

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL MESIN WRAPPING
BARANG MENGGUNAKAN PLC OMRON
(DESIGN AND IMPLEMENTATION OF GOODS WRAPPING MACHINE
CONTROL SYSTEM USING OMRON PLC)**

¹Sumardi, ²Taufik Ridwan, ³Hasyim Tri Mahendra

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Tangerang

Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33 Kota Tangerang

Email Co Author : sumardiumt@umt.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan industri manufaktur dan logistik mendorong kebutuhan sistem pengemasan yang cepat, aman, dan efisien. Salah satu proses penting dalam distribusi barang adalah *wrapping* pada pallet menggunakan plastik stretch film untuk menjaga stabilitas produk selama penyimpanan maupun transportasi. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun mesin *wrapping* barang pada palet berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) Omron CP1E yang mampu bekerja secara otomatis. Metode penelitian meliputi perancangan mekanik, perancangan sistem kontrol berbasis PLC, pembuatan *ladder diagram* menggunakan *CX-Programmer*, perakitan *hardware*, serta pengujian setiap komponen dan sistem secara keseluruhan. Sistem terdiri atas PLC Omron CP1E sebagai pengendali utama, inverter sebagai pengatur kecepatan motor, motor induksi sebagai aktuatur, *push button*, *limit switch*, *buzzer*, lampu indikator, dan *power supply* 24 VDC. Hasil penelitian menunjukkan seluruh komponen dapat bekerja sesuai rancangan. Sistem otomatis mampu menjalankan proses *wrapping* sebanyak tiga siklus naik-turun secara otomatis sebelum berhenti dan memberikan indikator bunyi menggunakan *buzzer*. Mesin juga mampu bekerja pada mode manual maupun otomatis dengan kecepatan motor sekitar 13,7 rpm menggunakan inverter. Penggunaan PLC menghasilkan sistem kontrol yang lebih sederhana, mudah dimodifikasi, mudah dipelihara, serta meningkatkan konsistensi proses pengemasan dibandingkan proses manual.

Kata kunci: PLC Omron, *Wrapping Machine*, Otomasi Industri, *CX-Programmer*, *Ladder Diagram*.

ABSTRACT

The development of the manufacturing and logistics industry is driving the need for fast, safe, and efficient packaging systems. One of the important processes in the distribution of goods is *wrapping* on pallets using plastic stretch film to maintain product stability during storage and transportation. This research aims to design and build a goods *wrapping* machine on pallets based on the Omron CP1E *Programmable Logic Controller* (PLC) which is capable of working automatically. The research methods include mechanical design, PLC-based control system design, *ladder diagram* making using *CX-Programmer*, hardware assembly, and testing of each component and system as a whole. The system consists of Omron CP1E PLC as the main controller, inverter as the motor speed regulator, induction motor as actuator, *push button*, *limit switch*, *buzzer*, indicator light, and 24 VDC power supply. The results of the study show that all components can work according to design. The automatic system is able to carry out the *wrapping* process as many as three cycles up and down automatically before stopping and providing a sound indicator using a *buzzer*. The engine is also able to work in manual and automatic mode with a motor speed of around 13.7 rpm using an inverter. The use of PLC results in a simpler control system, is easy to modify, easy to maintain, and improves the consistency of the packaging process compared to manual processes.

Keywords: Omron PLC, *Wrapping Machine*, Industrial Automation, *CX-Programmer*, *Ladder Diagram*.

PENDAHULUAN

Perkembangan Revolusi Industri 4.0 telah membawa perubahan yang sangat signifikan pada sektor manufaktur melalui penerapan sistem otomasi, digitalisasi proses produksi, integrasi teknologi informasi, Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), serta sistem kontrol industri yang semakin cerdas. Transformasi tersebut bertujuan meningkatkan produktivitas, efisiensi, fleksibilitas proses produksi, kualitas produk, serta daya saing industri di tingkat global. Implementasi teknologi otomasi tidak hanya diterapkan pada proses produksi utama, tetapi juga pada proses pendukung seperti penanganan material (*material handling*), pengemasan (*packaging*), penyimpanan (*storage*), hingga distribusi barang. Penerapan sistem otomasi mampu mengurangi ketergantungan terhadap pekerjaan manual, meningkatkan konsistensi proses produksi, meminimalkan kesalahan akibat faktor manusia (*human error*), serta meningkatkan keselamatan kerja di lingkungan industri (Industri & Ghufro, 2018; Groover, 2020).

Pertumbuhan sektor logistik dan perdagangan elektronik (*e-commerce*) dalam beberapa tahun terakhir turut meningkatkan kebutuhan terhadap sistem pengemasan yang cepat, aman, dan efisien. Meningkatnya aktivitas distribusi barang menyebabkan perusahaan dituntut mampu menghasilkan proses pengemasan dengan kapasitas tinggi tanpa mengurangi kualitas maupun keamanan produk selama proses pengiriman. Salah satu metode yang banyak digunakan pada industri manufaktur maupun pergudangan adalah penggunaan pallet sebagai media penyusunan produk sebelum didistribusikan. Barang yang telah disusun di atas pallet harus dibungkus menggunakan plastik *stretch film* melalui proses *wrapping* agar memiliki kestabilan yang baik selama proses penyimpanan maupun transportasi. Proses *wrapping* berfungsi mempertahankan posisi produk agar tidak bergeser, melindungi barang dari debu, kelembapan, kontaminasi, serta benturan selama proses distribusi sehingga mampu mengurangi risiko kerusakan produk hingga sampai ke konsumen (Yasmin, 2019; Nurcahyo et al., 2023).

Meskipun teknologi otomasi telah berkembang pesat, pada banyak industri kecil dan menengah proses *wrapping* masih dilakukan secara manual menggunakan tenaga operator. Metode manual tersebut memiliki berbagai keterbatasan, antara lain membutuhkan waktu proses yang relatif lebih lama, memerlukan tenaga kerja lebih banyak, menghasilkan kualitas pembungkusan yang kurang konsisten, serta meningkatkan tingkat kelelahan operator akibat pekerjaan yang dilakukan secara berulang (*repetitive work*). Selain itu, ketebalan dan jumlah lilitan plastik *stretch film* sering kali tidak seragam sehingga memengaruhi kestabilan produk pada pallet selama proses penyimpanan maupun pengiriman. Kondisi tersebut menyebabkan efisiensi produksi menurun, meningkatkan konsumsi material pembungkus, serta berdampak pada meningkatnya biaya operasional perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan sistem *wrapping* otomatis yang mampu menghasilkan kualitas pembungkusan secara konsisten, mempercepat waktu proses, meningkatkan produktivitas, serta mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manual (Nurcahyo et al., 2023; Groover, 2020).

Salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk mewujudkan sistem otomasi industri adalah *Programmable Logic Controller* (PLC). PLC merupakan perangkat kontrol digital yang dirancang khusus untuk lingkungan industri karena memiliki tingkat keandalan yang tinggi, mudah diprogram, fleksibel terhadap perubahan proses, serta mampu bekerja secara kontinu dalam berbagai kondisi operasi (Sadi, 2020). Dibandingkan sistem kontrol konvensional berbasis relay, PLC menawarkan kemudahan dalam modifikasi program, proses pemeliharaan yang lebih sederhana, kecepatan respon yang tinggi, serta kemampuan integrasi dengan berbagai perangkat otomasi seperti sensor, aktuator, inverter, motor listrik, maupun antarmuka manusia dan mesin (*Human Machine Interface/HMI*) (Bolton, 2021).

Pada sistem mesin *wrapping*, PLC berfungsi sebagai pusat pengendali seluruh proses kerja mesin mulai dari pembacaan sensor, pengaturan urutan operasi, pengendalian motor

penggerak meja putar (*turntable*), pengendalian motor penggerak naik-turun *carriage* pembawa plastik *stretch film*, hingga sinkronisasi seluruh aktuator yang terlibat dalam proses pembungkusan. Penggunaan PLC memungkinkan proses *wrapping* dijalankan secara otomatis melalui pengendalian motor listrik, sensor, inverter, serta berbagai aktuator lainnya sehingga mampu meningkatkan efisiensi kerja, akurasi proses, dan kualitas hasil pembungkusan (Politeknik et al., 2020; Pontt et al., 2004).

Selain pengendalian menggunakan PLC, penerapan inverter pada sistem penggerak motor juga memberikan kontribusi penting terhadap peningkatan performa mesin. Inverter memungkinkan pengaturan kecepatan putaran motor secara bertahap (*variable speed control*) sehingga kecepatan putaran pallet maupun gerakan vertikal pembawa plastik dapat disesuaikan dengan karakteristik produk yang dibungkus. Pengaturan kecepatan tersebut menghasilkan proses pembungkusan yang lebih stabil, konsumsi energi yang lebih efisien, serta mengurangi terjadinya kerusakan produk akibat putaran yang terlalu cepat atau tegangan plastik yang berlebihan (Pontt et al., 2004).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu rancang bangun mesin *wrapping* barang pada pallet berbasis PLC Omron yang mampu mengotomatisasi proses pembungkusan secara efektif dan efisien. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan produktivitas proses pengemasan, menghasilkan kualitas lilitan plastik yang seragam, mengurangi waktu proses, menekan biaya operasional, serta meningkatkan keselamatan kerja operator. Selain itu, penerapan PLC Omron dipilih karena memiliki tingkat reliabilitas tinggi, kompatibel dengan berbagai perangkat otomasi industri, mudah diprogram menggunakan perangkat lunak CX-Programmer, serta banyak digunakan pada industri manufaktur di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi otomasi pengemasan yang mendukung implementasi Industri 4.0 pada sektor manufaktur dan logistik. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam sistem otomasi industri adalah **Programmable Logic Controller (PLC)**. PLC merupakan perangkat kontrol digital yang dirancang untuk bekerja pada lingkungan industri dengan tingkat keandalan tinggi, mudah diprogram menggunakan bahasa Ladder Diagram, serta memiliki kemampuan mengendalikan berbagai perangkat input dan output secara real time. Dibandingkan sistem kontrol konvensional berbasis relay, PLC memiliki keunggulan berupa fleksibilitas pemrograman, kemudahan modifikasi sistem, kecepatan respon, kemudahan perawatan, serta tingkat keandalan yang lebih tinggi. PLC juga memungkinkan integrasi dengan perangkat lain seperti Human Machine Interface (HMI), inverter, sensor, dan sistem monitoring berbasis jaringan industri sehingga sangat sesuai digunakan pada sistem otomasi modern (Sadi, 2020; Awalludin, 2016).

Dalam implementasinya, sistem kontrol mesin *wrapping* memerlukan sinkronisasi antara PLC, inverter, motor induksi, limit switch, push button, selector switch, serta indikator visual dan audio. Inverter berfungsi mengatur frekuensi dan tegangan motor sehingga kecepatan putaran motor dapat dikendalikan secara stabil sesuai kebutuhan proses *wrapping*. Pengendalian kecepatan motor menggunakan inverter terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi, mengurangi hentakan mekanik, serta menghasilkan putaran motor yang lebih stabil dibandingkan metode pengasutan konvensional (Pontt et al., 2004; Politeknik et al., 2020).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem otomasi berbasis PLC pada berbagai aplikasi industri, seperti sistem elevator, mesin pengering, Human Machine Interface (HMI), serta sistem monitoring industri secara real time (Awalludin, 2016; Işık et al., 2018; Leman et al., 2016). Namun demikian, penelitian mengenai perancangan mesin *wrapping* barang pada pallet berbasis PLC Omron dengan sistem kontrol sederhana yang dapat diimplementasikan pada industri kecil dan menengah masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian lebih berfokus pada analisis performa mesin *wrapping* atau sistem

monitoring, sedangkan penelitian mengenai integrasi perangkat keras, ladder diagram, inverter, serta mekanisme wrapping otomatis secara menyeluruh masih memerlukan pengembangan lebih lanjut.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol mesin wrapping barang pada pallet menggunakan PLC Omron CP1E. Sistem dirancang agar mampu mengendalikan proses wrapping secara otomatis melalui koordinasi antara PLC, inverter, motor induksi, limit switch, buzzer, lampu indikator, dan perangkat input lainnya menggunakan program Ladder Diagram pada CX-Programmer. Kontribusi utama penelitian ini adalah menghasilkan sistem kontrol yang sederhana, mudah diprogram, mudah dimodifikasi, memiliki biaya implementasi yang relatif rendah, serta mampu meningkatkan efisiensi proses pengemasan dibandingkan metode manual. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan mesin wrapping otomatis pada industri manufaktur maupun logistik, khususnya bagi industri kecil dan menengah yang membutuhkan solusi otomasi dengan biaya yang ekonomis.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode **Research and Development (R&D)** yang terdiri atas beberapa tahapan. Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1 Perancangan Sistem

Tahapan pertama adalah menentukan kebutuhan sistem berdasarkan proses wrapping pada pallet.

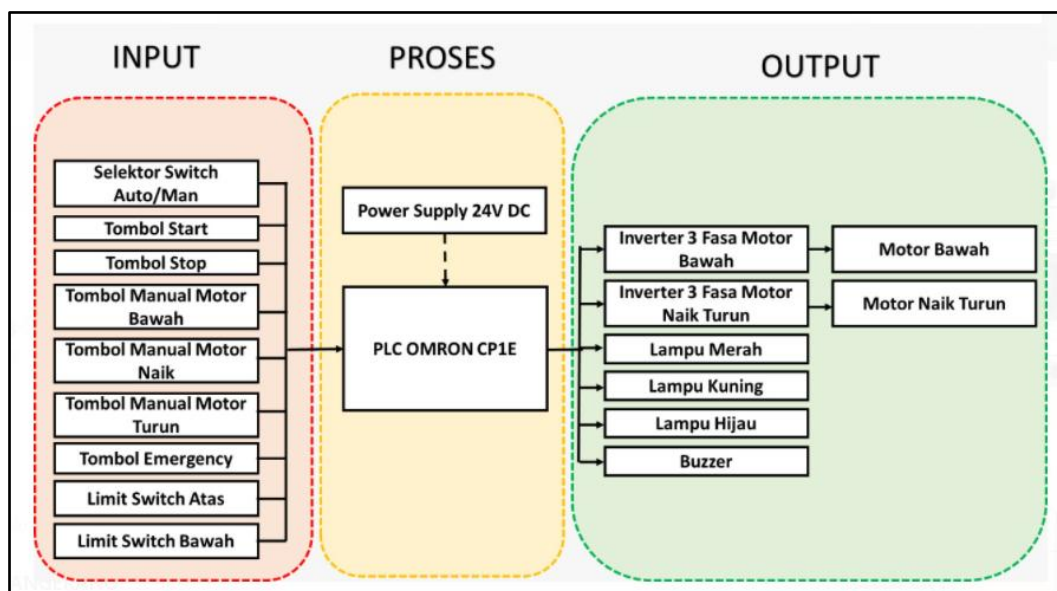
Sistem dibagi menjadi empat bagian utama yaitu: Input, Processing, Output, yang dilengkapi dengan *Power Supply*.



Gambar 1 Perancangan Mesin Wrapping barang pada Palet berbasis PLC Omron

2 Perancangan Hardware

Komponen utama yang digunakan meliputi: PLC Omron CP1E, Inverter LS, Inverter SCU, Motor induksi, Push Button, Emergency Stop, Selector Switch, Relay, Power Supply 24 VDC, Limit Switch, Lampu indikator, dan Buzzer.

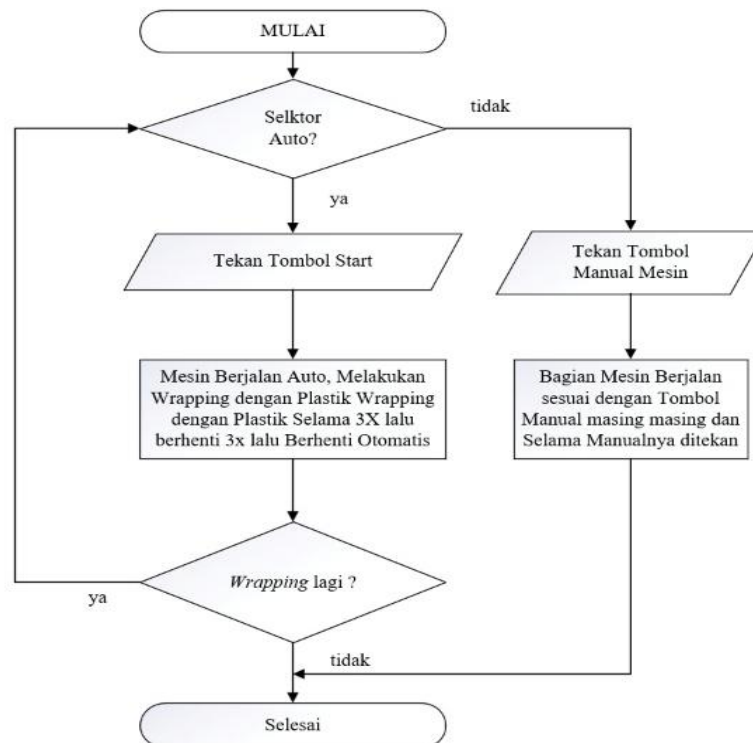


Gambar 2 Blok Diagram Perancangan Mesin Wrapping barang pada Palet berbasis PLC Omron

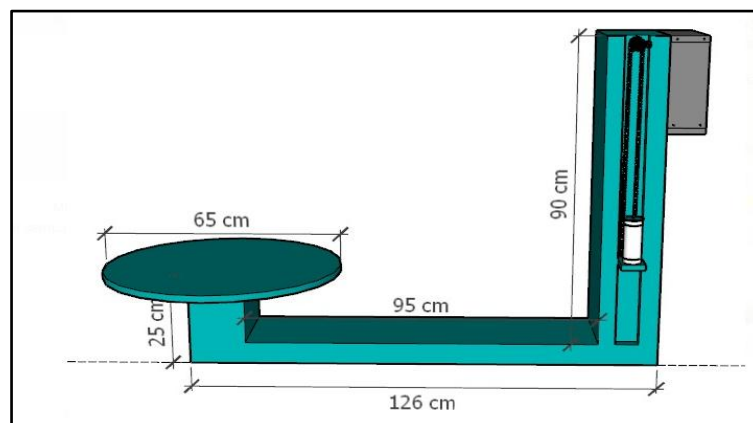
Pada Blok Diagram diatas yang menjadi sumber pada bagian input terdiri dari Selektor *Switch* Auto/Manual, Tombol *Start*, Tombol *Stop*, Tombol Manual Motor Bawah dan Motor Atas, serta Motor Turun, Tombol Emergency, Limit Switch atas dan Limit Switch Bawah.

Pada Bagian Proses menggunakan Perangkat keras PLC OMRON CPE1E, sedangkan pada bagian output terdiri dari Inverter, tiga buah Lampu, Buzzer dan Motor.

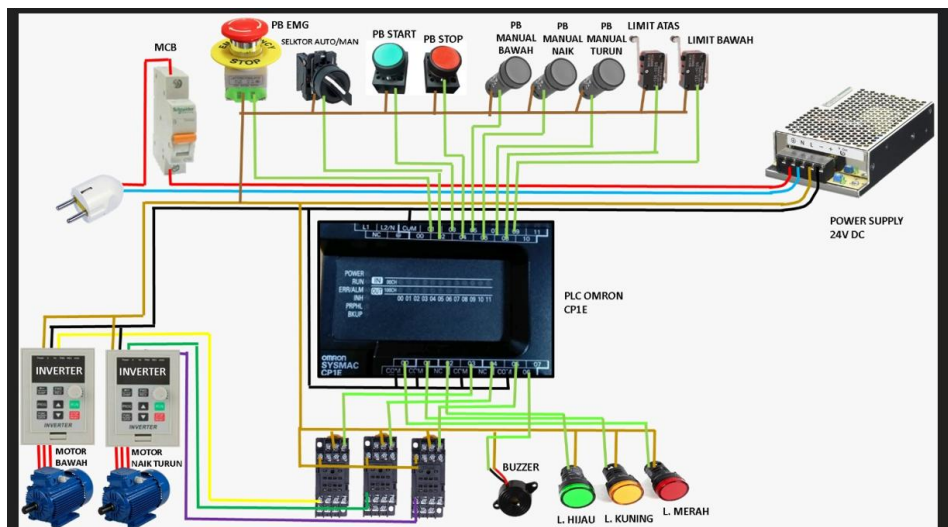
Alur kerja dari perancangan dapat dilihat pada bagian flow chart dibawah ini :



Gambar 3 Diagram Alir Perancangan Mesin Wrapping barang pada Palet berbasis PLC Omron



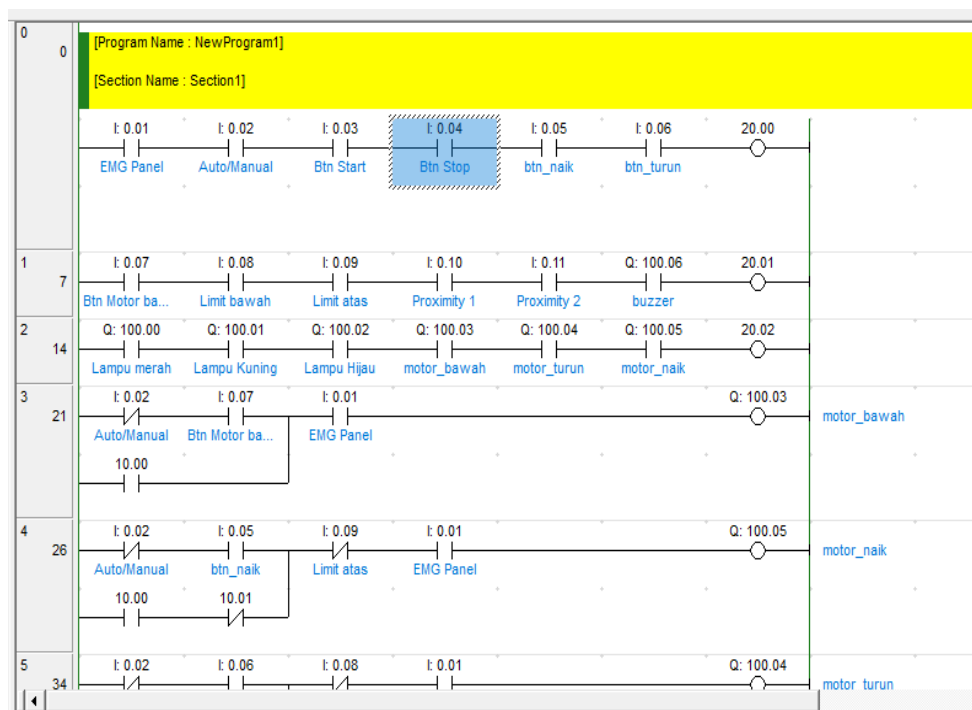
Gambar 4 Tiga Dimensi Perancangan Mesin Wrapping barang pada Palet berbasis PLC Omron

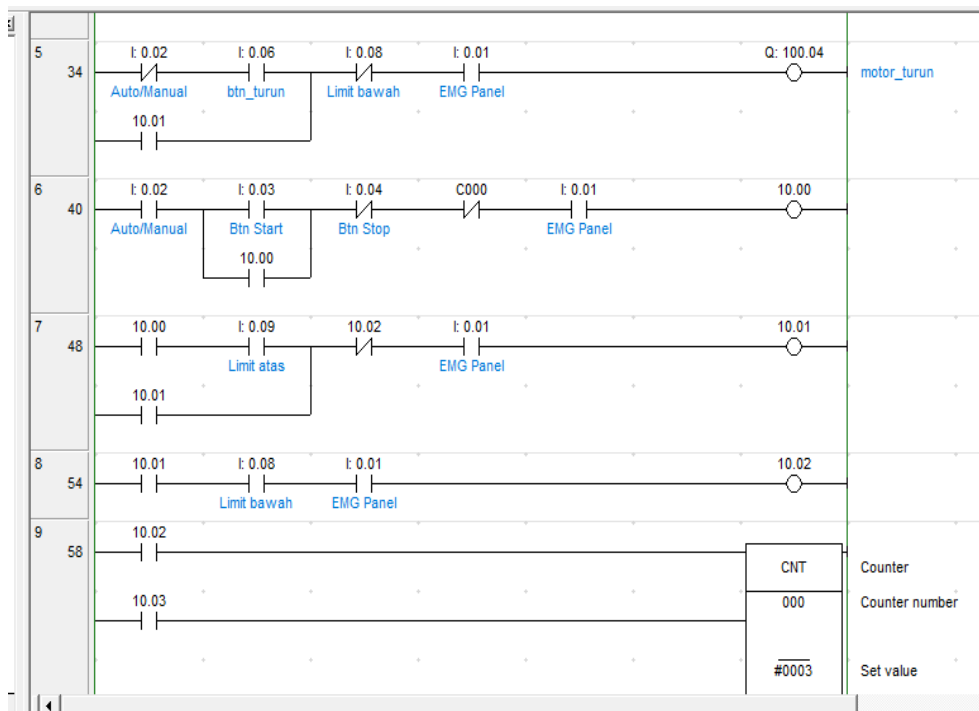


Gambar 5 Rangkaian Hardware input dan output Perancangan Mesin Wrapping barang pada Palet berbasis PLC Omron

3 Perancangan Software

Pemrograman menggunakan software yang dikeluarkan oleh OMRON yaitu **CX-Programmer** dengan bahasa **Ladder Diagram** atau diagram tangga. Program terdiri atas: Start, Stop, Auto Mode, Manual Mode, Counter, Limit Switch, Motor Up, Motor Down, Alarm Buzzer, dan Lampu Indikator.





Gambar 6 Ladder Diagram Perancangan Mesin Wrapping barang pada Palet berbasis PLC Omron

4 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan terhadap: Push Button, Lampu indikator, PLC, Program Ladder, Selector witch, Inverter, Pengujian keseluruhan mesin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Hasil Perancangan

Mesin wrapping berhasil dibuat sesuai desain mekanik. Panel kontrol terdiri dari: PLC Omron CP1E, Relay, Power Supply, Inverter, Terminal block, Push Button, Lampu indikator, Seluruh komponen telah dirangkai sesuai wiring diagram.



Gambar 7 Bagian Dalam *Hardware Control Panel* Mesin *Wrapping*



Gambar 8 Desain *Hardware* Mesin *Wrapping*

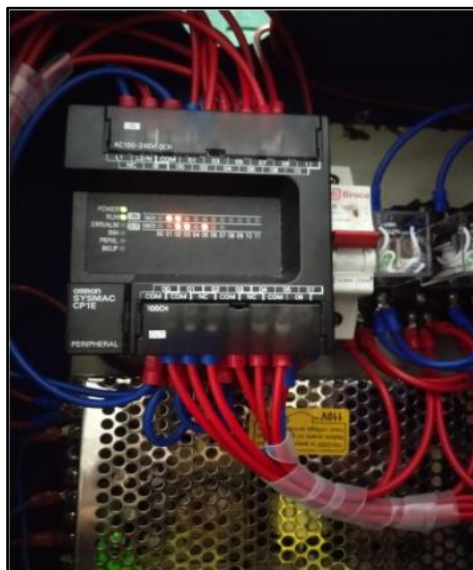


Gambar 9 Tombol panel pada Perancangan Mesin Wrapping barang pada Palet berbasis PLC Omron

Pengujian menunjukkan: Tombol Start mengaktifkan sistem, Tombol Stop menghentikan seluruh proses, Emergency Stop bekerja dengan baik, Lampu indikator menampilkan status operasi mesin.

2 Pengujian PLC

PLC berhasil membaca seluruh sinyal input dari: Push Button, Limit Switch, Selector Switch, Kemudian mengaktifkan output berupa: Motor, Lampu indikator, Buzzer, Tidak ditemukan kesalahan komunikasi selama pengujian.

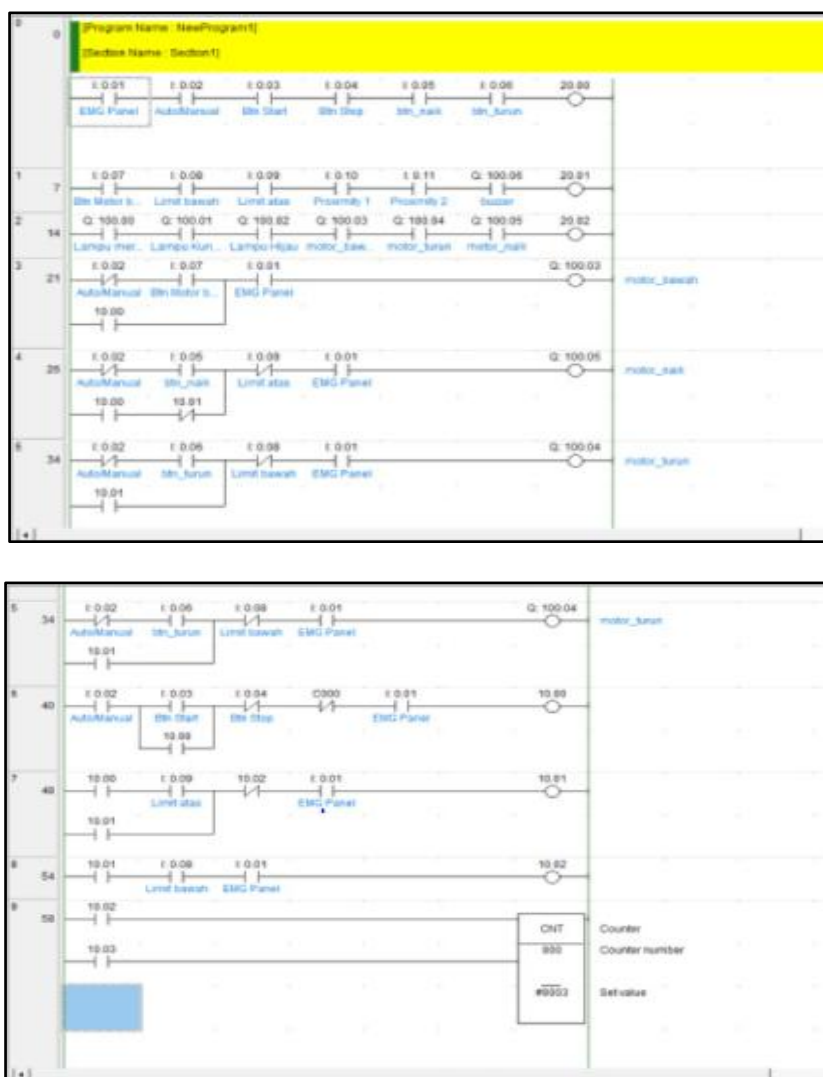


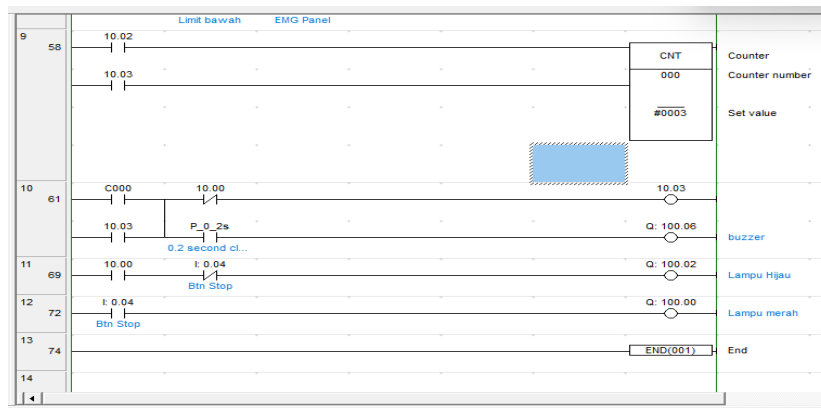
Gambar 10 Instalasi PLC pada Perancangan Mesin Wrapping barang pada Palet berbasis PLC Omron

Gambar diatas adalah rangkaian PLC Sitem kontrol ini yang dirancang sederhana menggunakan PLC, Sistem kontrol yang dibuat hanya berbentuk ladder diagram yang di-input ke PLC, rangkaian elektrik sederhana, cukup merangkai komponen input dan output ke PLC, sistem kontrol dapat berjalan sesuai spesifikasi sistem mekanik, Sistem kontrol yang dirancang mudah dalam perawatan komponen yang digunakan tersedia di pasaran, Program ladder diagram dapat dimodifikasi dengan mudah, agar kesalahan pada perancangan dapat diperbaiki.

3 Pengujian Ladder Diagram

Program berhasil dijalankan melalui CX-Programmer. Urutan kerja sistem adalah: Operator memilih mode otomatis, Tombol Start ditekan, Motor pallet, berputar, Motor penggerak plastik bergerak naik, Limit switch atas aktif, Motor bergerak turun, Counter menghitung satu siklus, Setelah tiga siklus selesai, sistem berhenti otomatis, Buzzer menyala sebagai indikator proses selesai.





Gambar 11 Program Ladder Diagram PLC

Berikut adalah langkah detail uji coba ladder diagram PLC

1. Ketika Tombol Start di tekan relay dengan alamat 10.00 aktif maka mesin akan menyala untuk memulai proses wrapping secara otomatis
2. Kontak relay NO dengan alamat 10.00 akan menghidupkan motor bawah dengan alamat 100.03, lampu hijau dengan alamat 100.02 akan menyala (aktif), dan motor naik aktif dengan alamat 100.05
3. Counter aktif dan mulai menghitung ketika limit switch bawah dengan alamat 0.08 aktif dan counter mulai berhitung selama 3x
4. Kontak NO counter dengan alamat C000 akan mengaktifkan buzzer
5. Buzzer aktif akan berbunyi (menyala) menandakan bahwa barang pada palet yg diwrapping sudah selesai dan di pindah ke lokasi.

4 Pengujian Inverter

Pengaturan inverter mampu menghasilkan kecepatan motor pada motor wrapping. Kecepatan tersebut cukup stabil untuk proses wrapping sehingga plastik dapat melilit pallet secara merata. Dalam pembuatan alat pada mesin wrapping, Ketika selektor pada posisi otomatis dan PB. Start di tekan maka Indikator PLC dengan alamat input 0.01 dan 0.02 aktif dan output dengan alamat 100.02, 100.03 dan 100.05 aktif kemudian kecepatan motor bergerak 13,7 rpm.



Gambar 12 Inverter pada Mesin Wrapping barang pada Palet berbasis PLC Omron

5 Analisis Sistem

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PLC memberikan beberapa kelebihan dibandingkan sistem konvensional.

Keunggulan: Proses otomatis, Mudah diprogram, Mudah dimodifikasi, Perawatan sederhana, Akurasi tinggi, Mengurangi kesalahan operator.

Kekurangan: Ukuran barang masih terbatas, Belum menggunakan HMI, Belum tersedia pengaturan jumlah lilitan secara fleksibel, Belum terdapat monitoring berbasis IoT.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Mesin wrapping berbasis PLC Omron CP1E E20 berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai kebutuhan proses pengemasan barang pada pallet.
2. Sistem kontrol berbasis ladder diagram mampu mengendalikan seluruh komponen input dan output secara otomatis.
3. Pengujian menunjukkan mesin mampu melakukan tiga siklus wrapping secara otomatis sebelum berhenti dan memberikan notifikasi menggunakan buzzer.
4. Penggunaan inverter LS SV008IC5-1 dan inverter SCU-SB25W memungkinkan pengaturan kecepatan motor secara stabil sehingga proses wrapping berjalan lebih baik.
5. Sistem yang dikembangkan meningkatkan efisiensi proses pengemasan serta mengurangi ketergantungan terhadap pekerjaan manual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang serta seluruh pihak yang telah mendukung penelitian ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka disusun berdasarkan referensi pada penelitian adalah sebagai berikut :

Industri, R., & Ghufroon, M. A. (2018). *Revolusi industri 4.0: tantangan, peluang dan solusi bagi dunia pendidikan*. 332–337.

- Nurcahyo, R., Winanda, L. D., Isharyadi, F., Industri, S. T., Teknik, F., & Indonesia, U. (2023). *ANALISIS KUALITAS KINERJA MESIN WRAPPING PADA INDUSTRI PANGAN DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) : STUDI KASUS DI INDUSTRI MAKANAN RINGAN* *Performance Quality Analysis of Wrapping Machine In The Food Industry Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) Methods : Case Study In A Snack Food.*
- Politeknik, E., Negeri, E., Politeknik, E., Batam, N., Elektro, T., & Negeri, P. (2020). *Kendali Kecepatan Motor Induksi 3 Fase Berbasis Particle Swarm Optimization (PSO).* 8(3), 477–491.
- Pontt, J., Silva, C., Salgado, M., Rees, S., Ammann, U., Lezana, P., Huerta, R., & Corte, P. (2004). *Predictive control of three-phase inverter* *ELECTRONICS LETTERS* 29th April 2004. 40(9). <https://doi.org/10.1049/el>
- Sadi, S. (2020). Implementasi Human Machine Interface pada Mesin Heel Lasting Chin Ei Berbasis Programmable Logic Controller (Implementation of Human Machine Interface on Chin Ei's Heel Lasting Machine Based on Programmable Logic Controller). *Jurnal Teknik*, 9(1). <https://doi.org/10.31000/jt.v9i1.2561>
- Awalludin, A. F. A. (2016). *Monitoring and Controlling Double Carriage Elevator System Using CX-Designer and CX-Programmer.*
- Isik, M. F., et al. (2018). *Design and Implementation of Real Time Monitoring and Control System.*
- Leman, M. N., et al. (2016). *Development of Control System for Keropok Keping Drying Machine.*
- Petruzella, F. D. (2001). *Elektronik Industri.*
- Sokop, S. J., dkk. (2016). *Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno.*
- Suyanto & Yulistiyawan. (2007). *Otomasi Sistem Pengendali Berbasis PLC.*
- Mamuaya & Aminah. (2016). *Perlindungan Hukum terhadap Konsumen Pengguna Jasa Ekspedisi.*
- Yasmin, G. N. S. A. (2019). *Peran Logistik dalam Kemajuan E-Commerce Indonesia.*
- Bolton, W. (2021). *Programmable Logic Controllers* (7th ed.). Elsevier.
- Groover, M. P. (2020). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing* (5th ed.). Pearson.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0.* German National Academy of Science and Engineering.
- Mikell P. Groover. (2016/2020 sesuai edisi yang digunakan). *Fundamentals of Modern Manufacturing.*
- Awalludin, A. F. A. (2016). *Monitoring and Controlling Double Carriage Elevator System Using CX-Designer and CX-Programmer.*
- Isik, M. F., et al. (2018). *Design and Implementation of Real Time Monitoring and Control System.*
- Leman, M. N., et al. (2016). *Development of Control System for Keropok Keping Drying Machine.*
- Yasmin, G. N. S. A. (2019). *Peran Logistik dalam Kemajuan E-Commerce Indonesia.*