https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v10i3
P-ISSN : 2580-4308
E-ISSN : 2654-8046

Perancangan Sistem Kendali Motor Dc Penggerak Gantry Crane Bergerak Secara Horizontal Dan Vertikal Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)

[1] Natal Parningotan Simatupang, [2] Janter Napitupulu, [3] Marvin frans sakti hutabarat, [4] Joslen Sinaga

Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains dan Teknologi T.D Pardede
Medan Jl. Dr. T.D Pardede NO. 8 Medan 20153, Sumatera Utara, Indonesia

E-mail: [1] natalsmtp@gmail.com, [2]jantermh@gmail.com,[3]marvin.hutabarat@gmail.com, [4]josinaga1977@gmail.com

ABSTRAK

Gantry crane merupakan alat angkat yang banyak digunakan di pelabuhan dan industri logistik untuk memindahkan kontainer. Sistem kendali konvensional pada *gantry crane* memiliki keterbatasan dalam presisi, keamanan, dan efisiensi, sehingga diperlukan sistem kendali otomatis yang mampu mengatur pergerakan motor secara akurat dan stabil. Penelitian ini bertujuan merancang bangun sistem kendali motor DC penggerak g*antry crane* yang bergerak secara *horizontal* dan *vertikal* berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) Omron, diprogram menggunakan diagram tangga melalui perangkat lunak CX-Programmer.Sistem menggunakan lima push button sebagai sumber masukan untuk perintah naik, turun, geser kanan, geser kiri, dan berhenti di tengah, tiga sensor infra merah sebagai pembatas posisi *horizontal* berdasarkan deteksi warna, serta modul relay empat channel sebagai penguat penggerak yang mengatur arah putaran motor DC pengangkat beban dan motor DC penggeser trolley. Pengujian dilakukan terhadap seluruh subsistem.Hasil pengujian menunjukkan seluruh komponen bekerja sesuai perancangan, motor DC dapat digerakkan naik, turun, ke kiri, ke tengah, dan ke kanan sesuai perintah. Sensor infra merah efektif sebagai pembatas posisi tanpa kontak fisik, meskipun akurasinya dipengaruhi warna permukaan pemantul. Sistem ini meningkatkan presisi, stabilitas, dan keselamatan pemindahan kontainer dibandingkan sistem kendali konvensional.

Kata kunci: PLC, Motor DC, Gantry Crane, Ladder tangga, Sensor Inframerah

ABSTRACT

Gantry cranes are lifting devices widely used in ports and the logistics industry for container handling. Conventional control systems for gantry cranes suffer from limitations regarding precision, safety, and efficiency; therefore, an automated control system capable of regulating motor movement with accuracy and stability is required. This research aims to design and build a control system for the DC motors driving a gantry crane—enabling horizontal and vertical movement—based on an Omron Programmable Logic Controller (PLC)

P-ISSN : 2580-4308
E-ISSN : 2654-8046 https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v10i3

programmed using ladder logic in CX-Programmer software. The system utilizes five push-buttons as inputs for commands (up, down, move right, move left, and stop at center), three infrared sensors for horizontal position limiting based on color detection, and a four-channel relay module as a drive amplifier to control the rotation direction of the load-lifting DC motor and the trolley-traversing DC motor. Testing was conducted on all subsystems. The results demonstrate that all components operate according to the design; the DC motors can be driven up, down, left, to the center, and right in response to commands. The infrared sensors effectively serve as non-contact position limiters, although their accuracy is influenced by the color of the reflecting surface. This system enhances the precision, stability, and safety of container handling compared to conventional control systems.

Keywords: PLC, DC motor, Gantry crane, Ladder logic, Infrared sensor

1. PENDAHULUAN

Gantry Crane merupakan alat angkat yang banyak digunakan di pelabuhan dan industri logistik untuk memindahkan kontainer dari satu titik ke titik lain. Dalam operasionalnya, crane harus mampu bergerak secara presisi pada dua sumbu utama, yaitu horizontal (pergerakan *trolley*) dan vertikal (naik-turun hoist).

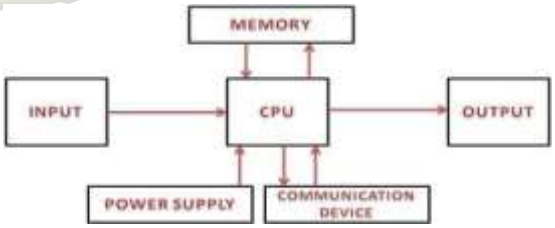
Penggunaan sistem kendali konvensional seringkali memiliki keterbatasan dalam hal presisi, keamanan, dan efisiensi. Oleh karena itu, diperlukan sistem kendali otomatis berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)* yang mampu mengatur pergerakan secara akurat dan stabil. Selain itu, penggunaan Motor DC sebagai aktuator memberikan keunggulan dalam pengaturan kecepatan dan arah gerak, sehingga cocok untuk aplikasi kendali posisi pada sistem gantry crane

2. LANDASAN TEORI

Ketentuan Umum

Programmable Logic Controller (PLC) adalah sebuah peralatan *user friendly*, berbasis *microprocessor*, merupakan suatu komputer khusus yang berisi fungsi kontrol dan dioperasikan oleh seseorang yang tidak begitu mahir dalam pengoperasian PC. Operator PLC pada dasarnya menggambarkan garis dan peralatan dari diagram tangga *(ladder diagram)*. Hasil penggambaran dikomputer menggantikan *eksternal wirring* (pada rangkaian listrik) yang dibutuhkan untuk mengontrol sebuah proses rangkaian. PLC akan mengoperasikan semua sistim yang memiliki *output device* yang menjadi ON maupun OFF, juga dapat megoperasikan

segala sistem keluaran yang variabel. PLC dapat dioperasikan pada sisi input dengan peralatan ON-OFF (*switch*) atau dengan peralatan *variable input*. Sistem PLC memiliki enam komponen dasar yaitu unit pengolahan pusat atau *central processing unit (CPU)*, catu daya, perangkat komunikasi/ pemrograman, memori, input dan output. Keenam bagian/ unit tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Komponen-Komponen Dasar PLC Tinjauan pustaka/ pembahasan PLC dan pemrograman fokus pada PLC Omron menggunakan

software CX Programmer 9.1. Peletakan Terminal Input dan Output pada PLC Omron CPM2A ditunjukkan pada Gambar 2.5. Pada semua jenis PLC terminal input berada di atas, sedangkan terminal output berada di bagian bawah (Gambar 2.5 dan 2.6). Pemisahan letak terminal ini bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam merangkai dan menganalisis rangkaian jika terjadi trouble hardware pada sistem

Ladder Diagram adalah metode pemrograman yang umum digunakan pada PLC. Ladder Diagram merupakan tiruan dari logika yang diaplikasikan langsung oleh relay. Ladder Diagram banyak mengurangi kerumitan yang dihadapi oleh teknisi untuk menyelesaikan tujuannya. Tapi bagaimanakah Ladder Diagram itu bekerja atau dengan kata lain, bagaimana sebenarnya representasi dari Ladder, Sistem kendali adalah suatu sistem yang dirancang untuk mengatur, mengarahkan, dan mengendalikan perilaku suatu proses atau perangkat agar menghasilkan keluaran (*output*) yang sesuai dengan nilai yang diinginkan (*set point*). Sistem kendali bekerja dengan memanfaatkan hubungan antara masukan (*input*), proses, dan keluaran sehingga kinerja sistem dapat dipertahankan sesuai tujuan yang telah ditetapkan.

Secara umum, sistem kendali terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu:

1. Masukan (Input), yaitu nilai acuan atau perintah yang diberikan kepada sistem.
2. Pengendali (Controller), yaitu perangkat yang mengolah sinyal masukan dan menentukan tindakan pengendalian.
3. Plant atau Proses, yaitu objek atau sistem yang dikendalikan, misalnya motor DC.
4. Keluaran (Output), yaitu hasil yang dihasilkan oleh sistem.
5. Sensor (Feedback), yaitu perangkat yang mengukur keluaran dan mengirimkan informasi kembali kepada pengendali (pada sistem tertutup).

Dengan adanya standar ukuran dan sistem penanganan yang seragam, proses bongkar muat menjadi lebih cepat, biaya logistik dapat ditekan, risiko kehilangan dan kerusakan barang berkurang, serta ketepatan waktu pengiriman meningkat. Penerapan kontainer memberikan beberapa manfaat utama, yaitu:

1. Meningkatkan efisiensi waktu bongkar muat.
2. Menurunkan biaya penanganan barang (handling cost).
3. Mengurangi risiko kerusakan dan kehilangan barang.
4. Mempermudah pengangkutan multimoda (kapal, kereta api, dan truk).
5. Meningkatkan keamanan barang selama proses distribusi.
6. Mendukung kelancaran rantai pasok (supply chain).

Modul driver relay adalah rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai antarmuka (*interface*) antara rangkaian pengendali (misalnya mikrokontroler, Arduino, ESP8266, ESP32, PLC, atau IC 555) dengan relay. Modul ini memungkinkan sinyal berarus kecil dari pengendali mengaktifkan relay untuk mengendalikan beban bertegangan atau berarus lebih besar. Komponen utama modul driver relay umumnya meliputi:

a. Relay elektromagnetik.
b. Transistor driver (misalnya NPN) atau MOSFET sebagai penguat arus.

P-ISSN : 2580-4308
E-ISSN : 2654-8046 https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v10i3

c. Dioda *flyback* sebagai pelindung dari tegangan induksi kumparan relay.
d. Resistor pembatas arus.
e. LED indikator status relay.
f. Terminal input dan output.

Fungsi modul driver relay

a. Menguatkansinyal kendali
b. Mengisolasi rangkaian kendali dari rangkaian daya (pada modul tertentu menggunakan optocoupler).
c. Mengendalikan beban AC maupun DC, seperti lampu, motor, pompa, dan solenoid.

Melindungi rangkaian pengendali dari arus dan tegangan yang lebih tinggi.

Sensor infra merah adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai pendeteksi keberadaan atau posisi suatu objek dengan memanfaatkan pemancaran dan pemantulan cahaya infra merah, tanpa memerlukan kontak fisik secara langsung dengan objek yang dideteksi. Sensor ini bekerja dengan memancarkan cahaya infra merah dari LED pemancar, kemudian membaca intensitas cahaya pantul yang diterima oleh fotodioda penerima untuk menentukan ada tidaknya objek atau permukaan reflektif di depan sensor. Komponen utama sensor infra merah umumnya meliputi:

a. LED infra merah (Infrared LED) sebagai pemancar cahaya.
b. Fotodioda (photodiode) atau fototransistor sebagai penerima cahaya pantul.
c. Op-amp comparator (misalnya IC LM358/LM393) sebagai pembanding tegangan keluaran sensor.
d. Trimpot (potensiometer) sebagai pengatur sensitivitas atau jarak deteksi.
e. Resistor pembatas arus pada rangkaian LED pemancar.
f. LED indikator status keluaran sensor.
g. Terminal VCC, GND, dan output (OUT).

Fungsi sensor infra merah

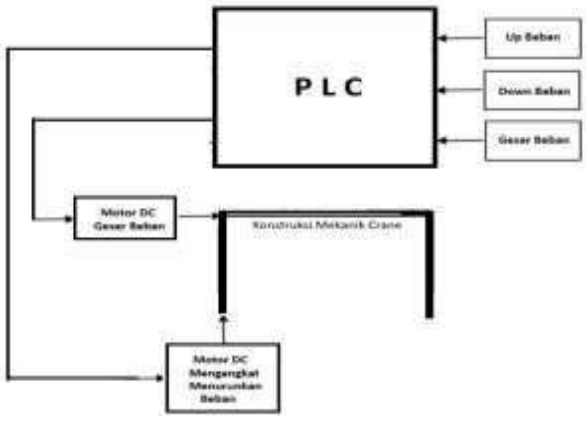
a. Mendeteksi posisi atau keberadaan objek berdasarkan pantulan cahaya infra merah pada permukaan objek yang berasal dari mikrokontroler atau rangkaian kontrol.
b. Mengubah perbedaan intensitas cahaya pantul menjadi sinyal tegangan keluaran digital (HIGH/LOW).
c. Memberikan sinyal masukan ke rangkaian pengendali (PLC) sebagai batas pergerakan tanpa kontak mekanis.
d. Menggantikan fungsi saklar mekanis dalam mendeteksi posisi tanpa mengalami keausan akibat gesekan atau benturan

3. METODOLOGI

Blok diagram perancangan sistem kendali motor DC penggerak *gantry crane* bergerak secara horizontal dan vertikal berbasis *programmable logic controller (PLC)*, yang dirancang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

ditunjukkan pada Gambar 3.1.



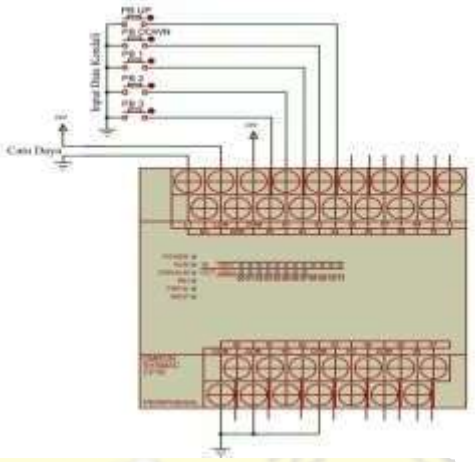
Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Sistem Kendali Motor DC

https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v10i3
P-ISSN : 2580-4308
E-ISSN : 2654-8046

Penggerak Fungsi dan prinsip kerja blok diagram perancangan sistem kendali motor DC penggerak *gantry crane* bergerak secara horizontal dan vertikal berbasis *programmable logic controller (PLC)*, sebagai berikut:

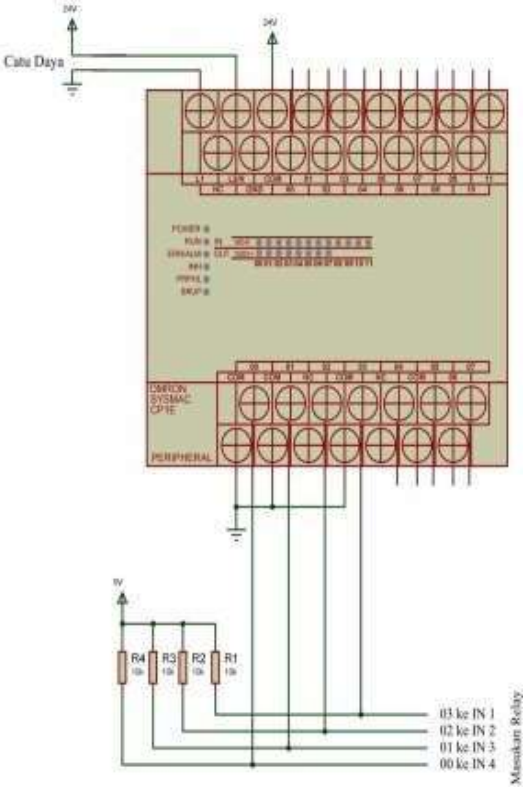
1. Up beban switch berfungsi untuk memberi sinyal bit digital supaya menggerakan tali gantry crane secara vertical untuk mengangkat beban yang akan dipindahkan.
2. Down beban switch berfungsi untuk memberi sinyal bit digital supaya menggerakan tali gantry crane secara vertical untuk menurunkan beban yang akan dipindahkan.
3. Push buttom (PB) switch berfungsi untuk memberi sinyal bit digital supaya menggerakan tali gantry crane secara horizontal menggeser container yang akan dipindahkan.
4. Motor DC mengangkat menurunkan beban berfungsi untuk menggerakkan tali baja gantry crane secara vertical untuk mengangkat atau menurunkan kontainer.
5. Motor DC geser beban berfungsi untuk menggerakkan tali baja gantry crane secara horizontal untuk memindahkan container dari kanan ke kiri.
6. PLC sebagai pusat kendali yang berfungsi menerima bit, memproses, dan mengeluarkan sinyal bit.

Fungsi PB UP adalah untuk menaikkan gantry crane, bila ditekan tombol PB UP maka gantry crane naik. Fungsi PB DOWN adalah untuk menurunkan gantry crane, bila ditekan tombol PB UP maka gantry crane turun. Fungsi PB 1 adalah untuk mengeser gantry crane secara horizontal, bila ditekan tombol PB 1 maka gantry crane bergeser kekan. Fungsi PB 2 adalah untuk mengeser secara horizontal, bila ditekan tombol PB 2 maka gantry crane bergeser ke kiri. Fungsi PB 3 adalah untuk membuat gantry crane bergeser secara horizontal dan berhenti ditengah.



Gambar 3.2. Push ON Switch Sumber Masukan PLC

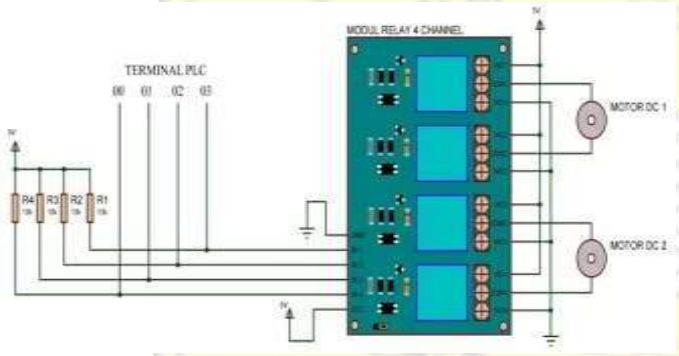
Keluaran PLC disambungkan ke masukan penguat relay. Perancangannya penyambungan dibuat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Penyambungan Keluaran PLC ke Masukan Driver Relay

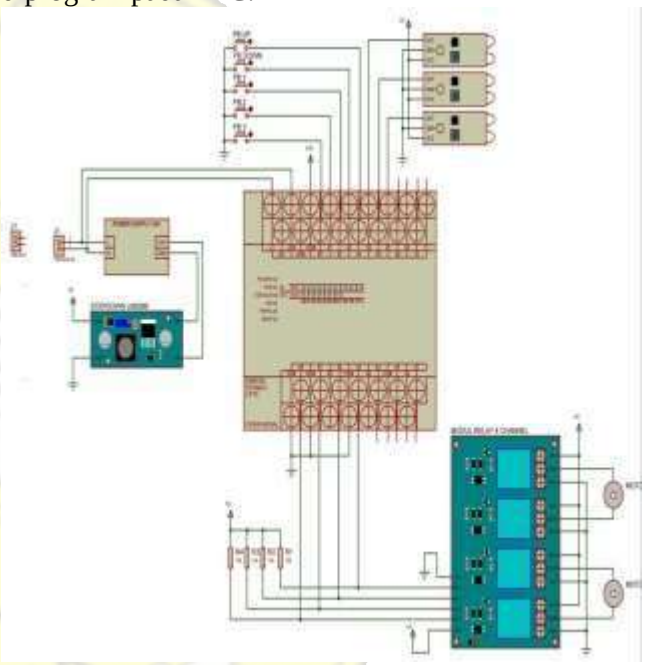
P-ISSN : 2580-4308
E-ISSN : 2654-8046 https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v10i3

Penguat penggerak motor DC adalah rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai antarmuka antara sistem pengendali dan motor DC dengan memperkuat sinyal kendali menjadi daya yang cukup untuk mengoperasikan motor. Selain memperkuat arus, rangkaian ini juga memungkinkan pengaturan arah putaran dan kecepatan motor serta memberikan perlindungan terhadap rangkaian pengendali dari gangguan arus balik yang ditimbulkan oleh motor. Penguat penggerak motor DC dirancang bangun menggunakan modul relay 4 channel, ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Penguat Penggerak Motor DC Setelah dilakukan perancangan setiap bagian sistem, yaitu rangkaian sumber masukan (input) PLC, rangkaian keluaran (output) PLC untuk mengaktifkan relay, dan rangkaian penguat penggerak (driver) motor DC, seluruh rangkaian kemudian diintegrasikan menjadi satu kesatuan sistem kendali. Integrasi ini bertujuan agar sinyal masukan yang diterima PLC dapat diproses sesuai program yang telah dibuat, kemudian menghasilkan sinyal keluaran untuk mengaktifkan relay. Selanjutnya, relay mengendalikan rangkaian penguat penggerak motor DC sehingga motor dapat beroperasi sesuai perintah yang diberikan. Rangkaian lengkap hasil perancangan sistem kendali tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.5.

Rangkaian lengkap ini memperlihatkan hubungan antara sumber masukan PLC, keluaran PLC sebagai pengendali relay, serta rangkaian penguat penggerak motor DC yang bekerja secara terpadu. Dengan konfigurasi tersebut, sistem diharapkan mampu mengendalikan kerja motor DC secara aman, andal, dan sesuai dengan logika kendali yang telah diprogram pada PLC.



Gambar 3.5. Rangkaian Lengkap

Bahan dan alat yang digunakan dalam membuat alat ini dan fungsinya adalah:

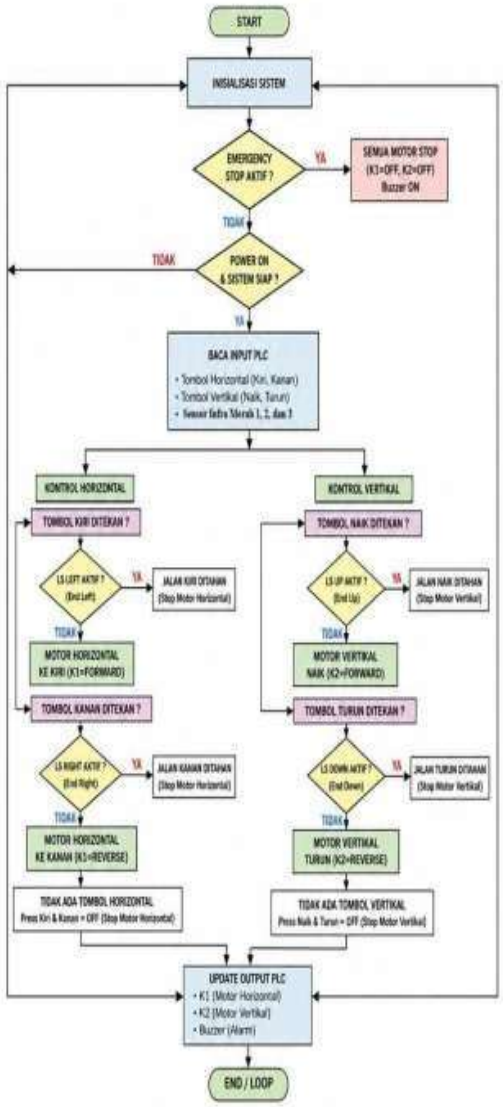
1. Laptopdifungsikanuntukpemrograman PLC program aplikasi Omron.
2. Kabel data menghubung Laptop dengan PLC Omron pada saat pemrograman.
3. PLC Omron sebagai unit pusat memproses data masukan dan untuk mengendalikan beban yang dikendalikan.
4. Kerangka mekanik Gantry Crane yang akan dikendalikan bergerak secara horizontal dan vertikal.

5. Motor Listrik DC untuk menggerakkan secara horizontal dan vertical gantry crane Catu daya 12 volt yang difungsikan sebagai pensuplai daya Listrik ke alat yang dirancang bangun.
6. Timah solder Listrik dan kabel wire secukupnya.
7. Toolset yang digunakan sebagai alat bantu dalam perakitan alat yang dirancang bangun.

Perangkat keras sistem sistem kendali motor DC penggerak *gantry crane* bergerak secara horizontal dan vertikal berbasis *programmable logic controller (PLC)* dapat beroperasi bila sudah diupload/ dimasukkan program yang dirancang ke dalam PLC (Programmable Logic Controller). Penulis pertama merancang program tersebut secara diagram alir baru dibuat programnya.

Diagram alir atau flowchart merupakan representasi grafis yang menggambarkan urutan langkah-langkah atau alur proses kerja dari suatu sistem secara sistematis dan terstruktur. Dalam perancangan sistem kendali berbasis PLC, diagram alir berfungsi sebagai panduan visual yang menjelaskan bagaimana program akan dieksekusi oleh PLC mulai dari pembacaan masukan, pemrosesan logika, hingga pengaktifan keluaran. Penggunaan diagram alir sebelum pembuatan program ladder diagram sangat dianjurkan karena memudahkan perancang dalam memahami alur logika kendali secara keseluruhan, serta meminimalkan kesalahan saat proses pemrograman.

Dalam rancang bangun ini, diagram alir digunakan sebagai acuan untuk merancang program Sistem Kendali Motor DC Penggerak *Gantry Crane* Bergerak Secara Horizontal dan Vertikal Berbasis *Programmable Logic Controller (PLC).*

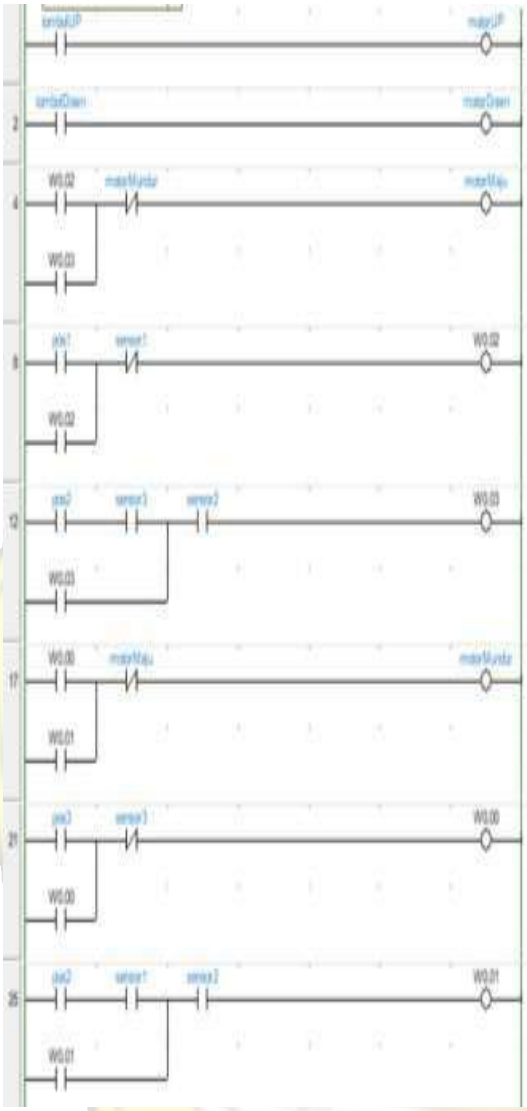


Gambar 3.6. Diagram Alir Program Sistem Kendali Gantry Crane Bergerak Berbasis Programmable Logic Controller (PLC).

Diagram tangga (ladder diagram) merupakan bahasa pemrograman PLC yang digunakan untuk mengendalikan Sistem Kendali Gantry Crane Bergerak Berbasis Programmable Logic Controller (PLC).

P-ISSN : 2580-4308
E-ISSN : 2654-8046 https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v10i3

Diagram tangganya ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Program Diagram Tangga

5. KESIMPULAN

1. Prototipe gantry crane dua sumbu berbasis PLC dapat bergerak secara vertical dan horizontal.
2. Mengimplementasikan sistem kendali berbasis PLC yang diprogram secara diagram tangga.
3. Pergerakan motor DC untuk menggerakan crane secara horizontal, posisi dimana berhenti ditentukan tanda warna hitam yang ditempatkan dikiri, ditengah, dan dikanan
4. Jangkauan jarak pergerakan crane secara vertical ditentukan dari tombol up dan tombol down.
5. Intensitas cahaya pantulan infra merah semakin besar diterima diode photo bila warna pemantul semakin terang.

DAFTAR PUSTAKA

Bolton, W. (2015). *Programmable Logic Controllers* (6th ed.). *Newnes.*

Groover, M. P. (2016). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing* (4th ed.). *Pearson Education.*

Hasan, A., & Putra, R. (2021). Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis PLC Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 10(2), 85–92.

Lestari, D., & Suryadi, B. (2022). Implementasi Sensor Kelembaban Tanah pada Sistem Irigasi Otomatis Berbasis PLC. *Jurnal Teknologi Industri*, 14(1), 33–40.

Petruzella, F. D. (2017). *Programmable Logic Controllers* (5th ed.). Mc Graw-Hill *Education*.

Parr, E. A. (2013). *Programmable Controllers: An Engineer's Guide* (3rd ed.). *Newnes.*

Rashid, M. H. (2014). *Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications* (4th ed.). *Pearson*.

Triyanto. (2023). Prototype Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan PLC dan Soil Moisture Sensor. *Jurnal Instrumentasi dan Otomasi*, 8(1), 15–22.

Yeboah, J., et al. (2022). *Automated Irrigation System Using Programmable Logic Controller* (PLC). *International Journal of Engineering Research and Technology*, 11(4), 245–252.