

# Analisis dan Optimasi Sistem Kendali Robot Falcon Millenium: *Automatic Robot Palletizer* Menggunakan PLC Omron

Ahmad Reynaldi Wijaya<sup>1</sup>, Raden Deasy Mandasari<sup>2</sup>, Andi Rosano<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bina Sarana Informatika, Indonesia

---

## Article Info

### Article history:

Received Aug 7, 2023

Revised Mar 5, 2024

Accepted Apr 3, 2024

---

### Keywords:

Automatic palletization  
Automatic Robot Palletizer  
CX-Programmer  
Falcon Millennium Robot  
PLC Omron

---

## ABSTRACT

The main objective of this research is to analyze and optimize the control system of this robot through simulations to improve efficiency and production quality in the ceramic industry or other manufacturing sectors. The study consists of several stages, including a literature review to comprehend the concepts of the Falcon Millennium Robot, PLC Omron, and relevant theories in automation and robotics. Subsequently, problem identification is conducted to pinpoint areas that require analysis and optimization. The next step involves designing a Ladder Diagram using CX-Programmer software to control the automatic palletization process. Additionally, the control system's user interface (HMI) is designed using CX-Designer to facilitate the operator in controlling the system. Once the design is completed, simulations are conducted to verify the robot's performance and the palletization process before physical implementation. Experimental data is analyzed and collected in tables to measure efficiency, Conveyor 1 and Conveyor 2 speeds, and the time taken to transfer boxes to the warehouse. The analysis results show an average efficiency of approximately 88.5% in the automatic palletization process. Conveyor 1 and Conveyor 2 speeds increase gradually, and the average time taken to transfer boxes to the warehouse is around 41 seconds.

Copyright © 2024 Universitas Indraprasta PGRI.  
All rights reserved.

---

## Corresponding Author:

Raden Deasy Mandasari,  
Program Studi Teknik Elektro,  
Universitas Bina Sarana Informatika,  
Jl. Kramat Raya No.98, RT.2/RW.9, Kwitang, Kec. Senen, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10450.  
Email: [deasy.rde@bsi.ac.id](mailto:deasy.rde@bsi.ac.id)

---

## 1. PENDAHULUAN

Dalam era industri yang semakin berkembang pesat, otomasi dan robotika telah menjadi dua hal yang krusial dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam berbagai sektor, termasuk industri manufaktur [1]. Penggunaan robot otomatis dalam proses paletisasi menjadi salah satu solusi untuk mengatasi tantangan dalam distribusi dan logistik yang semakin kompleks [2]. Robot Falcon Millenium adalah salah satu contoh robot paralel kabel yang digunakan sebagai *Automatic Robot Palletizer*, mampu bekerja secara otomatis dengan menggunakan sistem kendali PLC (*Programmable Logic Controller*) Omron [3]. Penelitian ini akan menganalisis dan mengoptimalkan sistem kendali Robot Falcon Millenium dengan menggunakan PLC Omron melalui simulasi CX-Programmer [4]. Dengan melakukan analisis dan optimasi pada sistem kendali [5] ini, diharapkan dapat meningkatkan performa dan efisiensi robot, mengurangi kesalahan dalam proses paletisasi, dan meningkatkan kualitas dan kecepatan produksi.

Penggunaan robot paralel kabel dalam industri telah menunjukkan potensinya dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses produksi [6]. Penelitian [7] telah memberikan alternatif solusi untuk mengoptimalkan penggunaan robot paralel kabel, namun belum secara khusus memfokuskan pada sistem kendali Robot Falcon Millenium yang menggunakan PLC Omron [8] melalui simulasi CX-Programmer. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi dalam mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut dan memberikan kontribusi baru terhadap pengembangan teknologi otomasi dan robotika di industri manufaktur.

Manfaat dari penelitian ini akan sangat beragam. Pertama, dengan menganalisis dan mengoptimalkan sistem kendali Robot Falcon Millenium melalui PLC Omron [9] dan simulasi CX-Programmer, hasil penelitian ini akan memberikan wawasan baru dan pemahaman yang lebih mendalam tentang potensi penggunaan teknologi ini dalam industri keramik atau industri lainnya yang memanfaatkan proses paletisasi otomatis. Kedua, dengan meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi, penelitian ini berpotensi mengurangi biaya produksi, meningkatkan daya saing perusahaan, dan berdampak positif pada perekonomian suatu negara. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi acuan dan inspirasi bagi penelitian selanjutnya dalam bidang otomasi dan robotika.

Sebelumnya, beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkaji penggunaan robot paralel kabel dalam berbagai aplikasi industri. Penelitian [10] mempresentasikan ide-ide pertama tentang perangkat robot terhubung paralel yang dikendalikan kabel. Sementara itu, [11] merancang sistem untuk operasi *pick-and-place* yang cepat untuk memanfaatkan kemampuan dinamis robot kabel yang luar biasa.

Studi terbaru oleh [12] memperkenalkan aplikasi untuk robot paletisasi yang memanfaatkan perangkat lunak pemrograman *offline* (RobotStudio) untuk memprogram fungsi pembuatan palet robot. Penelitian ini membuktikan potensi penggunaan robot otomatis dalam meningkatkan efisiensi proses paletisasi.

Selain itu, penelitian oleh [13] juga membahas desain dan implementasi otomatis *palletizer* menggunakan PLC untuk perusahaan yang memproduksi dalam *batch*. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan PLC sebagai sistem kendali dapat mengurangi ruang penyimpanan di gudang dan memperbaiki tugas penugasan.

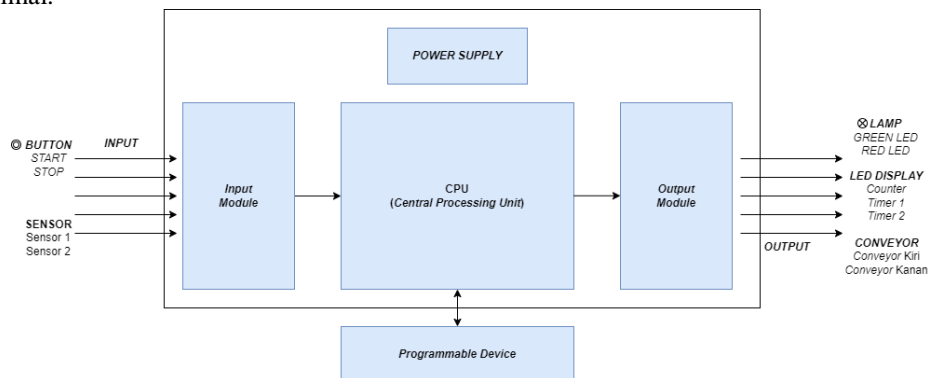
Penelitian ini akan berfokus pada upaya-upaya perbaikan dan pengembangan metode dan sistem kendali pada Robot Falcon Millenium melalui penggunaan PLC Omron dan simulasi CX-Programmer. Dengan mengoptimalkan parameter dan konfigurasi sistem kendali, diharapkan Robot Falcon Millenium dapat bekerja lebih efisien, mengurangi kesalahan dalam proses paletisasi, dan meningkatkan kualitas dan kecepatan produksi. Hipotesis sementara dari penelitian ini adalah bahwa dengan melakukan analisis dan optimasi pada sistem kendali robot, dapat mencapai performa yang lebih baik dan hasil yang optimal dalam proses paletisasi otomatis.

## 2. METODE

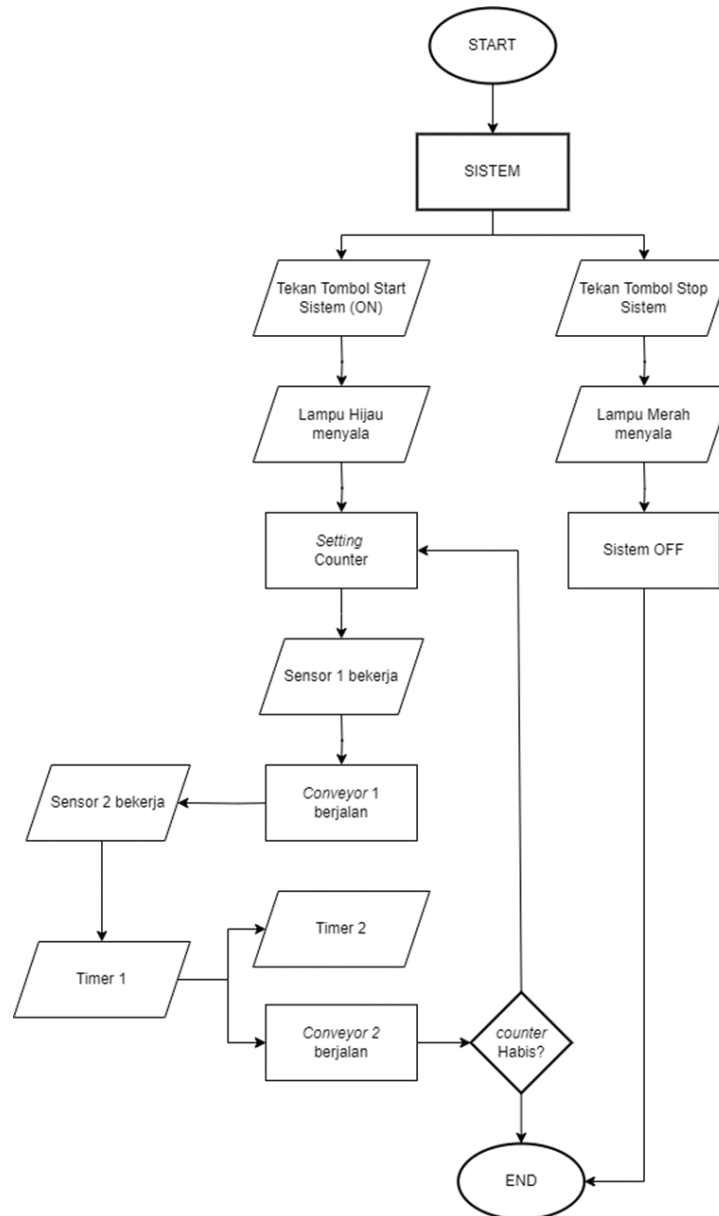
Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data melalui percobaan pada Robot Falcon Millenium dalam proses paletisasi otomatis. Pendekatan simulasi menggunakan perangkat lunak CX-Programmer digunakan untuk memodelkan sistem kendali secara virtual [14]. Data hasil percobaan dianalisis secara statistik dan dikumpulkan dalam tabel.

### 2.1. Konsep/Skema Penelitian/Rancangan

Diagram blok menggambarkan aliran sinyal dan tindakan aksi yang terjadi dalam sistem kendali untuk mengatur proses paletisasi otomatis menggunakan Robot Falcon Millenium dan PLC Omron melalui CX-Programmer. Komponen-komponen saling berinteraksi untuk memastikan proses berjalan sesuai urutan langkah yang telah ditentukan dan memberikan fleksibilitas dalam mengatur waktu dan proses dengan efisiensi yang maksimal.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Alur Proses Kerja Sistem

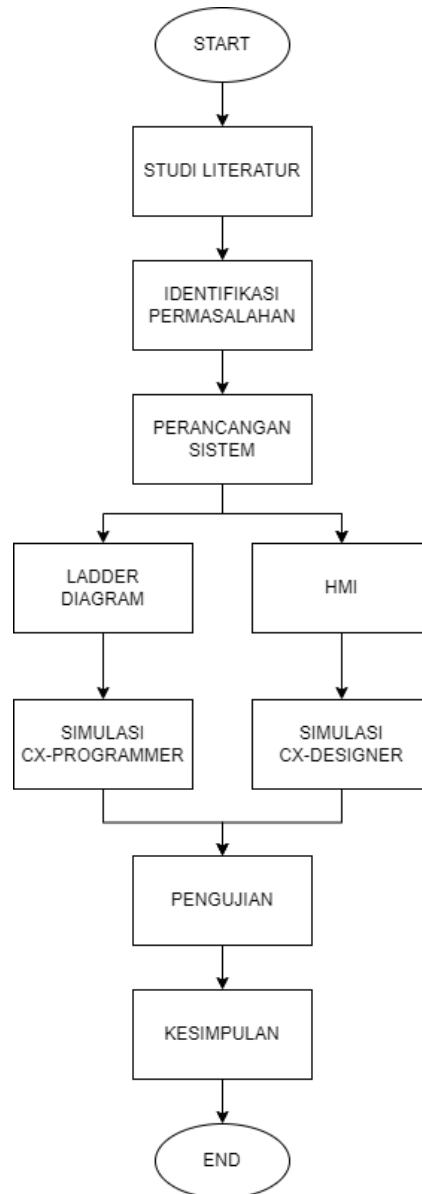
Proses dimulai dengan mengklik tombol "Start", yang akan mengaktifkan seluruh sistem dan menyalakan lampu indikator hijau (*Start Lamp*). Pada tahap ini, pengguna dapat mengatur Counter sesuai dengan kebutuhan operasional yang diinginkan. Setelah tombol "Sensor 1" ditekan, proses paletisasi otomatis dimulai dengan mengaktifkan Conveyor 1. Robot Falcon Millenium akan bekerja untuk mengambil keramik dari Conveyor 1 dan menemukannya dengan tepat ke dalam dus (*proses packing*).

Setelah selesai proses *packing*, langkah berikutnya diinisiasi dengan menekan tombol "Sensor 2". Pada saat ini, Timer 1 akan mulai menghitung mundur sesuai dengan interval waktu yang telah diatur sebelumnya. *Timer* ini mengontrol langkah selanjutnya dalam proses. Ketika Timer 2 berjalan, Conveyor 2 juga diaktifkan dan beroperasi. Robot Falcon Millenium akan membawa dus yang sudah berisi keramik menuju gudang atau tempat penyimpanan lainnya sesuai dengan perencanaan yang telah ditentukan.

Proses berlangsung secara normal sampai pengguna menekan tombol "Stop" atau jika Counter mencapai batas yang telah ditentukan sebelumnya (selesai). Saat tombol "Stop" ditekan, lampu indikator merah (*Stop Lamp*) akan menyala, menghentikan semua proses secara keseluruhan.

Dalam perancangan ini, PLC Omron berperan sebagai pusat pengendalian utama yang memproses sinyal dari tombol, sensor, dan Timer untuk mengendalikan berbagai aksi robot dan perangkat lainnya. Penggunaan simulasi CX-Programmer memungkinkan pengujian dan optimasi sistem secara virtual sebelum implementasi fisiknya dalam Robot Falcon Millenium.

## 2.2. Tahapan Penelitian

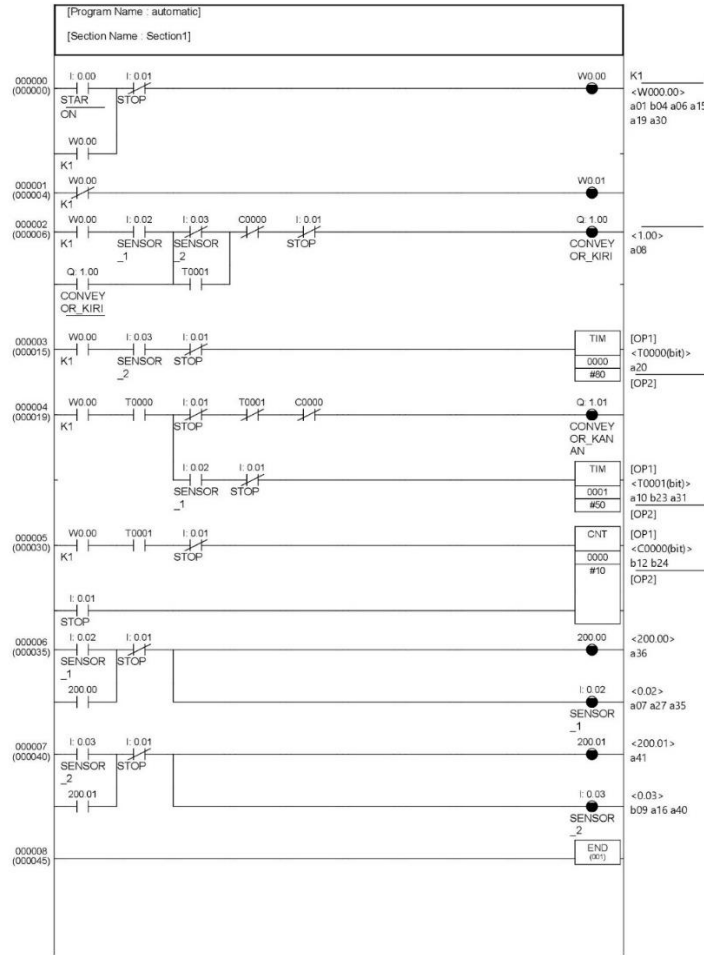


Gambar 3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah studi literatur tentang Robot Falcon Millenium, PLC Omron, dan teori otomatisasi dan robotika terkait [15]. Tahap kedua adalah identifikasi permasalahan dalam sistem kendali yang perlu dianalisis dan dioptimalkan untuk meningkatkan proses paletisasi otomatis [16]. Tahap ketiga melibatkan perancangan *Ladder Diagram* menggunakan CX-Programmer, sedangkan tahap keempat melibatkan desain antarmuka HMI menggunakan CX-Designer [17].

Tahap kelima adalah simulasi untuk memverifikasi kinerja robot dan proses paletisasi [18] sebelum diimplementasikan secara fisik. Tahap berikutnya adalah pengujian sistem untuk mengumpulkan data efisiensi proses paletisasi otomatis [19][20], termasuk kecepatan Conveyor 1 dan Conveyor 2, serta waktu pemindahan dus ke gudang. Data tersebut akan dianalisis untuk mengidentifikasi area-area yang perlu dioptimalkan.

2.3. Ladder Diagram



Gambar 4. Ladder Diagram

Ladder Diagram ini menggambarkan proses dimulai dengan tombol "Start", mengaktifkan seluruh sistem dan lampu indikator hijau (*Start Lamp*). Tombol "Sensor 1" memulai Conveyor 1 dan proses *packing* oleh Robot Falcon Millenium. Setelah *packing* selesai, tombol "Sensor 2" memicu Timer 1 untuk memulai perhitungan mundur. Saat Timer 2 berjalan, Conveyor 2 aktif, dan Robot Falcon Millenium mengangkat dus ke gudang. Proses berjalan hingga tombol "Stop" ditekan atau Counter mencapai batas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisa

Tabel 1. Efisiensi Proses Paletisasi Otomatis

Percobaan	Total Jumlah Produk	Jumlah Produk Berhasil dipalletize	Efisiensi (%)
1	100	85	85
2	100	91	91
3	100	88	88
4	100	90	90
5	100	86	86
6	100	89	89
7	100	92	92
8	100	87	87
9	100	93	93
10	100	84	84

Efisiensi (%) = (Jumlah produk yang berhasil dipalletize/Total jumlah produk) x 100% [21]

Tabel 1 menunjukkan efisiensi Robot Falcon Millenium dalam sepuluh percobaan proses paletisasi otomatis. Efisiensi diukur dalam persentase dan mencerminkan keberhasilan robot dalam tugas paletisasi. Hasil percobaan menunjukkan variasi efisiensi antara 84% hingga 93%. Meskipun ada fluktuasi, rata-rata efisiensi mencapai 88,5%. Robot Falcon Millenium menunjukkan performa baik dalam proses paletisasi otomatis, tetapi perlu perhatian pada percobaan dengan efisiensi lebih rendah untuk optimalisasi kinerja sistem kendali.

Tabel 2. Kecepatan Conveyor 1 dan Conveyor 2

Waktu (detik)	Kecepatan Conveyor 1 (m/s)	Kecepatan Conveyor 2 (m/s)
0	0.0	0.0
10	0.5	0.3
20	0.8	0.6
30	1.1	0.8
40	1.2	0.9
50	1.3	1.0

Tabel 2 menunjukkan performa Conveyor 1 dan Conveyor 2 selama proses paletisasi otomatis. Kecepatan keduanya diukur dalam meter per detik dengan menggunakan Timer dan Counter pada CX-Programmer. Kecepatan Conveyor 1 meningkat dari 0.0 m/s menjadi 1.3 m/s dalam interval waktu 0-50 detik, sedangkan kecepatan Conveyor 2 meningkat dari 0.3 m/s menjadi 1.0 m/s dalam interval waktu yang sama. Data ini memberikan informasi tentang pergerakan dan waktu pemindahan pada masing-masing conveyor, yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan sistem kendali Robot Falcon Millenium dalam proses paletisasi otomatis.

Percobaan	Waktu Pemindahan (detik)
1	45
2	39
3	42
4	48
5	41
6	37
7	43
8	36
9	40
10	44

Tabel IV.3 menunjukkan analisis waktu pemindahan dus ke gudang pada proses paletisasi otomatis menggunakan Robot Falcon Millenium. Waktu diukur dalam detik menggunakan *stopwatch* atau *timer* digital. Rata-rata waktu pemindahan adalah sekitar 41 detik, menandakan proses yang efisien. Diperlukan perbaikan untuk mencapai waktu pemindahan yang lebih konsisten dan optimal.

### 3.2. Pembahasan

Pada bagian analisis efisiensi proses paletisasi otomatis (Tabel 1), terdapat perbedaan efisiensi antara 84% hingga 93% dalam sepuluh percobaan. Rata-rata efisiensi mencapai 88,5%. Variasi efisiensi ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti konfigurasi sistem kendali, kecepatan kerja robot, dan ketepatan pengambilan dan penempatan produk pada palet. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa Robot Falcon Millenium secara keseluruhan menunjukkan performa yang baik, tetapi perlu diperhatikan beberapa percobaan dengan efisiensi lebih rendah untuk melakukan perbaikan dan mencapai efisiensi yang lebih konsisten dan optimal.

Analisis performa conveyor (Tabel 2) menunjukkan kecepatan conveyor 1 dan conveyor 2 selama proses paletisasi. Kecepatan conveyor 1 dan 2 meningkat secara bertahap seiring dengan waktu. Hal ini menunjukkan bahwa conveyor beroperasi dengan baik selama proses berlangsung. Namun, terdapat perbedaan kecepatan antara conveyor 1 dan 2, yang perlu dipertimbangkan untuk menjaga keselarasan alur kerja dan mencegah akumulasi produk pada conveyor.

Pada analisis waktu pemindahan dus ke gudang (Tabel 3), waktu pemindahan berkisar antara 36 detik hingga 48 detik. Rata-rata waktu pemindahan adalah sekitar 41 detik. Durasi waktu yang singkat ini menunjukkan proses pemindahan berjalan efisien. Meskipun demikian, perbaikan lebih lanjut dapat dilakukan untuk mencapai waktu pemindahan yang lebih konsisten dan optimal.

Hasil analisis ini dikonfirmasi melalui simulasi menggunakan CX-Programmer, yang memungkinkan untuk mengoptimalkan sistem kendali Robot Falcon Millenium tanpa risiko merusak perangkat fisik. Simulasi ini memperlihatkan hasil yang serupa dengan percobaan fisik, yang menguatkan keakuratan model pendekatan yang digunakan dalam analisis.

Sebagai perbandingan, temuan studi terdahulu mencatatkan hasil serupa terkait variasi efisiensi dan waktu pemindahan dalam proses paletisasi otomatis pada robot industri lainnya. Dengan demikian, hasil analisis ini dapat dijadikan referensi dalam meningkatkan kinerja dan efisiensi proses paletisasi otomatis pada Robot Falcon Millenium dan sejalan dengan industri robotika.

#### 4. PENUTUP

Sistem kendali Robot Falcon Millenium menggunakan PLC Omron dalam proses paletisasi otomatis mampu mencapai efisiensi rata-rata sekitar 88,5%. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan performa Robot Falcon Millenium dalam tugas paletisasi otomatis meliputi konfigurasi sistem kendali, kecepatan kerja robot, dan ketepatan pengambilan serta penempatan produk pada palet. Analisis terhadap sistem kendali Robot Falcon Millenium dapat dilakukan menggunakan PLC Omron melalui CX-Programmer untuk mengidentifikasi potensi perbaikan dan optimasi. Dengan mengoptimalkan parameter dan konfigurasi sistem kendali, efisiensi dapat ditingkatkan, kesalahan dapat dikurangi, dan kualitas serta kecepatan produksi dalam paletisasi otomatis dapat meningkat. Manfaat dan kontribusi dari analisis serta optimasi sistem kendali Robot Falcon Millenium menggunakan PLC Omron melalui CX-Programmer pada industri manufaktur, khususnya dalam paletisasi otomatis pada sektor keramik atau industri lainnya, adalah memberikan gambaran yang berguna bagi pengembangan dan penerapan teknologi otomasi dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja proses produksi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. O. Ong and Masyhudzulhak Mahazan, "STRATEGI PENGELOLAAN SDM DALAM PENINGKATAN KINERJA," *J. BECOSS (bus. Econ. Commun. Soc. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 159–168, 2020.
- [2] M. S. Z. Holis, Nur and N. Endryansyah, "Sistem Positioning Robot Four-Omnidirectional Wheels Menggunakan MPU6050 dan Encoder Berbasis PD- Fuzzy Controller," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, 2023.
- [3] S. C. Spa, "FALCON MILLENNIUM: AUTOMATIC ROBOT PALLETIZER," 2023. <https://www.systemceramics.com/en/ceramic-machines/pallettization>.
- [4] Muhammad Hammam Al-Choiri, "Rancangan Pengisian cairan berdasarkan warna botol dengan sensor TCS230," *researchgate.net*, no. December, 2022.
- [5] D. A. Fiqih Hardana, "SISTEM KENDALI SHIFTING TABLE (MANIPULATOR) PADA AREA SECTION MILL DENGAN MENGGUNAKAN PLC SIEMENS S7-1500 DI PT. KRAKATAU BAJA KONSTRUKSI," *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 4, 2022.
- [6] F. D. P. Roosmarharso, Dedy Trisanto, Irna Ekawati, Trisna Yuniarti, Ella Melyna, *DASAR-DASAR INDUSTRI 4.0*, Cetakan I. Pusat Pengembangan Pendidikan Vokasi Industri Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Industri Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2021.
- [7] I. Thamrin, D. P. Pamungkas, and E. C. Author, "ANALISIS PENJEJAK LINTASAN MOBILE ROBOT BLUETOOTH Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Analisis Penjejak Lintasan Mobile Robot dengan Pengendali Gerak Menggunakan Bluetooth," *J. REKAYASA MESIN*, vol. 21, no. 2, pp. 53–60, 2021.
- [8] S. Supratno and A. Sujatmiko, "Motor Induksi Fasa Tiga Sebagai Kontrol Posisi dengan Antarmuka Web Sebagai Pemantau dan Pengontrol Three Phase Induction Motor for Position Control with Web Interface as Control and Monitoring," *Sent. Semin. Nas. Tek. Elektro*, no. November 2019, pp. 31–37, 2019.
- [9] S. Mugono, G. Musyahar, U. Muhammadiyah, P. Pekalongan, S. Trainer, and R. Masalah, "RANCANG BANGUN TRAINER KENDALI BERBASIS PLC MITSUBISHI FX3U 24 MR DI WATUSSALAM TEXTILE," *J. CAHAYA BAGASKARA*, vol. 6, no. 1, pp. 10–19, 2021.
- [10] Azizul, S. Amri, N. Budiyanto, and M. Zamhuri, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI KOMUNIKASI CONTROL ROBOT SOCCER BERODA MENGGUNAKAN USER DATAGRAM PROTOCOL (UDP)," in *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis*, 2021, pp. 423–433.
- [11] R. M. F. Juarsah, H. Rachmat, D. Sukma, and E. Atmaja, "PERANCANGAN HUMAN MACHINE INTERFACE PADA STASIUN KERJA PICK AND PLACE SIMULATOR BOTTLING PLANT MENGGUNAKAN METODE V-MODEL DESIGN HUMAN MACHINE INTERAFACE IN PICK AND PLACE STATION USING V-MODEL METHOD," in *e-Proceeding of Engineering*, 2020, vol. 7, no. 2, pp. 5794–5803.
- [12] S. H. Wibowo, P. Musa, M. Artyayasa, F. M. Dewadi, D. A. Nggego, and Irwanto, *Robotika*, no. April. PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI, 2023.
- [13] M. S. Hajjah and M. Nur, "Rancang Bangun Prototype Robot Arm Palletizing Menggunakan Sekuensial Kontrol," *J. Techno Bahari*, vol. 10, no. 1, pp. 1–6, 2023.

- [14] R. D. Mandasari and N. Safe, "Perancangan Safety Device pada Pinion Gear Mesin Curing Ban Berbasis PLC Mitsubishi," *J. Teknol. Elektro Univ. Mercu Buana*, vol. 13, no. 02, pp. 61–65, 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i2.001.
- [15] H. Rivai *et al.*, "Robot Penggerak Dua Roda Sebagai Media Pembelajaran Robotik bagi Siswa di Pondok Pesantren IMMIM Makassar Two-Wheel Drive Robot as Robotic Learning Media for Students at IMMIM Islamic Boarding School Makassar," *Panrita Abdi - J. Pengabdi. pada Masy.*, vol. 5, no. 2, pp. 144–151, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unhas.ac.id/index.php/panritaabdi>.
- [16] S. Suwarno and M. Caintan, "Perancangan dan Pengembangan Aplikasi Pendukung Proses Manufaktur dalam Penyusunan Palet Menggunakan Metodologi Prototyping," *Comput. Based Inf. Syst. J.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–4, 2022, doi: 10.33884/cbis.v10i1.5460.
- [17] S. SADI, "IMPLEMENTASI HUMAN MACHINE INTERFACE PADA MESIN HEEL LASTING CHIN Ei BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER," *J. Tek. Univ. Muhammadiyah Tangerang*, vol. 9, no. 1, pp. 18–24, 2020, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/73599657/1869.pdf>.
- [18] A. A. Yufrida, L. P. Rahayu, and D. F. Syahbana, "Implementasi Kontrol Torsi Motor Servo Menggunakan Metode PI pada Sistem Automatic Pallet Dispenser," *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i2.72970.
- [19] P. Pattiasina and A. Ningrat, "Analisis Operasional Bongkar Muat Pada PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Terminal Peti Kemas Bitung," *Pros. Semin. Nas. Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 4, pp. 445–455, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.yapri.ac.id/index.php/semnassmpt/article/view/269%0Ahttps://jurnal.yapri.ac.id/index.php/semnassmpt/article/download/269/220>.
- [20] D. Mujiono and Z. A. Akbar, "Analisa Teknik dan Keekonomian Pengolahan Biomassa Sawdust dari Hutan Tanaman Energi ( HTE ) untuk Mendukung Program Co-Firing di PLTU Pelabuhan Ratu," *CIVED - J. Civ. Eng. Vocat. Educ.*, vol. 10, no. 2, pp. 460–473, 2023.
- [21] A. Jibril *et al.*, "Analisis Efisiensi Kerja Kompresor Pada Mesin Refrigerasi di PT. XYZ," *J. Mesin Nusant.*, vol. 5, no. 1, pp. 86–95, 2022.