

PERANCANGAN DAN PEMROGRAMAN SISTEM KONTROL *LINEAR PNEUMATIK PICK AND PLACE TRANSFER UNIT* DENGAN PLC

Bright Levin Tolukun¹, Didi Widya Utama², Agus Halim³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

Email: bright.515200008@stu.untar.ac.id

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

Email: didiu@ft.untar.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

Email: agush@ft.untar.ac.id

Masuk : 03-06-2024, revisi: 12-06-2024, diterima untuk diterbitkan : 15-06-2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem kontrol untuk unit transfer pneumatik linear pick and place yang mampu beroperasi pada berbagai kecepatan menggunakan programmable logic controller (PLC) dan bahasa pemrograman logic ladder yang umum dipakai dalam dunia industri. Mesin pick and place menggunakan sistem pneumatik menggunakan katup solenoid. Digunakan juga rodless cylinder untuk pergerakan kanan-kiri (sumbu x) dan atas-bawah (sumbu z) pada mesin. Pergerakan cylinder ini dibantu oleh sensor capacitive untuk mendeteksi benda yang ingin diambil, lalu ada sensor proximity untuk mengatur pergerakan rodless cylinder. Pengujian dilakukan menggunakan simulasi dan prototipe fisik untuk memvalidasi kinerja sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol yang dirancang dapat menggerakkan unit transfer dengan akurasi dan kecepatan yang diinginkan pada berbagai level kecepatan.

Kata Kunci: PLC, Pneumatik, Pick and Place, Logic Ladder, Rodless Cylinder

ABSTRACT

This research aims to design and implement a control system for a linear pneumatic pick and place transfer unit capable of operating at various speeds using a programmable logic controller (PLC) and ladder logic programming language, which is commonly used in the industrial sector. The pick and place machine employs a pneumatic system utilizing solenoid valves. A rodless cylinder is used for movement along the horizontal axis (x-axis) and vertical axis (z-axis) on the machine. The movement of the cylinder is assisted by capacitive sensors to detect the object to be picked, and proximity sensors to regulate the movement of the rodless cylinder. Testing is conducted using simulations and physical prototypes to validate the system's performance. The test results show that the designed control system can move the transfer unit with the desired accuracy and speed at various speed levels.

Keywords: PLC, Pneumatic, Pick and Place, Logic Ladder, Rodless Cylinder

1. PENDAHULUAN

Dalam era industri modern, perkembangan otomasi telah menjadi salah satu aspek kunci dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan presisi dalam berbagai proses manufaktur. Otomasi memungkinkan perusahaan untuk mempercepat produksi, mengurangi kesalahan manusia, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Salah satu teknologi yang menjadi tulang punggung dalam otomasi adalah mesin *pick and place* yang menggunakan pneumatik yang membutuhkan aliran udara yang bersumber dari kompresor (Dutt, 2013) dan *Programmable Logic Controller* (PLC). PLC digunakan untuk mengendalikan berbagai komponen pada mesin *pick and place*.

Bahasa pemrograman yang paling umum digunakan dalam PLC adalah *logic ladder* (Anjankar, 2018).

Penulisan jurnal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pada proses transfer benda/objek di industri dengan teknologi kontrol otomatis yang dapat diandalkan dan dapat diintegrasikan ke dalam sistem produksi pada industri yang ada. Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah dan melakukan penentuan tujuan penelitian yang ingin diambil sebagai inti pokok untuk perancangan alat yang dibuat, yang dilanjutkan dengan pengujian alat dan jika hasilnya sudah sesuai dilakukannya penulisan laporan. Pada penelitian ini saya bertanggung jawab atas pembuatan program pada PLC untuk sistem kontrol yang diinginkan untuk kehandalan dan keefektifitasan hasil dari mesin *pick and place*.

Mesin *pick and place* adalah sebuah perangkat mekanis atau otomatis yang dirancang untuk mengambil objek dari satu lokasi dan menemukannya ke lokasi lain dengan presisi yang tinggi. Mesin ini memiliki berbagai aplikasi dalam industri manufaktur, khususnya dalam proses perakitan dan pemrosesan.

Komponen utama dari mesin *pick and place* meliputi :

- a. Sistem pengambilan (*picking system*) yang digunakan untuk pengambilan objek dari tempat asalnya.
- b. Sistem penempatan (*placing system*) setelah objek diambil, mesin harus dapat menempatkan objek tersebut dengan presisi yang tinggi ke lokasi yang ditentukan.
- c. Sistem kontrol mesin *pick and place* biasanya dikendalikan oleh sistem kontrol yang dapat diprogram untuk mengatur gerakan dan operasi mesin sesuai dengan kebutuhan aplikasi.
- d. Sensor digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek, posisi objek, dan posisi komponen mesin lainnya. Ini membantu dalam mengatur gerakan dan operasi mesin dengan akurat.

Komponen PLC yang digunakan adalah DVP26SE11R yang merupakan produk dari Delta yang memiliki 14 *digital input* dan 12 *digital output* dan dengan tipe *output relay*. Delta PLC dilengkapi dengan berbagai fitur, termasuk kemampuan pemrograman yang fleksibel, *input* dan *output digital* dan *analog*, dukungan komunikasi jaringan industri seperti *Modbus*, dan kemampuan untuk mengintegrasikan berbagai jenis perangkat dan sensor industri.



Gambar 1. Delta PLC DVP26SE11R

Sumber: <https://www.deltaww.com>

Dibutuhkan juga *power supply* sebagai sumber daya listrik, dimana diperlukan tegangan dan arus *output* yang stabil untuk operasi yang diperlukan. *Power supply* yang digunakan adalah Mean Well S-50-24 dengan tegangan 24 V (*Volt*) dan arus listriknya 2.1 A (*Ampere*).



Gambar 2. *Power Supply* Mean Well S-50-24
Sumber: <https://www.meanwell.com>

Untuk koneksi antara PLC dengan komputer menggunakan kabel *ethernet*, namun supaya dapat dihubungkan ke lebih dari satu komputer, dibutuhkan *switch* atau *hub*, atau juga bisa disebut *ethernet hub*. Untuk produk *ethernet hub* yang dipakai adalah LS1005 dari TP-Link.



Gambar 3. *Ethernet Hub* LS1005 TP-Link
Sumber : <https://www.tp-link.com>

Dalam pengoperasian alat diperlukan *input* untuk mengetahui syarat-syarat suatu operasi untuk dikerjakan. Diperlukannya sensor supaya mesin dapat merespons perubahan lingkungan dan mengambil tindakan yang sesuai. Berikut adalah sensor-sensor yang digunakan pada mesin *pick and place* :

1. Sensor kapasitif (*capacitive sensor*) merupakan perangkat elektronik yang mendeteksi keberadaan atau kedekatan benda berdasarkan perubahan kapasitansinya. Kapasitansi adalah kemampuan sistem untuk menyimpan muatan listrik.
2. Sensor *proximity* adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek atau benda dalam jarak yang sangat dekat tanpa perlu kontak langsung.
3. Sensor *limit switch* termasuk dalam kategori sensor mekanis, yaitu sensor yang ketika terjadi perubahan mekanik pada sensor, akan menghasilkan perubahan elektrik.
4. Sensor tekanan (*pressure sensor*) yang digunakan untuk mengukur tekanan dalam suatu sistem. Sensor ini berfungsi dengan cara mengubah tekanan fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur.

Dalam pengoperasian mesin *pick and place* ini terdapat 2 sumbu pergerakan yang dipakai untuk sumbu x dan sumbu z, silinder yang dipakai adalah *rodless cylinder*. *Rodless cylinder* adalah jenis silinder pneumatik yang tidak memiliki batang penggerak eksternal yang menonjol dari tabungnya. Biasanya, silinder pneumatik tradisional memiliki batang piston yang keluar dari satu ujung tabung untuk memberikan gerakan linier. Namun, pada silinder tanpa batang, gerakan linier dicapai dengan cara yang berbeda.

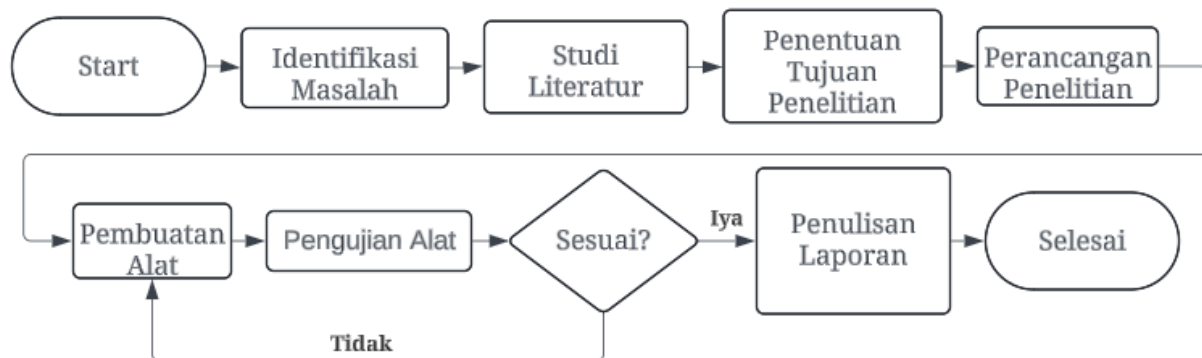


Gambar 4. *Rodless Cylinder Jenis Linear Drive DGC*
Sumber: <https://www.festo.com.cn>

Untuk menggerakkan silinder tanpa batang tadi, diperlukan katup untuk mengatur aliran udara ke silinder dan mengatur kecepatan dari pergerakan silinder tersebut. Diperlukannya katup *solenoid*, merupakan perangkat yang digunakan dalam sistem pneumatik untuk mengendalikan aliran udara ke dalam dan keluar dari silinder pneumatik. Hubungan antara katup *solenoid* dan silinder dalam mesin pneumatik sangat erat karena katup *solenoid* bertanggung jawab untuk mengatur aliran udara yang memungkinkan silinder untuk bergerak. Katup *solenoid* yang digunakan ada *5/3 double solenoid*, *5/3 single solenoid* dan *5/2 double solenoid*.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, pendekatan penelitian eksperimental digunakan untuk menguji dan menganalisis kinerja sistem kontrol linear pneumatik *pick and place transfer unit* yang dikembangkan. Serangkaian eksperimen dilakukan di laboratorium dengan variasi kecepatan *transfer* yang berbeda untuk mengamati respon sistem terhadap perubahan kondisi. Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara kuantitatif untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam mengatur kecepatan *transfer*, serta untuk menetapkan tingkat keberhasilan implementasi teknologi PLC dalam mencapai tujuan kontrol yang diinginkan. Adapun diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Alir Perancangan

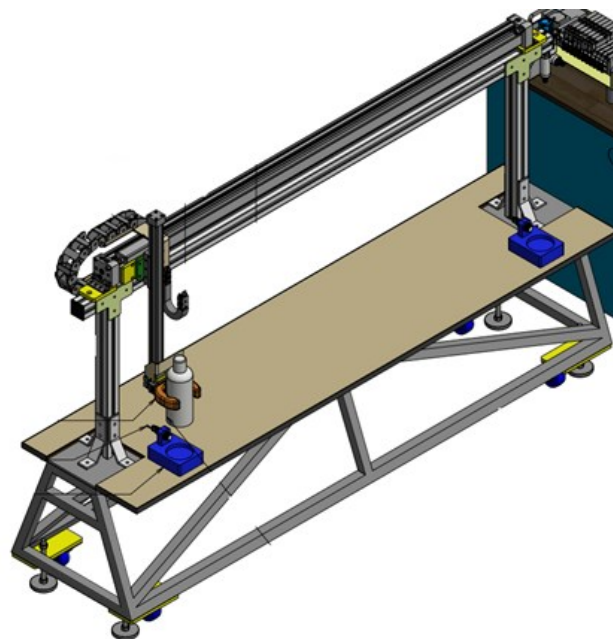
Dalam penelitian ini dimulai dari mencari dan mengidentifikasi permasalahan yang ada dan mengambil salah satu sebagai inti pokok permasalahan yang ingin dilakukan penelitian. Lalu dilakukan studi literatur pada subjek yang diambil, mencari sumber-sumber yang memiliki keterkaitan antar permasalahan yang diambil yang dilanjutkan dengan penentuan tujuan penelitian, pada tahap ini ditentukan hasil yang diinginkan untuk dikembangkan dari sebelum-belumnya. Setelah itu dilakukan perancangan penelitian, dimana kita memikirkan desain dan mekanis dari mesin yang tepat untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Setelah desain sudah dibuat dilakukan perancangan mesin dan pembuatan program dengan bahasa *ladder diagram*. Setelah itu dilakukan

pengujian alat, dimana hasil programan yang dibuat diuji dan apakah hasil dari program tersebut sudah sesuai dengan hasil yang diinginkan. Jika sudah sesuai dilakukan penulisan laporan pada hasil uji coba mesin.

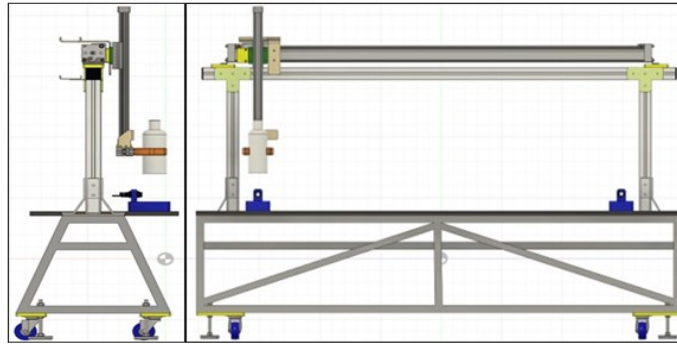
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat sistem *transfer unit* ini yang menggunakan rangka dengan *material* aluminium dan dengan *rodless cylinder* yang dapat dilihat pada Gambar 6. Pada alat digunakan 2 *rodless cylinder*, yang digunakan untuk pergerakan pemindahan barang yaitu pada sumbu x dan untuk pengambilan dan pengangkatan barang yaitu pada sumbu z dengan *gripper*. Untuk katup yang digunakan, pada sumbu x adalah Katup 5/2 *Single Solenoid* yang berarti memiliki 5 *port* dan 2 posisi dan dikendalikan dengan satu *solenoid* untuk pergerakan maju dan mundur. *Single solenoid* (solenoid tunggal) menggerakkan katup dari satu posisi ke posisi lainnya saat diberi tegangan listrik. Ketika tegangan dihentikan, katup kembali ke posisi awalnya biasanya dengan bantuan pegas. Untuk sumbu z menggunakan 5/3 *Double Solenoid*, memiliki 5 *port* dan 3 posisi kerja yaitu posisi tengah netral, posisi kerja 1 dan posisi kerja 2. *Double solenoid* (solenoid ganda) erdapat dua solenoid yang mengendalikan perpindahan katup. Satu solenoid menggerakkan katup ke posisi kerja 1, dan solenoid lainnya menggerakkan ke posisi kerja 2. Posisi tengah biasanya didapatkan ketika kedua solenoid tidak aktif. Untuk katup 3/2 *Single Solenoid* memiliki 3 *port* dan 2 posisi yang dikendalikan oleh satu solenoid, ini digunakan untuk *gripper*.

Untuk uji coba dilakukan dengan menjalani program yang sudah dibuat dan dimasukkan pada PLC dan melihat hasilnya pada kinerja mesin apakah program tersebut berjalan dengan baik. Tujuan yang diinginkan adalah dapat memindahkan benda dengan *gripper* dan dapat memindahkan benda tersebut dengan efisien dan juga presisi yang baik. Pada uji coba dilakukan perubahan variabel-variabel seperti kecepatan yang diinginkan pada *rodless cylinder* sumbu x dan waktu yang dibutuhkan dari posisi awal sampai akhir. Dilihat juga untuk benda yang dipegang apakah sudah stabil atau tidak dan juga perlu diperhatikan getaran pada mesin secara keseluruhan.



Gambar 6. Gambar Desain Mesin *Pick and Place*



Gambar 7. Tampak Samping (Kiri) dan Tampak Depan (Kanan) Mesin *Pick and Place*

Mesin ini memiliki cara kerja yang cukup sederhana yaitu sebagai berikut :

1. Tombol *start* ditekan dan sensor *capacitive* pada meja mendeteksi benda, maka *rodless cylinder* sumbu x menggerakkan *rodless cylinder* sumbu z ke arah benda tersebut.
2. Jika *rodless cylinder* sumbu x sudah ditempat benda, *rodless cylinder* sumbu z turun mendekati benda dan kontak dengan *gripper*.
3. Pada *gripper* terdapat *limit switch* dan juga sensor *capacitive* untuk mengetahui apakah benda sudah di pegang oleh *gripper* atau belum.
4. Jika sudah *rodless cylinder* sumbu z naik dan *rodless cylinder* sumbu x memindahkan benda ke arah tempat tujuan, yang lalu *rodless cylinder* sumbu z menurunkan benda dan *gripper* melepas benda.
5. Setelah melepas benda, mesin kembali ke posisi awal.
6. Selesai.

Berikut adalah daftar *input* dan *output* dengan alamatnya yang digunakan dalam pembuatan *ladder diagram* pada WPLSOFT:

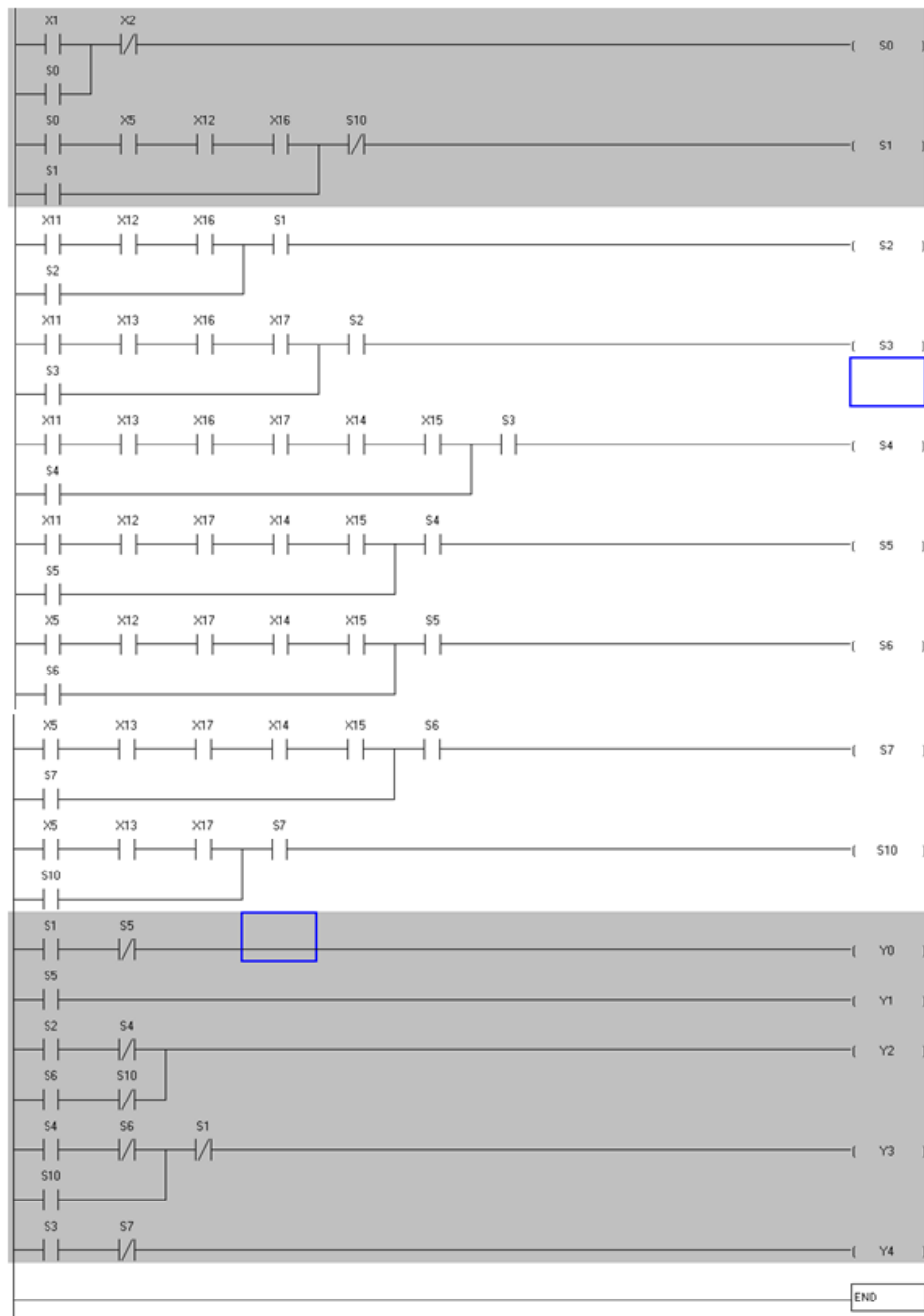
Tabel 1. *Input* dan Alamat Yang Dipakai

No	<i>Input</i>	Alamat
1	<i>Emergency Stop</i>	X0
2	<i>Start</i>	X1
3	<i>Stop</i>	X2
4	<i>Auto/Manual</i>	X3
5	<i>Reset</i>	X4
6	<i>Proximity Sensor X 1</i>	X5
7	<i>Proximity Sensor X 2</i>	X6
8	<i>Proximity Sensor X 3</i>	X7
9	<i>Proximity Sensor X 4</i>	X10
10	<i>Proximity Sensor X 4</i>	X11
11	<i>Proximity Sensor Z 1</i>	X12
12	<i>Proximity Sensor Z 2</i>	X13
13	<i>Limit Switch 1</i>	X14
14	<i>Limit Switch 2</i>	X15
15	<i>Capacitive Sensor 1</i>	X16
16	<i>Capacitive Sensor 2</i>	X17
17	<i>Sensor Gripper 1</i>	X20
18	<i>Sensor Gripper 2</i>	X21

Tabel 2. *Output* dan Alamat Yang Dipakai

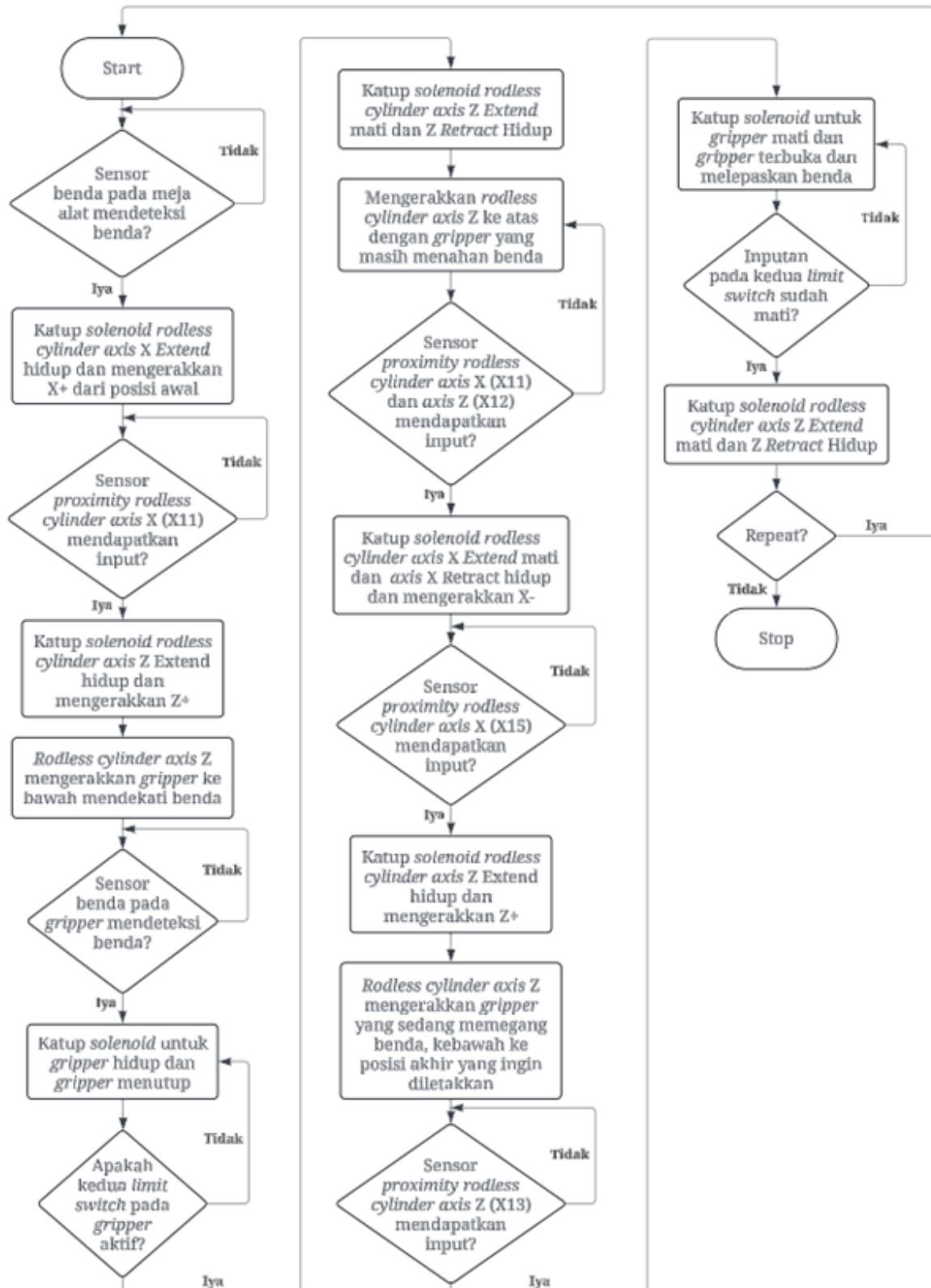
No	Output	Alamat
1	Solenoid (X Axis Extend)	Y0
2	Solenoid (X Axis Extend)	Y1
3	Solenoid (Z Axis Extend)	Y2
4	Solenoid (Z Axis Extend)	Y3
5	Solenoid (Gripper)	Y4

Berikut adalah *ladder diagram* dari penulis yang dibuat dalam *software* WPLSOFT, yang dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah:



Gambar 8. *Ladder Diagram* Mesin

Dari gambar diatas bisa dilihat pada tiap *rung* memiliki *input* dan *output* yang berbeda, semua memiliki tugas masing-masing. Berikut adalah penjelasan pada tiap *rung* yang dapat disimpulkan melalui diagram alir dibawah.



Gambar 9. Flow Chart Cara Kerja Mesin

Dari *flow chart* diatas telah dibuat pemrogramannya melalui *software* WPLSoft dengan bahasa pemrograman *ladder diagram*. Selain untuk memprogram, WPLSoft juga digunakan untuk melakukan simulasi dan *monitoring* pada kinerja program yang dibuat untuk menguji coba.

4. KESIMPULAN

Dari makalah diatas dapat disimpulkan bahwa kecepatan pemindahan barang pada mesin *pick and place* secara langsung memengaruhi efisiensi produksi. Semakin cepat mesin dapat mengambil dan menempatkan barang, semakin tinggi produksi yang dapat dicapai dalam periode waktu tertentu. Kecepatan *pick and place* juga mempengaruhi waktu siklus keseluruhan proses. Semakin cepat barang dapat dipindahkan, semakin singkat waktu siklusnya, yang berarti lebih banyak barang yang dapat diproses dalam waktu yang sama. Meskipun kecepatan penting, akurasi juga harus dipertimbangkan. Pada kecepatan yang sangat tinggi, ada kemungkinan kesalahan penempatan atau kerusakan barang ataupun terjadinya penumpahan pada barang. Oleh karena itu, meningkatkan kecepatan harus seimbang dengan mempertahankan tingkat akurasi yang tinggi supaya dapat mencapai hasil yang optimal.

Untuk rekomendasinya, sebelum meningkatkan kecepatan pemindahan, lakukan uji coba terhadap mesin *pick and place* untuk mengevaluasi batas kemampuan dan stabilitasnya pada kecepatan yang lebih tinggi. Pastikan bahwa desain mekanis dari mesin *pick and place* sudah dioptimalkan untuk menangani kecepatan yang lebih tinggi. Hal ini termasuk penggunaan komponen yang tahan terhadap kecepatan tinggi, serta pemilihan *material* yang sesuai. Tingkatkan sistem kontrol dan sensor untuk memastikan akurasi yang tinggi pada kecepatan yang lebih tinggi. Ini mungkin melibatkan penggunaan sensor yang lebih canggih atau peningkatan dalam algoritma kontrol.

REFERENSI

- Anjankar, S. (2018). Pick and Place Automation Machine Using PLC and Ladder Programming. *Helix*, 8(6), 4400–4408. <https://doi.org/10.29042/2018-4400-4408>
- Dutt, K. (2013). Analytical Description of Pneumatic System. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(9), 1443–1453. <http://www.ijser.org>
- Kristiawan, T. A., Abidin, Z., Laksono, P. S., & Nugroho, W. I. (2021). Rancang Bangun Mesin Pemasang Snap Ring untuk Mengurangi Cycle Time pada Assembling Transmission FF di PT. AWI. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.32497/jrm.v16i1.2493>
- Haq, R. I., Lubej, M., & Briand, D. (2022). Design and printing of a coplanar capacitive proximity sensor to detect the gap between dielectric foils edges. *Sensors and Actuators A: Physical*, 337(September 2021), 113424. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2022.113424>
- Ejeian, F., Azadi, S., Razmjou, A., Orooji, Y., Kottapalli, A., Ebrahimi Warkiani, M., & Asadnia, M. (2019). Design and applications of MEMS flow sensors: A review. In *Sensors and Actuators, A: Physical* (Vol. 295). <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.06.020>
- Sukoco, M. H., Wibisono, G., & Nugroho, K. (2021). Implementasi Komunikasi Data Menggunakan Sistem PLC (Power Line Communication). *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 22(1). <https://doi.org/10.30595/techno.v22i1.7573>
- Khaleel, S. S., Salloom, M. Y., & Mohammed, A. Z. (2020). Comparison Sequences of Pick and Place System Controlled Using PLC. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, 23(4). <https://doi.org/10.29194/njes.23040397>
- Wardhana, F., Pradana, S., & Karim, K. (2021). Pemrograman Sistem Arduino Nano dan Arduino Mega Menggunakan Ladder Logic. *PoliGrid*, 2(2). <https://doi.org/10.46964/poligrd.v2i2.704>

Halaman ini sengaja dikosongkan