

**PEMBUATAN MODUL *TRAINER KIT MATERIAL HANDLING*
CRANE MENGGUNAKAN PLC OMRON**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik**

Oleh:

Muhammad Irfan Fatkhurohman

D 600 160 006

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**PEMBUATAN MODUL *TRAINER KIT MATERIAL HANDLING*
CRANE MENGGUNAKAN PLC OMRON**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

Muhammad Irfan Fatkhurohman
D 600 160 006

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Ir. Ratnanto Fitriadi, S.T., M.T.
NIK. 889

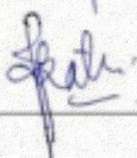
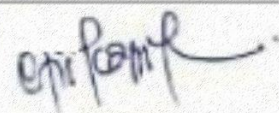
HALAMAN PENGESAHAN

**PEMBUATAN MODUL *TRAINER KIT MATERIAL HANDLING
CRANE* MENGGUNAKAN PLC OMRON**

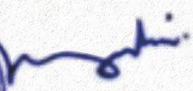
**OLEH
MUHAMMAD IRFAN FATKHUROHMAN
D600160006**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 5 Agustus 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji

- | Nama | Tanda Tangan |
|--|--|
| 1. Ir. Ratnanto Fitriadi, S.T., M.T
(Ketua Dewan Penguji) | 
_____ |
| 2. Dr. Ir. Indah Pratiwi, S.T., M.T
(Anggota 1 Dewan Penguji) | 
_____ |
| 3. Etika Muslimah, S.T., M.M., M.T
(Anggota 2 Dewan Penguji) | 
_____ |

Dekan,



**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM
NIK. 682**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 7 Agustus 2020
Penulis



Muhammad Irtan Fatkhurohman
D600160006

PEMBUATAN MODUL *TRAINER KIT MATERIAL HANDLING CRANE* MENGGUNAKAN PLC OMRON

Abstrak

Dunia industri modern saat ini tidak bisa lagi dipisahkan dengan masalah otomasi untuk berbagai sarana produksi ataupun pendukung produksi. Salah satu alat dalam industri yang dapat digerakkan secara otomatis adalah material handling crane. Material handling crane merupakan salah satu jenis alat pengangkut yang digunakan dalam industri untuk memindahkan bahan baku, produk jadi, dan benda-benda lainnya yang membutuhkan alat untuk memindahkannya. Salah satu sistem kendali yang banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan adalah PLC. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem kendali *trainer kit material handling crane* menggunakan PLC Omron sekaligus menganalisa program yang akan digunakan pada PLC Omron, dan membuat modul pembelajaran bagi mahasiswa yang baru belajar. Penelitian ini menggunakan model ADDIE karena memiliki konsep perancangan dan pengembangan produk, dan juga kemampuannya untuk memecahkan masalah. Pada model ADDIE terdiri dari 5 tahap yaitu Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Dengan hasil yang didapat berupa sebuah sistem kendali yang baru pada *trainer kit material handling crane* berbasis PLC Omron dengan bahasa pemrograman *ladder diagram* dan juga penambahan sebuah *signal converter board* yang digunakan sebagai konverter sinyal antara PLC dan *trainer kit material handling crane*. Modul pembelajaran juga menjadi *output* dari penelitian ini guna menunjang pembelajaran dalam otomasi industri.

Kata kunci : Material Handling, PLC, Model ADDIE

Abstract

Today's modern industrial world can no longer be separated from the problem of automation for various production facilities or production support. One of the tools in the industry that can be driven automatically is a material handling crane. Material handling cranes are a type of conveyance used in industry to move raw materials, finished products, and other objects that require tools to move them. One control system that is widely used by companies is PLC. The purpose of this research is to create a *trainer kit material handling crane* control system using the Omron PLC while analyzing the program that will be used on the Omron PLC, and making a learning module for students who are just learning. This study uses the ADDIE model because it has the concept of product design and development, and also its ability to solve problems. The ADDIE model consists of 5 stages namely Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluation. With the results obtained in the form of a new control system in the PLC Omron-based material handling crane *trainer* with ladder diagram programming language and also the addition of a *signal converter board* that is used as a signal converter between the PLC and the material handling crane *trainer kit*. The learning module is also the output of this research to support learning in industrial automation.

Keywords: Material Handling, PLC, Model ADDIE

1. PENDAHULUAN

Ruang lingkup otomasi pada industri semakin berkembang dengan kemajuan yang berkelanjutan dalam teknologi yang difasilitasi dengan perangkat keras dan perangkat lunak untuk sistem pengendali. Implementasi otomatisasi dalam industri telah menghasilkan manfaat dengan peningkatan kinerja dan keamanan peralatan (Kereh *et al.*, 2015). Seiring perkembangan teknologi yang sangat pesat mendorong perusahaan manufaktur untuk dapat menerapkan teknologi ke dalam proses produksinya, salah satu teknologi tersebut yaitu otomasi. Penggunaan teknologi otomasi di sebuah perusahaan terutama perusahaan manufaktur dapat meningkatkan produktivitas.(Fauzan *et al.*, 2016). PLC dalam rekayasa Otomasi yang merupakan *cross sectional* disiplin yang membutuhkan pengetahuan proporsional dalam perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak dan aplikasinya (Kiran *et al.*, 2013).

Material handling meliputi gerakan jarak pendek yang biasanya terjadi di dalam batas-batas bangunan seperti ruang produksi atau gudang dan antara bangunan dan agen transportasi (Keyur *et al.*, 2018). Tujuan utama menggunakan sistem *material handling* adalah untuk memastikan bahwa material dalam jumlah yang tepat dengan hati-hati dipindahkan ke tujuan yang diinginkan pada waktu yang tepat dengan biaya minimum (Kamble, 2019) Salah satu aplikasi material handling dalam industri manufaktur adalah *crane*. *Crane* berfungsi untuk memindahkan benda dari satu tempat ke tempat lain berdasarkan berat benda. *Crane* dapat bergerak maju/mundur, naik/turun dan mencapit/melepaskan benda (Syufrijal, 2017). Dalam hal peralatan konstruksi ada sebagian besar kebutuhan material untuk dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain atau dari satu lantai ke lantai lain. Bahan ini dapat mengandung partikel butiran, kubus, kantong semen berat, dll. Sangat penting untuk memindahkan material di tempat yang tepat pada waktu yang tepat untuk lingkungan kerja yang baik. (Kashid & Sawant, 2014)

Kompetensi lulusan Teknik Industri (TI) harus mampu merancang dan merakit sebuah sistem otomasi. Dalam persaingan pekerja dalam dunia industri lulusan dari TI harus mampu untuk melakukan hal-hal yang dapat membantu kinerja perusahaan jadi lebih baik dengan menguasai berbagai macam ilmu dan bidang kerja. Untuk itu pentingnya pembelajaran tentang otomasi industri dapat

menjadi ilmu yang bermanfaat dan nilai tambah dalam dunia kerja nanti karena dianggap mampu menagani segala macam jenis pekerjaan dalam dunia industri.

Laboratorium Teknik Industri mengembangkan sistem kendali berbasis *Programmable Logic Control* (PLC) untuk menunjang pembelajaran mahasiswa-mahasiswanya dalam memahami sistem kontroler yang banyak digunakan dalam industri manufaktur. PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi logika semisal logika kombinasional, sekuensial, pewaktuan, pencacahan dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses (Saputra et al., 2017). Salah satu keunggulan dari PLC adalah dapat digunakan menjadi Alat Pengatur mesin yang berlainan hanya dengan mengubah program yang ada dalam PLC tanpa harus mengubah perangkat kerasnya (Gunawan & Prawoto, 2016)

Model ADDIE adalah salah satu model yang paling umum digunakan dalam bidang desain pengajaran panduan untuk memproduksi sebuah desain yang efektif. Selain itu, proses sistematis ini diwakili dalam akronim ADDIE, yang berdiri untuk komponen penting dalam proses pembuatan desain instruksional, yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation*, dan *Evaluation*. Setiap fase dalam model ADDIE terkait dan berinteraksi dengan satu sama lain (Aldoobie, 2015). Model ADDIE dipilih karena model ini memiliki komponen yang terorganisir dan terstruktur dengan baik dari satu langkah ke langkah berikutnya (Nawi, 2015). Fase-fase dalam Model ADDIE saling berurutan satu sama lain tergantung pada kesuksesan penyelesaian fase sebelumnya (Welty, 2007).

Penelitian ini menyempurnakan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh wahyu (2019). Penelitian ini akan merancang sistem otomasi untuk pengendalian *trainer kit material handling crane* menggunakan PLC Omron CP1E20. Sistem kendali yang berbasis PLC dengan menggunakan PLC Omron CP1E20 ini dirasa sesuai dengan jenis PLC yang banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan besar untuk menjalankan sistem otomasi mereka. Nantinya dalam mata kuliah otomasi industry diharapkan mampu menguasai dengan baik ilmu tentang penggunaan PLC dengan adanya penelitian tentang sistem kendali berbasis PLC pada *trainer kit material handling crane*. PLC Omron CP1E20

memiliki spesifikasi yang terdiri dari 20 (12 *input*, 8 *output*) 24 VDC; (c) *Output* menggunakan lampu 24 V DC, *air filter regulator*, *single 5/2 selenoid valve*, *double 5/2 selenoid valve*, *air cylinder double acting* (Kurniawan et al., 2019).

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah model ADDIE dimana model ini digunakan untuk membuat program sistem kendali PLC pada *trainer kit material handling crane*. Model ADDIE adalah salah satu model yang paling umum digunakan dalam bidang desain pengajaran panduan untuk memproduksi sebuah desain yang efektif. Selain itu, proses sistematis ini diwakili dalam akronim ADDIE, yang terdiri untuk komponen penting dalam proses pembuatan desain instruksional, yaitu *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Setiap fase dalam model ADDIE terkait dan berinteraksi dengan satu sama lain. (Aldoobie, 2015).

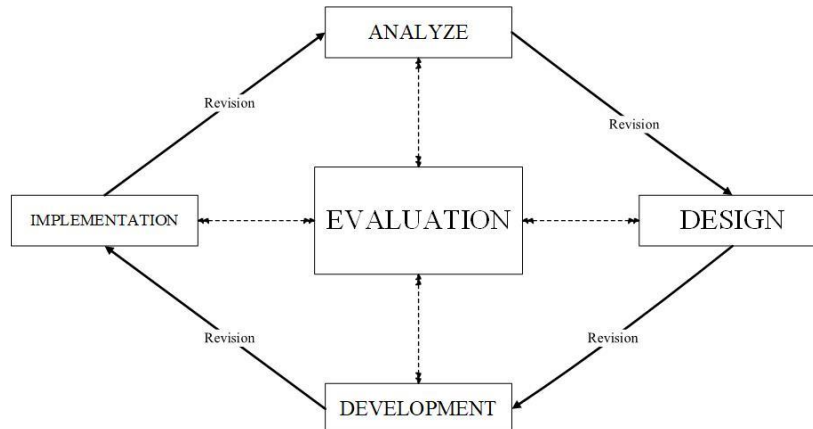
2.1 Observasi dan Pengumpulan Data

Studi pendahuluan dilakukan sebelum memulai melakukan pembuatan alat atau melakukan uji coba dengan tujuan untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan penelitian. Studi pendahuluan yang dilakukan peneliti dibagi kedalam 2 macam yaitu studi literatur, dan studi lapangan.

- a. Studi literatur dilakukan untuk memahami cara kerja dan komponen-komponen penyusun yang ada dalam *trainer kit material handling crane* yang sudah dibuat pada penelitian sebelumnya. Studi yang dilakukan berupa pengamatan video pengoperasian *trainer kit material handling crane* menggunakan program sistem yang telah dibuat pada penelitian sebelumnya, selain itu juga mengumpulkan informasi-informasi yang berkaitan dengan penelitian melalui jurnal-jurnal yang ada
- b. Studi lapangan bertujuan untuk mendapatkan informasi yang dapat mendukung pembuatan sistem kendali berbasis PLC pada *trainer kit material handling crane* dengan mempertimbangkan alat-alat yang tersedia dalam laboratorium otomasi industri, laboratorium teknik industri, dan juga dari luar kampus. Informasi didapatkan dari dosen pengampu dan asisten otomasi industri

2.2 Perancangan dan Pengembangan Dengan Model ADDIE

Pada tahap ini dilakukan perancangan dan pengembangan alat yang diteliti dengan menggunakan model ADDIE. Data-data yang diperlukan dalam perancangan dan pengembangan alat diperoleh berdasarkan hasil pengumpulan data dengan model ADDIE.



Gambar 1. Model ADDIE

1) *Analyze*

Pada tahap ini merupakan tahap awal dalam model ADDIE, dimana tahap ini dilakukan untuk menganalisa awal kondisi aktual yang ada pada objek yang akan diteliti. Pada penelitian ini objek yang akan diteliti yaitu *trainer kit material handling crane*

2) *Design*

Tahap *design* merupakan tahap untuk melakukan *design* terhadap penelitian yang akan dilakukan. Tujuan kerja yang akan dilakukan disusun pada tahap ini, serta untuk menghitung rencana besaran biaya yang akan dikeluarkan selama penelitian dilakukan.

3) *Development*

Tahap *development* merupakan tahap untuk mengembangkan desain yang sudah ada. Data yang dibutuhkan untuk melakukan pengembangan pada tahap ini didapatkan dari tahap sebelumnya, masukan dari dosen pengampu atau dari peneliti sebelumnya sangat membantu untuk tahap ini.

4) *Evaluation*

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengetahui kinerja keseluruhan alat setelah dilakukannya penelitian ini. Dalam tahap ini dilakukan pengujian terhadap

komponen sistem alat yang diteliti dan juga program yang dibuat apakah masih terdapat kegagalan atau sudah berjalan sesuai dengan apa yang diinginkan.

2.3 Pembuatan dan Analisa

Pada tahap ini dilakukan realisasi dari apa yang telah direncanakan sebelumnya mengenai pembuatan sistem kendali berbasis PLC pada *trainer kit material handling crane*. Adapun pembuatan alat dan program adalah sebagai berikut:

1) Pembuatan Alat

Berdasarkan studi pendahuluan dan data yang didapatkan pada tahap sebelumnya didapatkan beberapa hal yang harus diubah dalam desain alat yang sudah ada saat ini. Penggantian pada alat *trainer kit material handling crane* hanya melakukan penggantian sistem perkabelan dan *relay* yang digunakan. Untuk dapat menerima sinyal dari PLC, penambahan konverter sinyal diperlukan untuk menunjang pengembangan alat ini. Part-part yang dibutuhkan dibeli melalui *e-commerce*.

2) Pembuatan Program

Pembuatan program untuk menggerakkan *trainer kit material handling crane* menggunakan aplikasi resmi dari PLC Omron CP1E20 yaitu *CX Programmer* yang dapat diunduh secara gratis di internet. Pembuatan program dilakukan secara bertahap dimulai dari setiap komponen terlebih dahulu, kemudian dapat digabungkan menjadi satu program skematis sehingga dapat mengoperasikan *trainer kit material handling crane* secara keseluruhan.

Setelah dilakukan pembuatan alat dan program maka selanjutnya dilakukan analisa terhadap keseluruhan alat maupun program yang telah dibuat, apakah sudah berfungsi sebagaimana mestinya atau belum. Analisa diperlukan untuk mengetahui hal-hal apa saja yang menjadi nilai tambah dari *trainer kit material handling crane*.

a) Analisa Perancangan Sistem Kendali Berbasis PLC Omron

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui apakah *trainer kit material handling crane* dapat bergerak setelah digantinya sistem kendali dengan yang baru menggunakan PLC Omron

b) Analisis Program Untuk Sistem Kendali

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan bahasa pemrograman yang baru ketika sistem kendali sudah diganti dengan PLC Omron

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses analisa yang dilakukan mendapatkan hasil berupa rancangan baru berupa perubahan sistem kendali yang semula menggunakan Arduino, diubah menjadi sistem kendali berbasis PLC Omron. Pengaplikasian PLC Omron sebagai sistem kendali pada *trainer kit material handling crane* harus dibantu dengan *converter signal board* agar program yang dibuat pada PLC dapat dibaca oleh komponen-komponen yang ada pada *trainer kit material handling crane*.

3.1 Penerapan Model ADDIE

1) *Analyze*

Analyze pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal dari *Trainer Kit Material Handling Crane* saat menggunakan arduino sebagai kontrolernya sebelum nantinya dilakukan perubahan pada kontrolernya dengan PLC Omron. Hasil observasi yang dilakukan peneliti pada *Trainer Kit Material Handling Crane* mendapatkan data bahwa penggunaan sistem kendali arduino menggunakan *script* sebagai bahasa pemrogramannya, dan *wiring* yang terlalu rumit jika menggunakan sistem kendali arduino membuat orang yang baru pertama kali melihat akan kesusahan mempelajarinya, untuk itu dilakukan perubahan sistem kendali menggunakan PLC Omron

2) *Design*

Tahap *design* merupakan tindak lanjut dari tahap *analyze*. Dalam tahap design rencana kerja yang akan dilakukan dalam penelitian serta besaran biaya yang dikeluarkan selama penelitian berlangsung.

a) Rencana Kerja

Rencana kerja pada penelitian ini melakukan penggantian kabel dan program penggerak. Mengganti kabel-kabel dengan kualitas yang bagus serta mengganti sistem kendali dengan PLC Omron sekaligus membuat rangkaian *signal converter board* agar dapat menyambungkan antara PLC Omron dengan *trainer kit material handling crane*. selanjutnya membuat rangkaian untuk penghubung antara PLC omron dengan *Trainer Kit Material Handling Crane*.

b) Biaya Penelitian

Besaran biaya yang dikeluarkan untuk peralitan *trainer kit material handling crane* adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Biaya pengeluaran untuk perakitan *Trainer kit material handling crane*

No	Nama Barang	Harga	Jumlah	Total
1	Adaptor 5v 1A untuk Adaptor atau Router	Rp. 34,305	1	Rp. 34,305
2	4Bit Optocopuler Isolator 24v to 5v	Rp. 86,240	1	Rp. 86,240
3	Jumper Cable 2.54mm 30cm Male to Male	Rp. 40,726	1	Rp. 40,726
4	4Bit Optocopuler Isolator 24v to 5v	Rp. 78,900	1	Rp. 78,900
5	Jasa penggantian kabel-kabel serta instalasi konverternya	Rp. 600,000	1	Rp. 600,000
Total Biaya				Rp. 840,171

3) *Development*

Tahap *development* adalah tahap untuk pengembangan dari desain penelitian sebelumnya berdasarkan data-data yang diperoleh dari tahap sebelumnya. Pengembangan yang dilakukan berupa penggantian jalur kabel pada *motor stepper sumbu x* yang dirasa harus diganti karena letak jalur yang sebelumnya sangat mengganggu kinerja gerak dari *crane*. Kemudian pengembangan yang selanjutnya adalah dengan mengganti sistem kendali yang digunakan pada *Trainer Kit Material Handling Crane* dari arduino dengan bahasa pemrograman *script* diubah menjadi sistem kendali berbasis PLC Omron dengan bahasa pemrograman *ladder diagram*.

4) *Implementation*

Pada tahap ini dilakukan perwujudan dari desain pengembangan pada tahap sebelumnya. Terdapat tiga perubahan pada *Trainer Kit Material Handling Crane* yaitu:

- Jalur Kabel Sumbu X
- Penambahan *Signal Converter*
- Pembuatan *Ladder Diagram*

5) Evaluation

Tahap terakhir yaitu melakukan evaluasi dari keseluruhan objek yang diteliti untuk menentukan apakah alat yang diteliti sudah sesuai dengan apa yang telah didesain pada tahap-tahap sebelumnya. Evaluasi yang dilakukan berupa kinerja seluruh komponen yang ada dalam *traine rkit material handling crane*. Dengan hasil yang didapatkan bahwa sistem kendali telah dirubah menggunakan PLC Omron dan ditambah dengan *signal converter board* sebagai penghubung antara PLC Omron dengan *trainer kit material handling crane*.

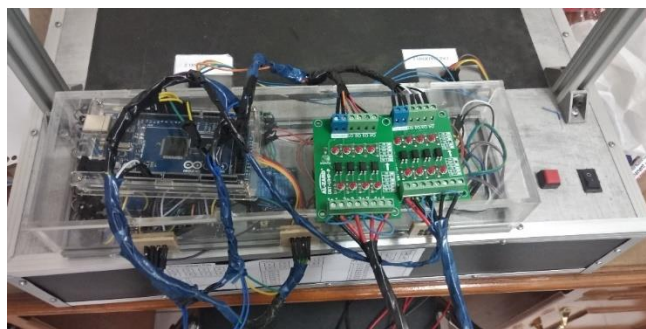
3.2 Pembuatan Alat dan Program

1) Pembuatan Alat

Pembuatan alat pada penelitian ini yaitu pembuatan jalur kabel baru untuk *motor stepper* kanan, serta pembuatan *signal converter board* untuk menghubungkan antara *Trainer Kit Material Handling Crane* dengan PLC. Sinyal dari PLC bertegangan 24v, sedangkan maksimal tegangan yang dapat diterima oleh rangkaian *Trainer Kit Material Handling Crane* adalah sebesar 5v. Agar *ladder diagram* dari PLC dapat terbaca oleh *motor stepper* dan motor *servo* maka diperlukan *signal converter board* yang dapat mengubah tegangan 24v menjadi 5v

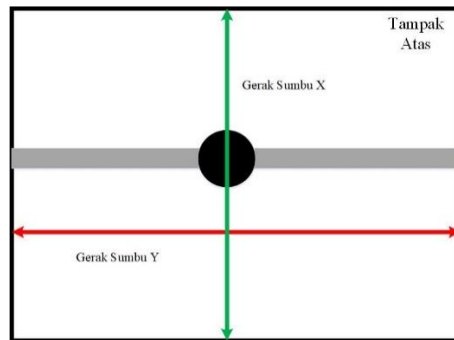


Gambar 2. 4Bit Optocoupler Isolator 24v to 5v

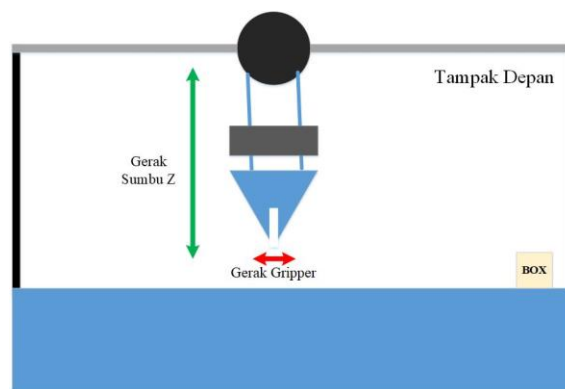


Gambar 3. Rangkaian *Signal Converter Board*

Agar dapat memahami tiap gerakan sumbu X,Y,Z dan Gripper pada *trainer kit material handling crane*, dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



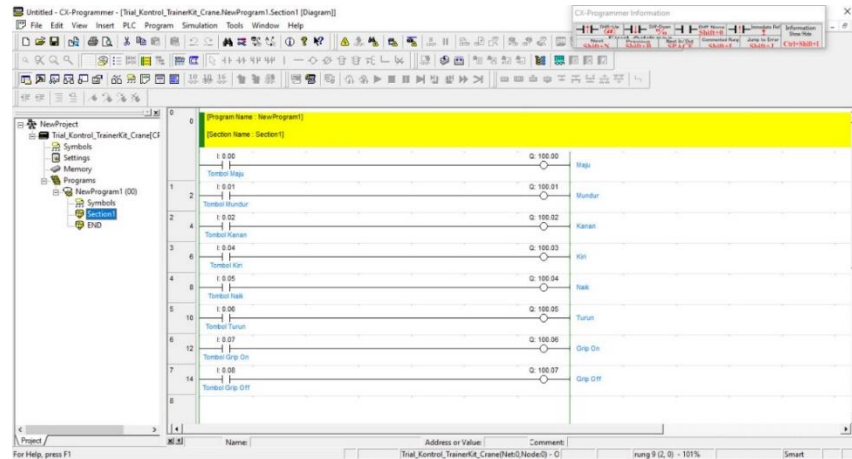
Gambar 4. Gerak Ssumbu X & Y Tampak Atas



Gambar 5. Gerak Sumbu Z & Gripper Tampak Depan

2) Pembuatan Program *Ladder Diagram*

PLC Omron memerlukan pemrograman untuk dapat mengendalikan *trainer kit material handling crane* sesuai dengan harapan yang diinginkan. Perancangan program dibuat pada *software CX-ONE* dimana Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *Ladder diagram*. Berikut ini gambar keseluruhan dari program *ladder diagram* untuk *Trainer kit material handling crane* menggunakan aplikasi CX-One:



Gambar 6 Ladder Diagram Trainer Kit Material Handling Crane

3.3 Analisis

Analisis dilakukan untuk menilai kinerja dari sistem kendali yang baru pada *trainer kit material handling crane* saat menggunakan PLC Omron. Penilaian dilakukan dengan bantuan asisten Otomasi 2019 sebagai responden untuk mengisi kuisioner *online* yang telah dibuat oleh peneliti. Dari hasil kuisioner didapatkan hasil bahwa semua asisten setuju penggunaan sistem kendali berbasis PLC Omron dengan bahasa pemrograman *ladder diagram* mampu menggantikan sistem kendali sebelumnya, selain itu seluruh asisten Otomasi 2019 juga setuju bahwa bahasa pemrograman *ladder diagram* lebih mudah dipelajari dan dipahami dari pada bahasa pemrograman *script*.

- 1) Perancangan sistem kendali *trainer kit material handling crane* menggunakan PLC Omron CP1E20.

Pada penelitian ini telah berhasil mengubah sistem kendali pada *trainer kit material handling crane* yang awalnya menggunakan arduino dengan bahasa pemrogramannya *script* diubah menjadi sistem kendali berbasis PLC Omron dengan bahasa pemrogramannya menggunakan *ladder diagram*. Pengubahan sistem kendali berjalan dengan baik dan lancar sesuai dengan apa yang diharapkan oleh peneliti yaitu dapat mengganti fungsi *script* dengan *ladder diagram*. Keseluruhan komponen *motor stepper* dan *motor servo* yang ada pada *trainer kit material handling crane* dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

- 2) Pembuatan program yang digunakan untuk kendali menggunakan PLC pada *trainer kit material handling crane*

Program yang digunakan pada *trainer kit material handling crane* sebelum dilakukannya penelitian menggunakan arduino dengan bahasa pemrograman *script*, setelah dilakukannya penelitian sistem kendali diubah menjadi PLC Omron dengan *ladder diagram* sebagai bahasa pemrogramannya. Program *ladder diagram* yang sudah dibuat oleh peneliti bekerja dengan baik sesuai dengan instruksi dari peneliti. Penggunaan *ladder diagram* lebih efektif dan mudah dipelajari dari pada menggunakan *script* yang lebih rumit dan susah untuk dipahami.

3) Pembuatan modul pembelajaran sistem kendali berbasis PLC Omron untuk *trainer kit material handling crane*

Modul pembelajaran dibuat agar memudahkan mahasiswa yang ingin belajar tentang *trainer kit material handling crane* yang menggunakan PLC Omron sebagai basis kontrolernya. Didalamnya terdapat langkah-langkah pengoperasian yang lengkap dari awal hingga akhir, sehingga mahasiswa yang baru pertama kali mencoba untuk menjalankan *trainer kit material handling crane* dapat menggerakkannya secara benar tanpa ada kesalahan apabila mengikuti petunjuk penggunaan yang ada dalam modul pembelajaran sistem kendali berbasis PLC Omron untuk *trainer kit material handling crane*. Untuk lebih lengkapnya tentang modul pembelajaran dari *Trainer Kit Material Handling Crane* dapat dilihat pada lampiran.

4. PENUTUP

Berdasarkan uraian hasil pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa pengubahan sistem kendali pada *trainer kit material handling crane* yang sebelumnya menggunakan Arduino digantikan dengan PLC Omron dirasa lebih baik dan lebih mudah untuk dipelajari bagi mahasiswa yang pertama kali belajar tentang sistem otomasi industri. Penggunaan *ladder diagram* sebagai bahasa pemrograman untuk PLC Omron dinilai lebih efektif dan lebih mudah dipahami untuk mahasiswa yang baru belajar tentang Otomasi Industri karena bahasa pemrograman yang lebih simple dan mudah dipahami dari pada menggunakan Arduino yang memiliki bahasa pemrograman *script*. Program dibuat dengan *software CX-One* dengan bahasa pemrograman *ladder diagram*. Penelitian ini juga membuat modul mengenai cara penggunaan *trainer kit material handling crane*

berbasis PLC Omron disusun guna memudahkan mahasiswa dalam proses pembelajaran Otomasi Industri.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh saran bahwa: Pengembangan alat ini dapat tetap dilanjutkan, misalnya menggabungkan dengan *trainer kit* lengan robot yang memiliki *conveyor* agar dapat membuat simulasi seperti di dalam perusahaan manufaktur. Pentingnya mahasiswa Teknik Industri untuk belajar tentang Otomasi Industri yang didalamnya terdapat pembelajaran mengenai PLC yang dapat berguna nanti saat mereka masuk dalam di dunia kerja, karena banyak pabrik-pabrik modern yang sudah menggunakan PLC sebagai kontrol mesin-mesin di pabrik mereka. Pentingnya mahasiswa untuk memahami tentang rangkaian kabel yang benar dalam perangkat elektronika guna menghindari kesalahan saat mengoperasikan *trainer kit material handling crane*. Perawatan secara berkala pada *trainer kit material handling crane* harus dilakukan agar menghindari komponen-komponen yang rusak dan tidak berfungsi dengan baik karena tidak pernah dipakai. Pengembangan program *ladder diagram* yang dapat menggerakkan keseluruhan *trainer kit material handling crane* secara otomatis agar dapat memiliki 2 program yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldoobie, N. (2015). *ADDIE Model*. 5(6), 68–72.
- Brinia, V. (2016). *Using The Extended Model ADDIE In Companies ' Internal*
- Fauzan, M. I., Rachmat, H., Studi, P., Industri, T., & Industri, F. R. (2016). *Perancangan Sistem Otomasi Proses Chamfer Part Stopper Valve Pada Mesin Bench Lathe SD-32A*. 3, 13–18.
- Gerardo Jones Kereh, Haris Rachmat, ST., MT, Denny Sukma Eka Atmaja, S. (2015). *Perancangan Program Sistem Ootomatisasi Pada Stasiun Kerja Pelayuan Menggunakan Pengendali PLC OMRON CP1E*. 2(1), 833–840.
- Gunawan, B., & Prawoto, Y. (2016). Aplikasi Programmable Logic Controller (PLC) Omron CPM2A Sebagai Komponen Utama Sistem Pengukur Kecepatan Putar (RPM) Motor DC. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Kamble, A. A. (2019). *Selection of Material Handling Equipment : Classifications*
- Kashid, S. G., & Sawant, P. (2014). *Design and Development of Material Handling Crane*. 3(10), 85–92.
- Keyur, B., Mayur, P., Mrugesh, P., Jay, P., & Solanki, V. (2018). *A Review-Vertical Material Handling Machine*. 4(5), 733–737.
- Kiran, A. R., Sundeep, B. V., Vardhan, C. S., & Mathews, N. (2013). *The Principle of Programmable Logic Controller and its role in Automation*. 4, 500–502.

- Kurniawan, A., Afandi, A. ., & Prihanto, D. (2019). Pengembangan trainer PLC sebagai pengendali sistem pneumatik pada matapelajaran perekayasaan sistem kontrol bagi siswa kelas XII Teknik Elektronika Industri SMKN 1 Jenangan Ponorogo. *Jurnal Teknologi, Elektro, Dan Kejuruan*, 29(1), 41–49.
- Nawi, A. (2015). *Adoption of Mobile Technology for Teaching Preparation in Improving Teaching Quality of Teachers*. 8(2).
- Saputra, A., Wahyu, A., & Rahman, F. (2017). *SISTEM KOREKSI OTOMATIS PADA MESIN PACKAGING DENGAN PENGENDALI PLC* ISSN: 2086 - 9479 *Jurnal Teknologi Elektro* , Universitas Mercu Buana. 8(1), 54–57.
- Syufrijal. (2017). Aplikasi PLC Pada Crane Berbasis SCDA. *Jurnal Autocracy*, 4, 122–129.
- Nugroho, W. A. (2019). Pembuatan Trainer Kit Material Handling Crane Sebagai Mpdel pembelajaran otomasi Industri Dengan Pendekatan Rapid Prototyping
- Welty, G. (2007). The “Design” Phase of the ADDIE Model. *Journal of GXP Compliance*, 11(4), 40–48.