

Bidang: Teknik Elektro, Listrik, dan Otomasi

Topik: Kontrol dan Otomasi

Pengembangan Diagram Keadaan pada Kasus Robot Palletizing Berbasis Factory I/O dan PLC Siemens S7-1200

Mutmainnah¹, *Lutfi², dan Muh. Fauzan Sukirman³

Politeknik ATI Makassar^{1,2,3}

mutmainnah@atim.ac.id , lutfi@atim.ac.id* , 20osp497@atim.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengembangkan algoritma State Diagram dalam konteks Robot Palletizing yang menggunakan PLC Siemens S71200 dan Aplikasi Factory I/O. Riset ini berlangsung di Laboratorium Kontrol dan Otomasi di Politeknik ATI Makassar selama periode Juli hingga September 2023. Proyek penelitian ini merupakan bagian dari tugas akhir yang melibatkan empat mahasiswa. Untuk mengubah State Diagram menjadi ladder diagram, langkah pertama adalah mengekstrak model matematik (aljabar boolean) untuk setiap keadaan. Hasil pengembangan State Diagram ini menghasilkan 27 keadaan yang masing-masing berhasil dikonversi menjadi 39 Network (RUNG) ladder diagram pada PLC. Selain itu, proses palletizing juga berhasil dalam meletakkan 12 kotak di atas palet..

Kata kunci: palletizing, PLC, state diagram

ABSTRACT

This research aims to develop a State Diagram algorithm in the context of Robot Palletizing using PLC Siemens S71200 and Factory I/O application. The research was conducted in the Control and Automation Laboratory at Politeknik ATI Makassar from July to September 2023. This research project is part of the final assignments for four students. To transform the State Diagram into a ladder diagram, the first step is to extract the mathematical model (Boolean algebra) for each state. The development of the State Diagram resulted in 27 states, each of which was successfully converted into 39 PLC ladder diagram Networks (RUNG). Additionally, the palletizing process successfully placed 12 boxes onto the pallet.

Keywords: palletizing, PLC, state diagram

PENDAHULUAN

Robot palletizing adalah suatu sistem otomatis yang menggunakan robot atau mesin berbasis robotik untuk mengatur dan menyusun produk atau barang-barang ke dalam tumpukan yang teratur di atas palet. Tujuan utama dari robot palletizing adalah untuk mengotomatisasi proses ini, meningkatkan efisiensi, dan memastikan penyusunan produk dengan presisi sesuai dengan pola yang ditentukan. Robot palletizing dapat digunakan dalam berbagai industri, seperti manufaktur, gudang, dan distribusi, untuk mempersiapkan produk atau barang-barang agar siap untuk diangkut, disimpan, atau didistribusikan lebih lanjut. Keuntungan utama dari penggunaan robot palletizing meliputi peningkatan produktivitas, penurunan biaya tenaga kerja, dan peningkatan keamanan dalam proses penanganan barang.

Dalam pembelajaran pengoperasian robot palletizing, biaya yang signifikan diperlukan karena melibatkan penggunaan perangkat sensor dan aktuator yang mahal. Sebagai alternatif yang lebih terjangkau dalam lingkungan pendidikan, digunakanlah aplikasi simulator seperti Factory I/O, yang menyediakan beragam skenario atau studi kasus yang terinspirasi dari industri, termasuk salah satunya yaitu palletizer.



Gambar 1. Simulasi Robot Palletizing menggunakan Factory I/O pada Scene Palletizer

Menurut manual dokumentasi Factory I/O, palletizer digunakan untuk menata kotak-kotak karton (Box) ke dalam palet dengan melibatkan sejumlah sensor dan aktuator yang signifikan, serta melibatkan proses tahapan yang kompleks dan sekuensial. Untuk menjalankan proses ini secara otomatis, dibutuhkan PLC (Programmable Logic Controller) yang bertugas membaca data dari sensor dan mengontrol langkah-langkah dalam palletizing menggunakan aktuator yang sesuai.

Pembuatan Ladder diagram pada PLC untuk situasi yang kompleks dan sekuensial memerlukan metode pengembangan yang komprehensif, baik dalam hal analisis dan pemahaman kebutuhan sistem, maupun dalam desain dan pembuatan algoritma diagram keadaan. Diagram keadaan merupakan representasi visual yang sangat penting dalam bidang rekayasa perangkat lunak, yang digunakan untuk menggambarkan perubahan status atau kondisi dalam suatu sistem. Fungsinya adalah memberikan gambaran tentang bagaimana sistem atau entitas bergerak dari satu kondisi ke kondisi lain sebagai respons terhadap peristiwa atau perubahan input tertentu.

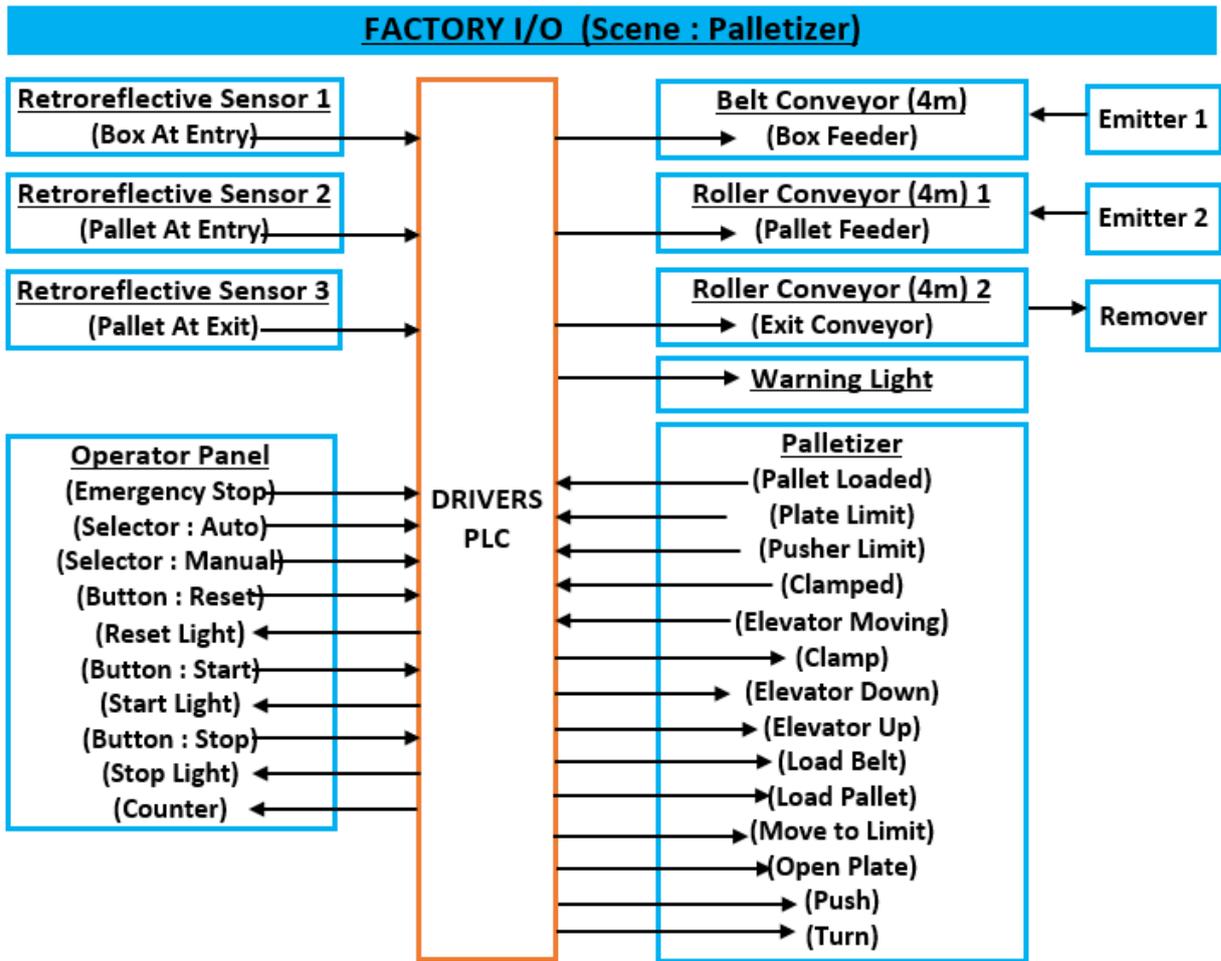
Diagram keadaan terdiri dari serangkaian status yang dihubungkan oleh transisi atau perubahan status yang dipicu oleh peristiwa khusus. Ini membantu untuk memahami dengan lebih baik bagaimana perilaku sistem dan memvisualisasikan logika serta alur kerja sistem secara jelas. Diagram keadaan seringkali digunakan dalam perancangan perangkat lunak, pengembangan sistem terkontrol, dan pemodelan proses bisnis. Hal ini sangat relevan dalam konteks penelitian teknik otomasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan algoritma diagram keadaan (State Diagram) pada kasus Robot Palletizing menggunakan PLC Siemens S71200 dan Aplikasi Factory I/O.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deduktif kuantitatif dengan metode eksperimental melalui beberapa tahap yakni dari tahap studi literatur, tahap analisis kebutuhan sistem, tahap perancangan diagram keadaan, serta tahap pengujian sistem melalui simulasi virtual plant. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kontrol dan Otomasi di Politeknik ATI Makassar, berlangsung dari bulan Juli hingga September 2023. Penelitian ini merupakan bagian dari proyek riset laboratorium yang melibatkan empat mahasiswa sebagai bagian dari penyelesaian tugas akhir mereka. Instrumen penelitian yang digunakan mencakup modul trainer PLC Siemens S71200 AC/DC/RLY, Modul I/O Trainer, Switch, dan PC yang telah diinstal dengan Aplikasi TIA Portal dan Factory I/O.

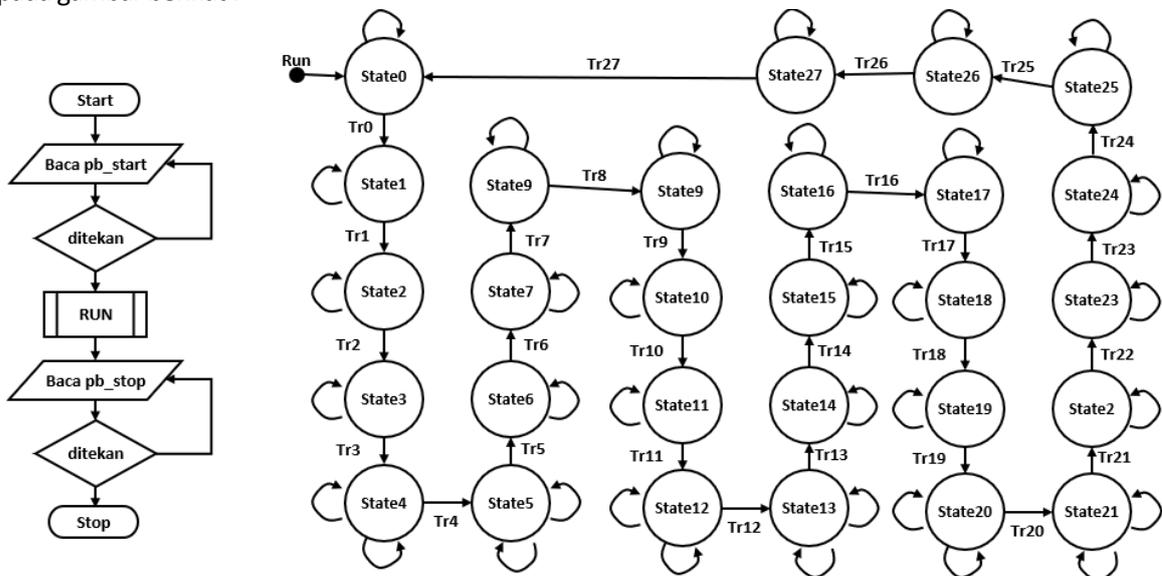
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis kebutuhan sistem robot palletizing yang ada pada scene palletizer di factory I/O bahwa terdapat 15 tag sensor dengan tipe Digital Input, 21 tag aktuator dengan tipe Digital Output dan sebuah tag aktuator dengan tipe Analog Output. Hasil tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk diagram blok Input Proses Output (IPO) berikut :



Gambar 2. Diagram Blok Input-Proses-Output dari hasil analisis kebutuhan sistem

Selanjutnya dibuatlah tahapan prosedur dari proses sekuensial palletizing berupa algoritma diagram keadaan yang dapat disimak pada gambar berikut :



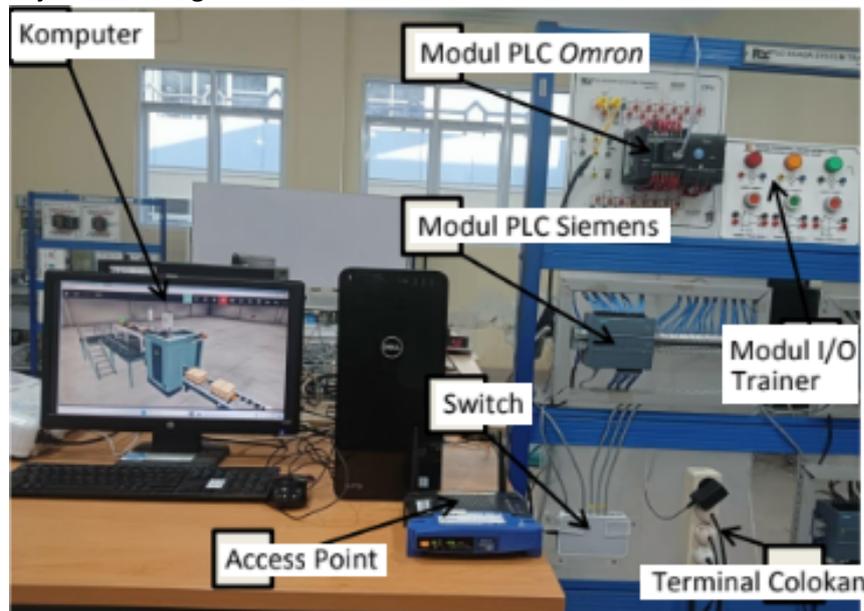
Gambar 3. Diagram Alir dan Diagram Keadaan untuk tahapan proses kerja dari Robot Palletizing

Pada gambar 3 dapat terlihat bahwa diagram keadaan pada gambar sebelah kanan merupakan proses dari subsistem RUN yang ada di diagram alir pada sebelah kiri gambar. Pada diagram keadaan tersebut terdapat 27 state dengan output transisi (Tr) yang dapat dijelaskan oleh tabel keadaan (state table) pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. State Stable untuk tahapan proses kerja Robot Palletizing

State	Condition	Output Devices												Output Transition
		Box Feeder	pallet feeder	exit conveyor	clamp	elevator down	elevator up	move to limit	load belt	load pallet	open plate	push	turn	
0	Pallet to Elevator	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Pallet at Entry (RE)
1	Pallet at Elevator	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Pallet Loaded
2	Box to Palletizer	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	Box at Entry (RE), C1=3X
3	Box at Palletizer	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	T1 = 2 detik
4	Push On	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	T2 = 2 detik
5	Push Off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T3 = 1 detik & Pusher (N)
6	Box to Palletizer	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	Box at Entry (RE), C2=3X
7	Box at Palletizer	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	T4 = 2 detik
8	Push On	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	T5 = 2 detik
9	Push Off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T6 = 1 detik & Pusher (N)
10	Elevator Up	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	T7 = 1 detik & Elevator Moving (N)
11	Open Plate	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	T8 = 1 detik & Plate Limit (N)
12	Elevator Step Down	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	T9 = 1 detik & Elevator Moving (N)
13	Box to Palletizer	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Box at Entry (RE), C3=2X
14	Box at Palletizer	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T10 = 2 detik
15	Push On	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	T11 = 2 detik
16	Push Off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T12 = 1 detik & Pusher (N)
17	Box to Palletizer	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Box at Entry (RE), C4=2X
18	Box at Palletizer	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T13 = 2 detik
19	Push On	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	T14 = 2 detik
20	Push Off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T15 = 1 detik & Pusher (N)
21	Box to Palletizer	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Box at Entry (RE), C5=2X
22	Box at Palletizer	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	T16 = 2 detik
23	Push On	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	T17 = 2 detik
24	Push Off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T18 = 1 detik & Pusher (N)
25	Open Plate	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	T19 = 1 detik & Plate Limit (N)
26	Elevator Down	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	T20 = 1 detik & Elevator Moving (N)
27	Pallet to Exit	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Pallet at Exit (RE)

Pembuatan state table dan state diagram telah melibatkan beberapa tahapan revisi, yang disesuaikan dengan hasil simulasi sistem setelah model diagram keadaan diubah menjadi format ladder PLC. Selanjutnya, prosedur diuji secara sekuensial, sesuai dengan yang ditunjukkan dalam gambar 4 di bawah ini:



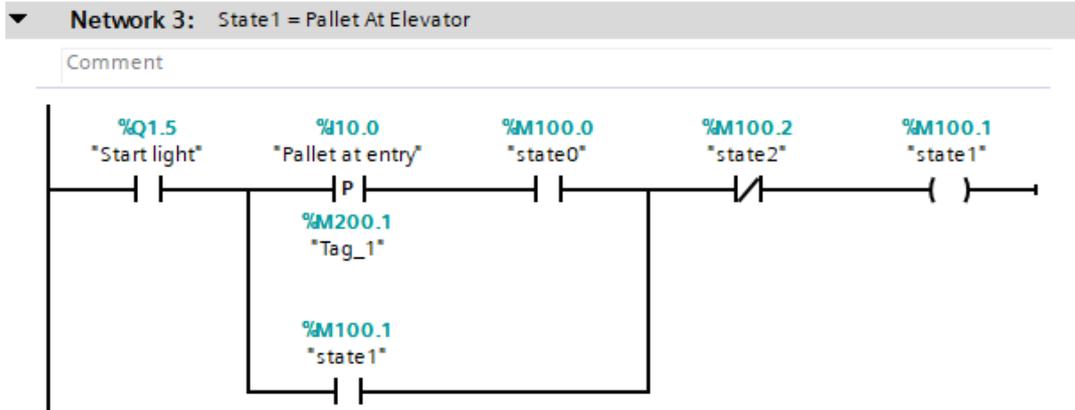
Gambar 4. Integrasi Simulasi Factory I/O pada Modul PLC Siemesn S71200

Pembahasan

Untuk mengubah diagram keadaan menjadi ladder diagram, langkahnya adalah dengan mengekstrak model matematik (aljabar boolean) untuk setiap state dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$\text{state}_n = \text{MCR} \cdot ((\text{Tr}_{n-1} \cdot \text{state}_{n-1}) + \text{state}_n) \cdot \text{state}_{n+1} \quad (1)$$

Contohnya, untuk state 1, ketika kondisi "Pallet at Elevator" memiliki transisi sebelumnya saat sensor "Pallet at Entry" mengalami perubahan kondisi tepi picu positif atau "Rising Edge" (RE). Hasil konversi ini ke dalam bentuk ladder PLC dapat ditemukan dalam gambar 5 di bawah ini :



Gambar 5. Hasil Konversi model matematik ke bentuk ladder PLC untuk state ke 1

Dari gambar 5, terlihat bahwa aktivasi dari output coil "state_1" bergantung pada kombinasi kontak-kontak tertentu. Kontak-kontak tersebut mencakup "Start_Light" sebagai MCR (Master Control Relay), "pallet_at_entry" dan "State_0" sebagai kontak set (start), "state_1" sebagai latch (penahan), dan "state_2" sebagai interlock atau kontak reset (stop). Pemilihan kontak-kontak Normally Open (NO) dan Normally Closed (NC), serta pengaturan hubungan seri dan paralel, disusun sesuai dengan model aljabar boolean yang terkait.

Dari 27 state pada diagram keadaan pada gambar3 sebelumnya maka telah dibuat 39 network (RUNG) ladder PLC dan telah berhasil menjalankan proses palletizing mulai dari menggerakkan pallet melalui conveyor ke stasiun palletizer, kemudian menggerakkan 12 box (enam layer bawah dan enam layer atas) melalui conveyor untuk disusun ke atas pallet sebelumnya. Setelah proses palletizing untuk satu pallet (12 box) telah selesai maka selanjutnya akan mengulangi 27 state untuk pallet berikutnya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dijelaskan, dapat disimpulkan bahwa algoritma diagram keadaan (State Diagram) pada kasus Robot Palletizing yang diimplementasikan dengan menggunakan PLC Siemens S71200 dan Aplikasi Factory I/O telah berhasil dikembangkan. Algoritma ini terdiri dari 27 state yang masing-masing telah berhasil dikonversi menjadi 39 Network (RUNG) ladder diagram PLC. Proses palletizing juga telah berhasil dalam meletakkan 12 kotak ke atas palet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahidah dkk. Pengembangan Modul Trainer PLC Siemens S7-1200 pada Kasus Sortir Station Berbasis Factory I/O. Makassar: *Seminar Nasional Teknologi Industri IX Vol 1 Th 2022, e-ISSN 2964-1896*. 2022
- [2] Taufik Muchtar dkk. Pengembangan Sistem Interface Navigasi Fitur Berbasis Algoritma Diagram Keadaan untuk Efisiensi Jumlah Tombol pada Embedded System Terintegrasi. Makassar : *Seminar Nasional Teknologi Industri X Vol 1 th 2021, e-ISSN 2964-1896*. 2022
- [3] Muh. Fauzan Sukirman. *Tugas Akhir: Rancang Bangun Modul DCS SCADA untuk Interkoneksi PLC Multi Vendor Pada Studi Kasus Robot Palletizing System*. Politeknik ATI Makassar. 2023.
- [4] Lutfi dkk, Modul Penuntun Praktikum DCS dan SCADA, Politeknik ATI Makassar. 2023.