$\text{Rasio Deformasi} = 81\%$$

Dengan cara yang sama dapat dilakukan perhitungan untuk jenis kaleng minuman yang lainnya seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Hasil *press* kaleng posisi vertikal

No	Tinggi Awal (cm)	Tinggi Setelah <i>Press</i> (cm)	Rasio Deformasi Vertikal
1.	13,5	2,5	81%
2.	13,4	2,7	80%
3.	11,7	2,4	79%
4.	10,3	2,9	72%
5.	9,2	1,9	79%

Tabel 4 Hasil *press* kaleng posisi horizontal

No	Lebar Awal (cm)	Lebar Setelah <i>Press</i> (cm)	Rasio Deformasi Horizontal
1.	5,3	2,9	45%
2.	5,4	2,6	52%
3.	6,6	2,7	59%
4.	5,2	3	42%
5.	6,6	2,3	65%

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rasio deformasi vertikal dapat diperoleh dalam rentang 72% hingga 81% sedangkan rasio deformasi horizontal diperoleh angka 42% hingga 65%. Hasil deformasi *press* kaleng dipengaruhi oleh posisi jatuh dan posisi *press* kaleng. Hasil deformasi terbaik didapatkan pada posisi kaleng dengan orientasi vertikal terhadap mesin *press*.

5. KESIMPULAN

Dari pelaksanaan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil pengujian konsumsi daya mesin trainer kit menunjukkan bahwa setiap komponen memiliki karakteristik beban yang berbeda, dengan rentang daya antara 12,0 hingga 41,5 watt. Konsumsi

daya tertinggi terjadi saat motor linear melakukan proses penekanan, sedangkan konsumsi terendah terjadi saat aktuator pneumatik kembali ke posisi awal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efisien dan beban terbesar terpusat pada proses *pressing* sebagai fungsi utama alat.

- Pengujian waktu respon pada mode otomatis menunjukkan kestabilan pada setiap tahapan proses, mulai dari pergerakan konveyor, deteksi sensor, dorongan silinder pneumatik, hingga proses penekanan dan pelepasan hasil *press*.
- Dari sisi mekanik, hasil pengujian deformasi menunjukkan rasio deformasi vertikal sebesar 72%–81% dan deformasi horizontal sebesar 42%–65%. Hasil terbaik diperoleh saat posisi kaleng berada dalam orientasi vertikal terhadap mesin *press*, yang menghasilkan pemadatan lebih optimal. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan terbukti mampu melakukan proses pemilahan dan penekanan kaleng secara efektif, stabil, serta layak digunakan sebagai media pembelajaran praktikum mekatronika berbasis otomasi industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Alciatore, D. G., & Hstand, M. B. (2012). *Introduction to mechatronics and measurement systems* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Arsyad, A. (n.d.). *Dasar-dasar protokol komunikasi industri: Modbus RTU dan TCP/IP*. Teknika Press.
- Bishop, R. H. (2002). *The mechatronics handbook*. CRC Press.
- Camozzi Automation. (2019). *Pneumatic automation: From basic principles to practical techniques*.
- Hendri. (2021). *Pemrograman PLC dengan protokol komunikasi Modbus*. ElektroMedia.
- Hilal, A., & [penulis tidak lengkap]. (2015). *Pemanfaatan motor servo sebagai penggerak CCTV untuk melihat*

- alat-alat monitor dan kondisi pasien di ruang ICU. *Gema Teknologi*.
- Jamaaluddin. (2019). *Pengantar instalasi listrik industri*.
- Kurniawan, N. (2018). Human machine interface dalam sistem kendali industri. *Elektro Edu*.
- Lamb, F. (2013). *Industrial automation: Hands-on*. McGraw-Hill Professional.
- Manesis, S., & Nikolakopoulos, G. (2018). *Industrial control systems: Design, instrumentation and automation*. CRC Press.
- Munawar, A. P., et al. (2024). Efektivitas sensor induktif dalam sistem pemilah logam otomatis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.
- Onwubolu, G. C. (2005). *Mechatronics: Principles and applications*. Elsevier.
- Prahmana Karyatanti, D. S. (2024). SCADA dalam implementasi industri 4.0. *Jurnal Otomasi dan Kendali*.
- Triguna Dharma, B. (2023). Penerapan sistem pemilah limbah logam otomatis di lingkungan kampus. *Jurnal Rekayasa Teknologi*.
- Zaghis, D. (2015). *Modern pneumatic systems*. Industrial Press.