

PERANCANGAN SISTEM OTOMATISASI PENYIMPANAN BARANG BERBASIS KLASIFIKASI RFID PADA ROBOT *PICK AND PLACE* MENGGUNAKAN *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) OMRON CPM1A*

Muhammad Harisuddin Hanif^{*)}, Aris Triwiyatno, and Munawar Agus Riyadi

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: harisuddin.hanif@gmail.com

Abstrak

Proses otomatisasi di dunia industri saat ini telah berkembang sangat pesat dan bahkan menjadi parameter pertumbuhan teknologi. Sistem otomatisasi dirancang untuk meminimalkan resiko kecelakaan kerja, kesalahan interpretasi dari operator dan utamanya meningkatkan kecepatan produksi. Salah satu langkah yang dilakukan dalam kaitannya dengan proses otomatisasi adalah mengganti tenaga manusia dengan robot terkontrol. Pada Penelitian ini dirancang suatu sistem otomatisasi penyimpanan barang sesuai klasifikasinya pada robot *pick and place*. Pengklasifikasian barang berdasarkan pada hasil pembacaan *Radio Frequency Identification (RFID)* yang telah ditanamkan pada masing-masing barang. Sistem otomatisasi menggunakan STM32VLDISCOVERY untuk pembacaan RFID yang kemudian mengirimkan sinyal ke *Programmable Logic Controller (PLC) OMRON CPM1A* sebagai controller utama kerja sistem. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dapat memindahkan barang ke ruang penyimpanan berdasarkan klasifikasi masing-masing barang. Sistem otomatisasi bekerja berdasarkan program yang sudah ditanamkan pada PLC dan dapat menyimpan barang sesuai klasifikasi baik tanpa menggunakan sistem antrian, menggunakan sistem 1 antrian, dan menggunakan sistem 2 antrian.

Kata kunci: sistem otomatisasi, pick and place, RFID, PLC

Abstract

Process automation industries today has grown very rapidly and become technological growth parameters. Automation systems are designed to minimize the risk of workplace accidents, misinterpretation of the main operators and increase the speed of production. One of the steps taken in relation to the process automation is replacing human labor with robots controlled. This research designed an automation system storage on a pick and place robot according to object classification. The classification is based on Radio Frequency Identification (RFID) which had been implanted in each item. This automation system identifies RFID using STM32VLDISCOVERY which then sends a signal to the Programmable Logic Controller (PLC) OMRON CPM1A as the main controller. Based on test results, the system successfully moves items into the storage based on the classification of each item. Automation system works based on program in the PLC and can store items according to their classification without using the queuing system, using 1 queuing system, and using 2 queuing system.

Keywords: automation systems, pick and place, RFID, PLC

1. Pendahuluan

Proses otomatisasi di dunia industri saat ini telah berkembang sangat pesat dan bahkan menjadi parameter pertumbuhan teknologi, utamanya di bidang robotik. Permintaan akan sistem yang tepat, dapat bekerja secara terus menerus, dan mampu untuk menangani permasalahan yang kompleks menjadi tuntutan utama. Sistem otomatisasi yang dirancang untuk menggantikan kerja manusia secara fisik merupakan fokus dari suatu

industri dalam kaitannya untuk meminimalkan resiko kecelakaan kerja, kesalahan interpretasi dari operator dan utamanya meningkatkan kecepatan produksi [1].

Langkah yang dapat dilakukan untuk meminimalkan terjadinya *human error* dalam kaitannya dengan otomatisasi adalah melakukan substitusi tenaga manusia menjadi tenaga mesin (robot) yang terkontrol. Dalam pertimbangan manajemen efisiensi suatu perusahaan, dihitung perbandingan keuntungan dalam jangka panjang

apabila suatu proses yang biasa dilakukan oleh operator dapat digantikan oleh otomatisasi robot. Tapi keuntungan ini diimbangi dengan kerugian fleksibilitas. Fleksibilitas diperlukan agar perusahaan cepat bereaksi terhadap situasi pasar baru dan permintaan pelanggan yang berbeda-beda setiap saat [2].

Pada kegiatan produksi di industri, permasalahan yang umumnya ditemui adalah proses dalam klasifikasi barang masih dilakukan secara manual dengan tenaga operator. Klasifikasi ini merupakan proses yang penting untuk membagi barang-barang sesuai dengan kategori tertentu sesuai dengan kebutuhan produksi. Beberapa masalah yang muncul pada proses ini adalah keakuratan klasifikasi, kecepatan dalam klasifikasi barang, dan kurangnya efisiensi lokasi karena bongkar muat berada di tempat berbeda [3].

Implementasi robot yang paling sesuai untuk menangani permasalahan tersebut adalah Robot Manipulator. *Robotic Industries Association* (RIA) mendefinisikan robot sebagai manipulator yang didesain untuk memindahkan material, benda, alat, atau peralatan tertentu lewat pergerakan yang terprogram untuk melakukan berbagai macam tugas [4]. Salah satu Robot Manipulator yang efisien adalah robot dengan mekanisme *Pick and Place*.

Beberapa mekanisme *Pick and Place* yang pernah digunakan dalam penelitian sebelumnya adalah “Sistem Pengepakan Barang Berbasis Mikrokontroler” [5] dimana sistem ini menggunakan mikrokontroler Atmega 8535 untuk otomatisasi pengepakan, dan pensortiran berbasis sensor warna TCS 3200. Selain itu penelitian lain adalah “*Pick and Place Robot*” [6] yang menggunakan pengontrol berbasis PLC untuk bongkar muat botol, dan penelitian “*Automated Library System Using Robotic Arm*” [7] dimana robot digunakan untuk otomatisasi pengambilan buku di perpustakaan menggunakan identifikasi RFID dan mikrokontroler ATmega16.

Robot *Pick and Place* yang akan didesain, menggunakan sistem pergerakan searah sumbu X untuk gerakan utama dengan *Linear Actuator* pertama, gerakan searah sumbu Y dengan *Linear Actuator* kedua, dan gerakan searah sumbu Z dengan *Linear Actuator* ketiga. Penggerak *Linear Actuator* menggunakan motor DC. Pengambilan dan peletakan barang yang akan dipindahkan (*pick and place mechanism*) dilakukan dengan *Vacuum Generator* yang dipasangkan di tangan robot searah sumbu Z. Terdapat 4 posisi pergerakan searah sumbu X sepanjang *Linear Actuator* pertama, 3 posisi pergerakan searah sumbu Y sepanjang *Linear Actuator* kedua, dan 2 posisi pergerakan searah sumbu Z sepanjang *Linear Actuator* ketiga. Pengidentifikasi posisi-posisi tersebut menggunakan sensor, yaitu sensor *Photodiode-LED* dan sensor *limit switch*. Benda diklasifikasikan berdasarkan hasil pembacaan RFID (*Radio Frequency Identification*) menggunakan *Microcontroller STM32VLDISCOVERY*.

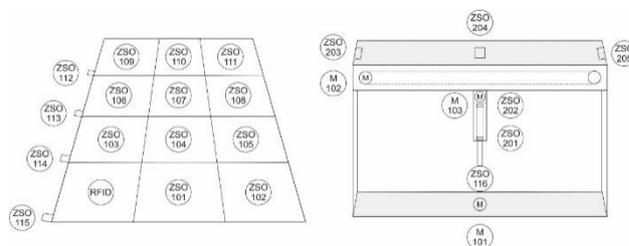
Dari hasil pembacaan tersebut, *microcontroller* akan mengirimkan sinyal ke *Programmable Logic Controller* (PLC) OMRON CPM1A sebagai *controller* utama pergerakan robot. Benda yang telah dikenali berdasarkan klasifikasinya kemudian dipindahkan untuk disimpan dalam ruang penyimpanan yang sudah disiapkan untuk masing-masing kategori benda.

2. Metode

Perancangan otomatisasi klasifikasi barang berbasis RFID pada Robot *Pick and Place* dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras yaitu perancangan bangun konstruksi Robot *Pick and Place*, sedangkan perancangan perangkat lunak yaitu perancangan sistem menggunakan PLC OMRON CPM1A.

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan hardware pada robot *Pick and Place* ini terdiri dari 2 blok besar yaitu blok mekanik dan blok elektrik. Blok mekanik terdiri dari bentuk fisik dari robot itu sendiri yang berupa kerangka besi dan aluminium dengan dimensi keseluruhan panjang 740 mm, lebar 690 mm, dan tinggi 890 mm. Blok elektrik terdiri dari komponen-komponen elektronik penunjang kerja sistem.



Gambar 1. P&ID robot *Pick and Place*

2.1.1. Perancangan P&ID Robot *Pick and Place*

Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) dari robot *Pick and Place* pada Penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 sedangkan keterangan instrumen yang digunakan dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterangan instrumen robot *Pick and Place*

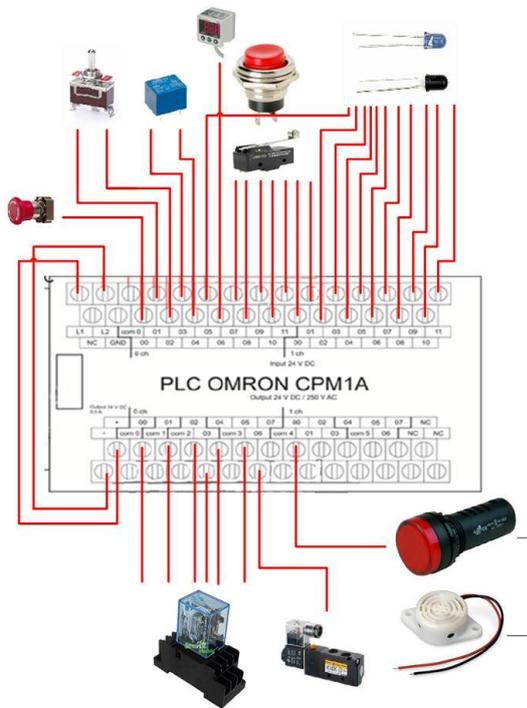
TAG ID	KETERANGAN
ZSO 101 – ZSO 111	Sensor PD-LED Base
ZSO 112 – ZSO 115	Sensor PD-LED Posisi Motor X
ZSO 116	Sensor PD-LED Vacuum Suction
ZSO 201 – ZSO 205	Sensor Limit Switch Posisi Motor Y & Z
M 101 – M 103	Keluaran Motor X, Y, dan Z

Base pada robot *Pick and Place* dibagi menjadi 12 bagian. 3 ruang di kolom pertama merupakan Base awal dimana

Base 0.0 sebagai Home Position tempat pembacaan RFID pasif. Base 0.1 dan Base 0.2 merupakan ruang antrian sebelum barang masuk ke dalam sistem penyimpanan. 3 ruang di kolom kedua merupakan Base 1.0, Base 1.1, dan Base 1.2 sebagai ruang penyimpanan untuk barang kategori 1. 3 ruang di kolom ketiga yaitu Base 2.0, Base 2.1, dan Base 2.2 sebagai ruang penyimpanan untuk barang kategori 2. 3 ruang di kolom keempat tidak digunakan dalam perancangan sistem otomatisasi penyimpanan barang ini karena keterbatasan masukan pada PLC.

2.1.2. Perancangan Sistem Kontrol PLC

Gambar 2 menjelaskan secara lengkap skema pengkabelan yang digunakan pada Penelitian ini, baik pada masukan maupun pada keluaran PLC.



Gambar 2. Skematik rangkaian masukan dan keluaran PLC

Pada bagian masukan PLC digunakan power supply 24 V DC dimana port com 0 masukan PLC dihubungkan ke kutub (+) kemudian kutub (-) dihubungkan ke masing-masing komponen masukan yang digunakan, hubungan seperti ini sering disebut dengan istilah *sourcing* yaitu PLC bersifat memberikan sejumlah arus kepada piranti luar. Selanjutnya, komponen masukan tersebut dihubungkan ke *channel* masukan PLC sehingga akan memberikan logika *high* atau *low* pada masukan PLC. Pada bagian keluaran PLC, semua port com keluaran dihubungkan dengan kutub (-) power supply 24 V DC. Pada bagian keluaran sistem koneksinya menggunakan hubungan tipe *sinking*, artinya PLC bersifat menarik atau

menyedot sejumlah arus dari piranti luar. Untuk Power supply yang digunakan adalah power supply 24 V DC yang didapat dari PLC itu sendiri, power supply tersebut digunakan pada bagian masukan dan pada bagian keluaran PLC. Tabel 2 merupakan alokasi pengalaman masukan sedangkan Tabel 3 merupakan alokasi pengalaman keluaran pada PLC OMRON CPM1A.

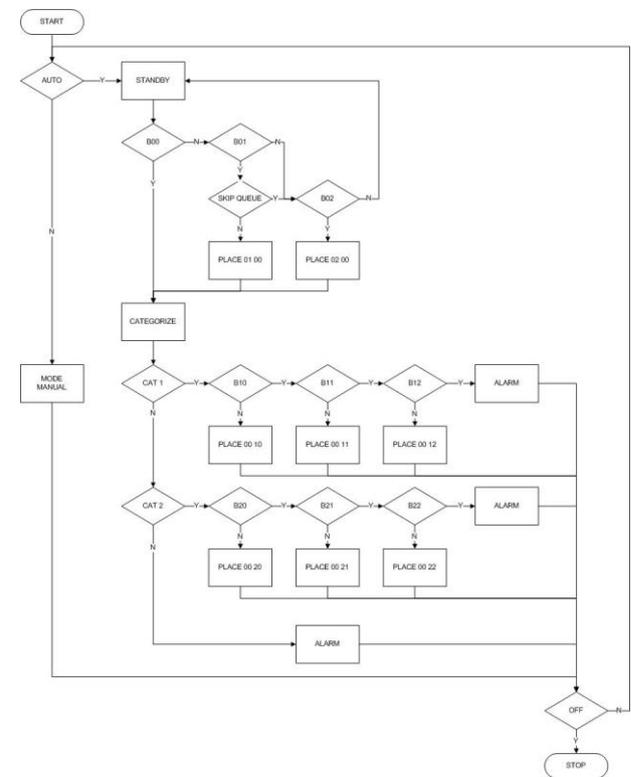
Tabel 2. Keterangan instrumen robot Pick and Place

MASUKAN	ALAMAT	MASUKAN	ALAMAT
Emergency Stop	00.00	Motor Y Limit 1	01.00
Automatic Switch	00.01	Motor Y Limit 2	01.01
Manual Switch	00.02	Motor Z Limit Top	01.02
Category Switch 0	00.03	Motor Z Limit Bot	01.03
Category Switch 1	00.04	PD-LED Base 0.1	01.04
PD-LED Vacuum	00.05	PD-LED Base 0.2	01.05
Vacuum Pressure	00.06	PD-LED Base 1.0	01.06
Motor X Limit 0	00.07	PD-LED Base 1.1	01.07
Motor X Limit 1	00.08	PD-LED Base 1.2	01.09
Motor X Limit 2	00.09	PD-LED Base 1.0	01.08
Motor X Limit 3	00.10	PD-LED Base 1.1	01.10
Motor Y Limit 0	00.11	PD-LED Base 1.2	01.11

Tabel 3. Keterangan instrumen robot Pick and Place

KELUARAN	ALAMAT	KELUARAN	ALAMAT
Motor X Reverse	10.00	Motor Z Reverse	10.04
Motor X Forward	10.01	Motor Z Forward	10.05
Motor Y Reverse	10.02	Vacuum	10.06
Motor Y Forward	10.03	Alarm	11.00

2.2. Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 3. Flowchart perancangan otomatisasi klasifikasi barang

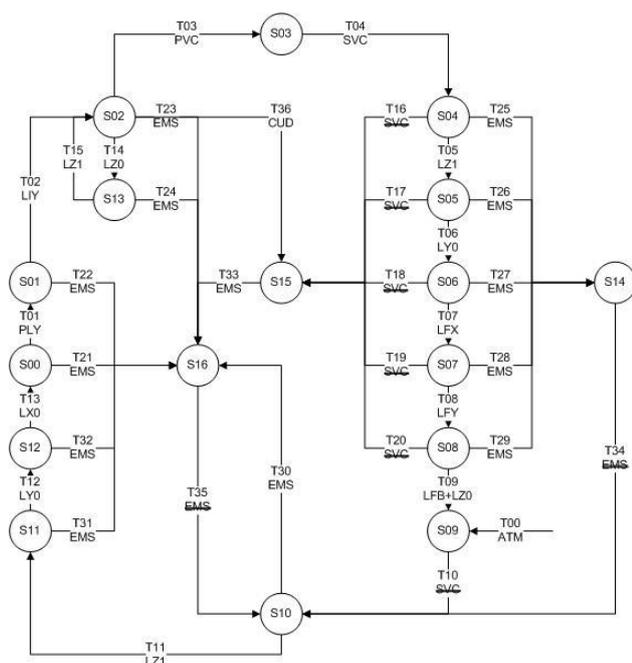
Perancangan otomatisasi pada robot *pick and place* ini adalah otomatisasi pemindahan barang dari ruang

pembacaan klasifikasi ke ruang penyimpanan barang. *Flowchart* perancangan otomatisasi klasifikasi barang dapat dilihat pada Gambar 3.

Proses otomatisasi klasifikasi barang dimulai dengan menempatkan barang yang akan diklasifikasikan di *Home Position*. Proses klasifikasi barang ini dilakukan oleh *device* STM32VLDISCOVERY dengan menggunakan *RFID reader*. *Device* kemudian mengirim sinyal ke PLC sesuai hasil klasifikasi yang telah dilakukan. PLC akan menjalankan sistem instruksi yang sudah diprogram sebelumnya untuk memindahkan barang ke tempat penyimpanan yang sudah disediakan sesuai hasil klasifikasinya.

Pada perancangan perangkat lunak ini digunakan *software* CX-Programmer Ver. 9 untuk membuat dan menanamkan program pada PLC OMRON CPM1A.

2.2.1. Pemrograman PLC Mode Otomatis



Gambar 4. Statechart mode otomatis robot Pick and Place

Dalam mode kendali otomatis, robot akan bekerja sendiri sesuai program yang sudah ditanamkan tanpa perlu dikendalikan oleh operator. Operator bertugas mengawasi jalannya sistem apakah sudah sesuai dengan program yang ditanamkan. Operator juga bertugas untuk mengkondisikan ulang sistem ketika terjadi kesalahan. Alur *state* pada perancangan sistem mode otomatis dapat dilihat pada Gambar 4.

Mode otomatis dimulai dengan mengaktifkan *toggle* mode otomatis (ATM) sistem akan menuju kondisi *standby* dimana *vacuum suction* mati (SVC), Motor Z berada di posisi atas (LZT), Motor Y berada di posisi 0

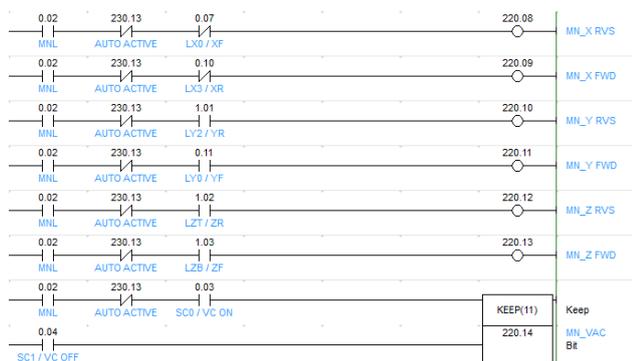
(LY0), Motor X berada diposisi 0 (LX0). Sistem akan tetap berada pada kondisi *standby* hingga sistem mendapat perintah untuk menjalankan sistem (PLY). Sistem akan menuju ruang tempat barang masuk proses *pick* dimana Motor Y berada di posisi LIY. *Vacuum suction* aktif ketika Motor Z bergerak turun dan sensor Photodiode-LED mendeteksi adanya barang (PVC). Terdapat pengaman untuk sistem *vacuum suction* dimana sistem tidak akan melanjutkan ke proses selanjutnya sebelum *pressure sensor* aktif (SVC). Setelah barang terkunci sempurna pada *vacuum suction* dan Motor X kembali ke posisi LZT, sistem akan menuju tempat barang masuk proses *place* dimana Motor X berada pada posisi LFX dan Motor Y berada pada posisi LFY. Motor Z menurunkan barang sampai *Base* tempat penyimpanan mendeteksi adanya barang (LFB). Proses *pick and place* selesai ketika barang sudah berada di ruang penyimpanan dan ketiga motor kembali ke posisi *standby*. Terdapat 17 state dengan nilai keluaran berbeda untuk masing-masing state. Nilai keluaran pada masing masing state dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kondisi keluaran pada masing masing state

STATE	KONDISI OUTPUT				
	MTR X	MTR Y	MTR Z	VACUUM	ALARM
S00	Mati	Mati	Mati	Mati	Mati
S01	Mati	Forward	Mati	Mati	Mati
S02	Mati	Mati	Reverse	Mati	Mati
S03	Mati	Mati	Mati	Aktif	Mati
S04	Mati	Mati	Forward	Aktif	Mati
S05	Mati	Reverse	Mati	Aktif	Mati
S06	Forward	Mati	Mati	Aktif	Mati
S07	Mati	Forward	Mati	Aktif	Mati
S08	Mati	Mati	Reverse	Aktif	Mati
S09	Mati	Mati	Mati	Mati	Mati
S10	Mati	Mati	Forward	Mati	Mati
S11	Mati	Reverse	Mati	Mati	Mati
S12	Reverse	Mati	Mati	Mati	Mati
S13	Mati	Mati	Forward	Mati	Mati
S14	Mati	Mati	Mati	Aktif	Aktif
S15	Mati	Mati	Mati	Mati	Aktif
S16	Mati	Mati	Mati	Mati	Aktif

2.2.2. Pemrograman PLC Mode Manual

Dalam mode kendali manual, gerakan robot sepenuhnya berada dalam kendali operator. Operator dapat mengendalikan gerakan robot secara langsung menggunakan *button* yang sudah disediakan di *control panel* maupun secara *remote* melalui HMI (*Human Machine Interface*). Idealnya sistem untuk mode kendali otomatis dan manual menggunakan masukan yang berbeda untuk mengurangi kesalahan sistem. Namun karena keterbatasan masukan pada PLC CPM1A, pada perancangan pemrograman mode kendali manual menggunakan masukan yang sama dengan mode kendali otomatis. Untuk menghindari kesalahan sistem, dirancang program pengaman yang dapat membedakan masukan untuk mode otomatis dan masukan mode manual.



Gambar 5. Pemrograman mode manual

Dari Gambar 5 terlihat bahwa semua masukan untuk mode manual akan diproses ketika switch mode berada pada posisi manual dan kondisi sudah tidak berada dalam state pada mode otomatis. Motor X bergerak secara forward ketika ada masukan Motor X Forward (LX0 saat mode otomatis) dan bergerak secara reverse ketika ada masukan Motor X Reverse (LX3 saat mode otomatis).

Motor Y bergerak secara forward ketika ada masukan Motor Y Forward (LY0 saat mode otomatis) dan bergerak secara reverse ketika ada masukan Motor Y Reverse (LY2 saat mode otomatis). Motor Z bergerak secara forward ketika ada masukan Motor Z Forward (LZ0 saat mode otomatis) dan bergerak secara reverse ketika ada masukan Motor Z Reverse (LZT saat mode otomatis). Vacuum Generator aktif ketika terdapat masukan Vacuum On (SC0 saat mode otomatis) dan kembali standby ketika terdapat masukan Vacuum Off (SC1 saat mode otomatis).

2.2.3. Perancangan Alarm

Pada perancangan robot pick and place ini terdapat 3 macam alarm. Secara umum perancangan alarm dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Cause and Effect Diagram perancangan alarm

No	Alarm	Penyebab	Solusi
1	Classification	CAT X di Home Position	Home Position dikosongkan
2	Storage	Ruang penyimpanan penuh	Ruang penyimpanan dikosongkan
3	State 14	Kondisi berpotensi merusak kerja plant	Pasang penahan barang Operator kerja manual
4	State 15	Tekanan vacuum kurang Barang tidak terdeteksi	Periksa compressor Periksa sensor dan posisi barang
5	State 16	Kondisi berpotensi merusak kerja plant	Reset tombol Emergency Stop

Alarm pertama adalah Classification Alarm. Alarm ini akan aktif ketika terdeteksi barang tidak berkategori

(CAT X) di Home Position. Alarm kedua adalah Storage Alarm, alarm ini akan aktif ketika terdeteksi barang di Home Position namun ruang penyimpanan untuk kategori tersebut sudah penuh. Storage Alarm aktif ketika terdeteksi barang kategori 1 pada Home Position namun Base 1.0, Base 1.1, dan Base 1.2 sudah terisi. Storage Alarm juga akan aktif ketika terdeteksi barang kategori 2 pada Home Position namun Base 2.0, Base 2.1, dan Base 2.2 sudah terisi. Alarm ketiga adalah State Alarm dimana alarm aktif saat sistem otomatis berada di state yang sudah disiapkan untuk mengantisipasi kesalahan ketika sistem berjalan.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Otomatisasi Klasifikasi Barang Tanpa Sistem Antrian

Tabel 6 menunjukkan urutan kondisi barang mulai dari awal masuk sistem sampai proses akhir sistem untuk pengujian tanpa sistem antrian.

Tabel 6. Kondisi Barang kategori 1 tanpa sistem antrian

No	Kondisi Barang	Proses yang Terjadi
1	Barang diletakkan di Home Position	Device mengklasifikasikan benda dengan membaca tag RFID
2	Barang terdeteksi kategori 1	Device mengirim sinyal ke PLC barang terdeteksi merupakan kategori 1
3	Barang siap dipindah ke ruang penyimpanan	PLC menentukan ruang penyimpanan deteksi barang pada masing masing ruang penyimpanan
4	Barang dalam proses pemindahan	Sistem memindahkan barang dari Home Position ke ruang penyimpanan yang masih kosong
5	Barang sudah berada dalam ruang penyimpanan	Sistem kembali ke keadaan standby sampai terdeteksi barang di Home Position

Dari sistem di atas dilakukan pengujian barang kategori 1 sebanyak 4 kali pengujian sehingga didapat data seperti dijelaskan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian klasifikasi barang kategori 1 tanpa sistem antrian

No	Awal Barang	Pembacaan	Kerja sistem	Akhir Barang
1	Home Position	Kategori 1	PLC_00_10	Base 1.0
2	Home Position	Kategori 1	PLC_00_11	Base 1.1
3	Home Position	Kategori 1	PLC_00_12	Base 1.2
4	Home Position	Kategori 1	Alarm Aktif	Home Position

Pada pengujian pertama semua ruang penyimpanan untuk barang kategori 1 masih kosong sehingga sistem mengaktifkan instruksi untuk memindahkan barang dari Home Position ke Base 1.0. Pengujian kedua dan ketiga masih terdapat ruang penyimpanan kosong sehingga sistem mengaktifkan instruksi memindahkan barang ke Base 1.1 dan Base 1.2. Pada pengujian keempat, semua ruang penyimpanan untuk barang kategori 1 sudah terisi sehingga sistem mengaktifkan Alarm.

3.2. Pengujian Otomatisasi Klasifikasi Barang Dengan Sistem 1 Antrian

Tabel 8 menunjukkan urutan kondisi barang mulai dari awal masuk sistem sampai proses akhir sistem untuk pengujian barang kategori 2 dengan sistem satu antrian.

Tabel 8. Kondisi Barang kategori 2 dengan sistem 1 antrian

No	Kondisi	Proses yang Terjadi
1	Barang diletakkan di antrian pertama atau antrian kedua	Sistem mendeteksi ada barang di antrian pertama. Kemudian barang dipindah ke <i>Home Position</i>
2	Barang selanjutnya diletakkan di antrian. Barang berada di <i>Home Position</i>	<i>Device</i> mengklasifikasikan benda dengan membaca tag RFID
3	Barang terdeteksi kategori 2	<i>Device</i> mengirim sinyal ke PLC bahwa barang terdeteksi merupakan kategori 2
4	Barang siap dipindah ke ruang penyimpanan	PLC menentukan ruang penyimpanan deteksi barang pada masing masing ruang penyimpanan
5	Barang dalam proses pemindahan	Sistem memindahkan barang dari <i>Home Position</i> ke ruang penyimpanan yang masih kosong
6	Barang sudah berada dalam ruang penyimpanan	Sistem kembali ke keadaan <i>standby</i> dan mengulangi proses untuk barang antrian selanjutnya.

Dari sistem di atas dilakukan pengujian barang kategori 2 sebanyak 4 kali pengujian sehingga didapat data seperti dijelaskan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian klasifikasi barang kategori 2 dengan sistem 1 antrian

No	Awal Barang	Pembacaan	Kerja Sistem	Akhir Barang
1	<i>Base 0.2</i>	-	PLC_02_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 2	PLC_00_20	<i>Base 2.0</i>
2	<i>Base 0.2</i>	-	PLC_02_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 2	PLC_00_21	<i>Base 2.1</i>
3	<i>Base 0.2</i>	-	PLC_02_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 2	PLC_00_22	<i>Base 2.2</i>
4	<i>Base 0.2</i>	-	PLC_02_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 2	Alarm Aktif	<i>Home Position</i>

Pada pengujian pertama barang diletakkan di *Base 0.1*. Sistem mendeteksi ada barang di antrian pertama, sehingga sistem mengaktifkan instruksi untuk memindahkan barang dari *Base 0.1* ke *Home Position*. Barang terdeteksi merupakan barang kategori 2 sehingga sistem mengecek ruang penyimpanan untuk barang kategori 2. Semua ruang penyimpanan untuk barang kategori 2 masih kosong sehingga sistem mengaktifkan instruksi untuk memindahkan barang dari *Home Position* ke *Base 2.0*. Sistem kembali ke keadaan *standby* sebelum melanjutkan proses untuk pengujian selanjutnya. Pengujian kedua dan ketiga sama seperti pengujian pertama. Barang dari antrian pertama dipindah ke *Home Position*. Sistem mendeteksi adanya barang kategori 2 di *Home Position* dan masih terdapat ruang penyimpanan kosong sehingga sistem mengaktifkan instruksi memindahkan barang ke *Base 2.1* dan *Base 2.2* secara

berurutan. Sistem kembali ke keadaan *standby* sebelum melanjutkan proses untuk pengujian selanjutnya. Pada pengujian keempat setelah barang dipindah ke *Home Position* sistem mendeteksi semua ruang penyimpanan untuk barang kategori 2 sudah terisi sehingga sistem mengaktifkan Alarm. Alarm akan aktif sampai operator *acknowledge* Alarm dengan mereset tombol *emergency switch* pada *panel button*.

3.3. Pengujian Otomatisasi Klasifikasi Barang Dengan Sistem 2 Antrian

Pengujian sistem secara keseluruhan menggunakan semua kategori barang. Barang klasifikasi menggunakan barang uji yang sudah ditentukan dengan variasi pengujian sebanyak 10 kali dengan rincian 4 barang kategori 1, 4 barang kategori 2 dan 2 barang tidak berkategori. Dari sistem tersebut dilakukan pengujian barang untuk semua kategori dengan sistem tanpa antrian, satu antrian, serta dua antrian sebanyak 10 kali pengujian sehingga didapat data seperti dijelaskan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil pengujian klasifikasi barang semua kategori dengan sistem 2 antrian

No	Awal Barang	Pembacaan	Kerja Sistem	Akhir Barang
1	<i>Home Position</i>	Kategori 2	PLC_00_20	<i>Base 2.0</i>
2	<i>Base 0.2</i>	-	PLC_02_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 2	PLC_00_21	<i>Base 2.1</i>
3	<i>Base 0.1</i>	-	PLC_01_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori X	Alarm Aktif	<i>Home position</i>
4	<i>Base 0.1</i>	-	PLC_01_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 1	PLC_00_10	<i>Base 1.0</i>
5	<i>Base 0.1</i>	-	PLC_01_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 1	PLC_00_11	<i>Base 1.1</i>
6	<i>Base 0.2</i>	-	PLC_02_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori X	Alarm Aktif	<i>Home Position</i>
7	<i>Base 0.1</i>	-	PLC_01_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 2	PLC_00_22	<i>Base 2.2</i>
8	<i>Base 0.2</i>	-	PLC_02_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 1	PLC_00_21	<i>Base 1.2</i>
9	<i>Home Position</i>	Kategori 1	Alarm Aktif	<i>Home Position</i>
10	<i>Base 0.1</i>	-	PLC_02_00	<i>Home Position</i>
	<i>Home Position</i>	Kategori 2	Alarm Aktif	<i>Home Position</i>

Pengujian pertama menggunakan barang kategori 2 yang diletakkan di *Home Position* tanpa ada antrian. Barang terdeteksi merupakan barang kategori 2 sehingga sistem mengecek ruang penyimpanan untuk barang kategori 2. Semua ruang penyimpanan untuk barang kategori 2 masih kosong sehingga sistem mengaktifkan instruksi untuk memindahkan barang dari *Home Position* ke *Base 2.0*. Sistem kembali ke keadaan *standby* sebelum melanjutkan proses untuk pengujian selanjutnya. Pengujian kedua barang kategori 2 ditempatkan pada *Base 0.2*. Sistem memindahkan barang ke *Home Position* untuk kemudian dipindahkan lagi menuju ruang penyimpanan *Base 2.1*. Pada pengujian ketiga menggunakan barang tidak berkategori dan ditempatkan di antrian pertama. Sistem mendeteksi ada barang di antrian pertama, sehingga

sistem mengaktifkan instruksi untuk memindahkan barang dari *Base 0.1* ke *Home Position*. Hasil pembacaan dari *Device* mengirim sinyal ke sistem bahwa barang di *Home Position* bukan barang kategori 1 maupun 2, sehingga sistem mengaktifkan instruksi Alarm. Alarm akan aktif sampai operator *acknowledge* Alarm dengan mereset tombol *emergency switch* pada *panel button* kemudian sistem kembali ke posisi *standby*.

Pengujian keempat menggunakan barang kategori 1 dengan sistem satu antrian di *Base 0.1*. Barang dipindahkan ke *Home Position* kemudian dipindahkan ke ruang penyimpanan *Base 1.0*. Pengujian kelima sampai kedelapan menggunakan 4 barang dengan sistem dua antrian selama dua kali siklus. Barang dipindahkan ke ruang masing-masing sesuai klasifikasi. Pengujian kesembilan menggunakan barang kategori 1 dengan sistem tanpa antrian, barang diletakkan di *Home Position*. Sistem mengaktifkan instruksi Alarm karena ruang penyimpanan untuk barang kategori 1 sudah penuh. Pada pengujian kesepuluh barang kategori 2 ditempatkan di *Base 0.1*. Tidak terdeteksi adanya barang di *Home Position* sehingga sistem mengambil barang yang terdapat pada ruang antrian. Setelah barang terklasifikasi sistem kembali mengaktifkan instruksi Alarm karena terklasifikasi barang kategori 2 sedangkan semua ruang penyimpanan untuk barang kategori 2 sudah terisi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan maka didapatkan kesimpulan yaitu Sistem otomatisasi penyimpanan barang sesuai klasifikasi berbasis RFID yang dirancang sudah berhasil diterapkan pada perangkat keras robot *Pick and Place*. Sistem penyimpanan barang terdiri dari dua mode yaitu mode otomatis dan mode manual. Kedua mode dapat berjalan sesuai program yang telah ditanamkan. Pada mode otomatis, sistem dapat menyimpan barang sesuai klasifikasi baik tanpa menggunakan sistem antrian, menggunakan sistem 1 antrian, dan menggunakan sistem 2 antrian.

Referensi

- [1]. R. P. Ouellette, *Automation Impacts on Industry*. Ann Arbor Science, 1983.
- [2]. D. Upton, "What Really Makes Factories Flexible?," *Harv. Bus. Rev.*, vol. 73, pp. 74-84, 1995.
- [3]. H. Soesastro, *1966-1982 : Paruh Pertama Ekonomi Orde Baru*. Yogyakarta: Kanisius, 2005.
- [4]. W. Budiharto, *Robotika Modern - Teori dan Implementasi*. Yogyakarta: ANDI OFFSET, 2014.
- [5]. A. Priyono, "Sistem Pengepakan Barang Berbasis Mikrokontroler," Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2015.
- [6]. M. Hafizuddin and A. Sabri, "Pick and Place Robot," Melaka, 2008.
- [7]. V. M. Lande, S. S. Chauhan, and A. S. Kalbande, "Automated Library System Using Robotic Arm," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 923-926, 2015.
- [8]. C. V Doan, "Pick And Place Machine," 5,564,888, 1996.
- [9]. I. Setiawan, *Programmable Logic Control (PLC) dan Perancangan Sistem Kontrol*. Yogyakarta: ANDI OFFSET, 2005.
- [10]. A. G. Putra, *PLC Konsep, Pemrograman dan Aplikasi*. Gava Media.
- [11]. *CPMIA User Manual*. 2015.
- [12]. D. Harel, *The Science of Computing: Exploring the Nature and Power of Algorithms*. Addison-Wesley, 1989.
- [13]. H. Nugraha and B. Hermanto, "Aplikasi Metode Kontrol On Off Pada System Control Temperatur Tube Furnace Di Pusat Penelitian Metalurgi," in *Proceeding of the National Seminar on Physics 2013*, 2013, pp. 65-72.
- [14]. V. Gurevich, *Electric Relays: Principles and Applications*. London: CRC Press, 2005.
- [15]. W. Yeadon and A. Yeadon, *Handbook of Small Electric Motors*. McGraw Hill Professional, 2001.
- [16]. E. Permadi, *Antarmuka LED*. President University, 2005.
- [17]. G. Brooker, *Introduction to Sensors for Ranging and Imaging*. ScitTech Publishing, 2009.
- [18]. *LM358 Datasheet*. 2016.