



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR - VE180626

**PENGATURAN PERGERAKAN *ROBO-CYLINDER*
MENGUNAKAN PLC PADA MESIN AUTO TRANSFER
DENGAN METODE POSISI**

Parama Dicki Chandra
NRP. 10311600000039

Pembimbing
Imam Arifin, S.T., M.T.
Dr. Eng. Imam Wahyudi Farid, S.T., M.T.
Abu Hanifah, S.T

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

----Halaman ini sengaja dikosongkan----



PROYEK AKHIR - VE180626

**PENGATURAN PERGERAKAN *ROBO-CYLINDER*
MENGUNAKAN PLC PADA MESIN AUTO TRANSFER
DENGAN METODE POSISI**

Parama Dicki Chandra
NRP. 10311600000039

Pembimbing
Imam Arifin, S.T., M.T.
Dr. Eng. Imam Wahyudi Farid, S.T., M.T.
Abu Hanifah, S.T

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

----Halaman ini sengaja dikosongkan----



FINAL PROJECT - VE180626

MOVEMENT CONTROL OF ROBO-CYLINDER USING PLC ON AUTO TRANSFER MACHINE WITH POSITION METHOD

Parama Dicki Chandra
NRP. 10311600000039

Supervisors

Imam Arifin, S.T., M.T.
Dr. Eng. Imam Wahyudi Farid, S.T., M.T
Abu Hanifah, S.T

***DEPARTMENT OF ELECTRICAL AUTOMATION ENGINEERING
Vocational Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019***

----Halaman ini sengaja dikosongkan----

PERNYATAAN KEASLIAN PROYEK AKHIR

Dengan ini penulis menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan dari Proyek Akhir penulis dengan judul:

“PENGATURAN PERGERAKAN *ROBO-CYLINDER* MENGUNAKAN PLC PADA MESIN AUTO TRANSFER DENGAN METODE POSISI”

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang penulis akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap di dalam daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, penulis bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Agustus 2019

Parama Dicki Chandra
NRP. 10311600000039

----Halaman ini sengaja dikosongkan----

PENGATURAN PERGERAKAN *ROBO-CYLINDER* MENGUNAKAN PLC PADA MESIN AUTO TRANSFER DENGAN METODE POSISI

PROYEK AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Imam Arifin, S.T., M.T.
NIP. 19730322 200212 1 001

Dr. Eng. Imam Wahyudi Farid, S.T., M.T.
NPP. 198020191186



**SURABAYA
JULI, 2019**

----*Halaman ini sengaja dikosongkan*----

PENGATURAN PERGERAKAN *ROBO-CYLINDER* MENGGUNAKAN PLC PADA MESIN AUTO TRANSFER DENGAN METODE POSISI

PROYEK AKHIR

Disusun oleh:

Parama Dicki Chandra

NRP. 10311600000039

Menyetujui,

Koordinator Assembly
Elektrik,



Helmi Wibowo
NRP. 056

Pembimbing Perusahaan



Abu Hanifah, S.T.
NRP. 018

----*Halaman ini sengaja dikosongkan*----

PENGATURAN PERGERAKAN *ROBO-CYLINDER* MENGUNAKAN PLC PADA MESIN AUTO TRANSFER DENGAN METODE POSISI

Parama Dicki Chandra
1031160000039

Pembimbing I : Imam Arifin, S.T., M.T.

Pembimbing II : Dr. Eng. Imam Wahyudi Farid, S.T., M.T.

Pembimbing III : Abu Hanifah, S.T.

ABSTRAK

Mesin Auto Transfer digunakan untuk membantu proses produksi pada suatu grup produksi massal. Proses ini dilakukan dengan mengubah cara pemindahan benda hasil proses yang sebelumnya dilakukan oleh manusia. Perubahan ini untuk memberikan efisiensi kerja pada operator dan mampu mempercepat proses produksi. Pemindahan diambil dari hasil proses sebelumnya menuju awal proses selanjutnya dengan menggunakan prinsip *Pick and Place*. Terdapat 4 posisi pada proses pemindahan ini berupa 2 posisi ambil, 1 posisi taruh, dan 1 posisi siaga. Pergerakan dari posisi ambil ke posisi taruh dibutuhkan aktuator dengan keakuratan tinggi yang dapat membawa *Gripper* di atasnya. Oleh karena itu, *Robo-Cylinder* digunakan untuk bergerak ke posisi tersebut. PLC digunakan sebagai pengatur pergerakan *Robo-Cylinder* dengan Komunikasi *Input/Output*. Kemudian dilakukan pengkabelan sesuai komunikasi yang diberikan dan dilakukan pemrograman dengan menggunakan metode Posisi. Metode ini menentukan posisi yang akan dituju dan PLC dapat memberikan perintah untuk menuju posisi tersebut. Hasil penggunaan metode posisi dapat memberikan pergerakan *Robo-Cylinder* yang akurat. Keakuratan tersebut dibuktikan dengan sinyal keluaran (PM1-4) yang diberikan *Robo-Cylinder* selalu sama dengan sinyal perintah (PC1-4) yang diberikan. Pergerakan yang akurat ini membuat proses kerja Mesin Auto Transfer yang berupa pemindahan benda kerja mampu dicapai dengan durasi 8,7 detik.

Kata Kunci : *Robo-Cylinder*, PLC, Metode Posisi

----*Halaman ini sengaja dikosongkan*----

MOVEMENT CONTROL OF ROBO-CYLINDER USING PLC ON AUTO TRANSFER MACHINE WITH POSITION METHOD

Parama Dicki Chandra
10311600000039

Supervisor I : Imam Arifin, S.T., M.T.
Supervisor II : Dr. Eng. Imam Wahyudi Farid, S.T., M.T.
Supervisor III : Abu Hanifah, S.T

ABSTRACT

Auto transfer machine used to support production process in mass production. This process is done by changing how object was moved from previous process that carried out by humans. This change to give work efficiency for operator and reduce production time. Transfer is taken from result of previous process to the beginning of next process using Pick and Place principle. There are 4 positions in the transfer process in the form of 2 picking positions, 1 place position, and 1 standby position. The movement from the pick position to the place position requires a high accuracy actuator that can carry the Gripper on it. Therefore, Robo-Cylinder is used to move to that position. PLC is used to control movement of Robo-Cylinder with Input/Output Communication. Then wiring is done according to communication provided and do programming of PLC using Position Method. This method determines the position that will be used in this system and PLC will give command to move to that position. The result of using this method is provide accurate Robo-Cylinder movement. The accuracy have proven with output signal (PM1-4) from Robo-Cylinder always same as the signal given (PC1-4). This accurate movement make transferring process of this machine have achieved in 8,7 seconds.

Keywords : Robo-Cylinder, PLC, Position Method

----*Halaman ini sengaja dikosongkan*----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dan laporannya tepat waktu dan tanpa adanya halangan yang berarti. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Proyek Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan Pendidikan Diploma di Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Proyek Akhir dengan judul **“Pengaturan Pergerakan Robo-Cylinder Menggunakan PLC pada Mesin Auto Transfer dengan Metode Posisi”** penulis kerjakan di PT Astra Otoparts Divisi WINTEQ yang berlokasi di Cibinong, Bogor.

Dalam pengerjaan Proyek akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Imam Arifin S.T., M.T., Bapak Dr. Eng. Imam Wahyudi Farid, S.T., M.T., Bapak Abu Hanifah, S.T. atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya Proyek Akhir ini. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Proyek Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Proyek Akhir ini. Akhir kata, semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 20 Agustus 2019

Penulis

----Halaman ini sengaja dikosongkan----

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PENGESAHAN PERUSAHAAN	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.5.1. Tahap Persiapan	3
1.5.2. Tahap Perakitan Alat.....	3
1.5.3. Tahap Pengujian Alat.....	3
1.5.4. Tahap Penyusunan Laporan	4
1.6. Sistematika Laporan	4
BAB II TEORI DASAR	7
2.1. PLC.....	7
2.1.1. <i>Central Prosesing Unit (CPU)</i>	9
2.1.2. <i>Memory</i>	9
2.1.3. <i>Input / Output</i>	9
2.1.4. <i>Power Supply</i>	10
2.2. <i>Robo-Cylinder</i>	10
2.2.1 Motor Servo	10
2.2.2 Driver Motor Servo	12
2.2.3 Objek yang diatur	13
2.3. HMI	13
2.4. Sensor	14
2.4.1. <i>Photoelectric</i>	15
2.4.2. <i>Proximity</i>	16
2.4.3. <i>Reedswitch</i>	17
2.4.4. <i>Pressure Switch</i>	18
2.5. Komponen Pneumatik	18
2.5.1. ASU (<i>Air Service Unit</i>)	18

2.5.2.	<i>Air Regulator</i>	19
2.5.3.	<i>Solenoid Valve</i>	20
2.5.4.	<i>Cylinder dan Fitting</i>	21
2.5.5.	<i>Flow Control</i>	23
2.6.	Komponen Daya	23
2.6.1.	<i>Power Supply</i>	23
2.6.2.	<i>Circuit Breaker</i>	25
2.7.	<i>Relay</i>	26
2.8.	<i>Push Button</i>	27
2.9.	<i>Pilot Lamp</i>	27
2.10.	<i>Limit Switch</i>	28
2.11.	<i>Emergency Button</i>	29
2.12.	<i>Buzzer</i>	30
2.13.	<i>CX-Programmer</i>	30
2.14.	<i>CX-Designer</i>	31
2.15.	Sistem Kontrol	32
2.15.1.	Sistem Kontrol Terbuka	32
2.15.2.	Sistem Kontrol Tertutup	33
BAB III	PERAKITAN ALAT	35
3.1.	Konsep Mesin yang dibutuhkan	35
3.2.	Mesin Auto Transfer	36
3.2.1.	Perangkat Penyusun sistem kontrol Mesin	37
3.2.2.	Alur Proses mesin	38
3.3.	Perakitan Rangkaian Daya dan Input/Output	39
3.3.1.	Perakitan Rangkaian Daya	39
3.3.2.	Perakitan Rangkaian <i>Input/Output</i>	41
3.4.	Perakitan Rangkaian Kontrol <i>Robo-Cylinder</i>	43
3.5.	Pembuatan Program Pergerakan <i>Robo-Cylinder</i>	48
3.5.1.	Konfigurasi Posisi pada Software <i>Robo-Cylinder</i>	48
3.5.2.	Prosedur menjalankan <i>Robo-Cylinder</i> dengan PLC	49
3.5.3.	Pembuatan program Posisi pada PLC	50
BAB IV	PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS DATA	57
4.1.	Pengujian Input/Output <i>Robo-Cylinder</i>	57
4.2.	Pengujian Pergerakan <i>Robo-Cylinder</i> Ke posisi 0	58
4.3.	Pengujian Pergerakan <i>Robo-Cylinder</i> ke Posisi 1	59
4.4.	Pengujian Pergerakan <i>Robo-Cylinder</i> ke Posisi 2	60
4.5.	Pengujian Pergerakan <i>Robo-Cylinder</i> ke Posisi 3	62
4.6.	Pengujian Pergerakan <i>Robo-Cylinder</i> secara Otomatis	63
BAB V	PENUTUP	67

5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69

----*Halaman ini sengaja dikosongkan*----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 PLC	7
Gambar 2.2 <i>Robo-Cylinder</i>	10
Gambar 2.3 Motor Servo	11
Gambar 2.4 Driver Motor	12
Gambar 2.5 HMI.....	14
Gambar 2.6 Sensor <i>Photoelectric</i>	15
Gambar 2.7 Sensor <i>Proximity</i>	16
Gambar 2.8 Reedswitch	17
Gambar 2.9 Pressure Switch	18
Gambar 2.10 Air Service Unit	19
Gambar 2.11 Air Regulator.....	19
Gambar 2.12 Solenoid Valve	20
Gambar 2.13 Cylinder.....	21
Gambar 2.14 Fitting.....	22
Gambar 2.15 <i>Flow Control</i>	23
Gambar 2.16 <i>Power Supply</i>	24
Gambar 2.17 <i>Circuit Breaker</i>	25
Gambar 2.18 Relay	26
Gambar 2.19 Push Button	27
Gambar 2.20 Pilot Lamp.....	28
Gambar 2.21 Limit Switch.....	29
Gambar 2.22 Emergency Button.....	29
Gambar 2.23 Buzzer	30
Gambar 2.24 Tampilan Awal <i>CX-Programmer</i>	30
Gambar 2.25 Tampilan Awal <i>CX-Designer</i>	31
Gambar 2.26 Sistem Kontrol Terbuka	32
Gambar 2.27 Sistem Kontrol Tertutup.....	33
Gambar 3.1 Ilustrasi Mesin Auto transfer	36
Gambar 3.2 Ilustrasi Benda Kerja Mesin Auto transfer	36
Gambar 3.3 (a)Alur ProsesTransfer (b)Alur Proses <i>Pick and Place</i>	38
Gambar 3.4 Rangkaian Daya Utama.....	40
Gambar 3.5 Rangkaian Daya Kontrol.....	40
Gambar 3.6 Diagram Rangkaian Input 1	41
Gambar 3.7 Diagram Rangkaian Output 1.....	42
Gambar 3.8 Diagram Rangkaian Output 2.....	43
Gambar 3.9 Rangkaian daya <i>Robo-Cylinder</i>	44
Gambar 3.10 Rangkaian Input PLC dari <i>Robo-Cylinder</i>	45

Gambar 3.11 Rangkaian Output PLC ke *Robo-Cylinder*46

Gambar 3.12 Konfigurasi Posisi pada *Robo-Cylinder*49

Gambar 3.13 Diagram Alir Program Posisi 051

Gambar 3.14 Diagram Alir Program Posisi 152

Gambar 3.15 Diagram Alir Program Posisi 253

Gambar 3.16 Diagram Alir Program Posisi 354

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Instruksi Dasar PLC	8
Tabel 3.1 Perangkat Penyusun	37
Tabel 3.2 Konfigurasi Input PLC	46
Tabel 3.3 Konfigurasi Output PLC	47
Tabel 4.1 Pengujian Input PLC	57
Tabel 4.2 Pengujian Output PLC	58
Tabel 4.3 Pengujian Posisi 0	59
Tabel 4.4 Pengujian Posisi 1	60
Tabel 4.5 Pengujian Posisi 2	61
Tabel 4.6 Pengujian Posisi 3	62
Tabel 4.7 Hasil Uji Pemilihan Posisi Secara Otomatis	63
Tabel 4.8 Hasil Uji Ketahanan Pergerakan <i>Robo-Cylinder</i>	64
Tabel 4.9 Cycle Time hasil uji proses mesin Auto Transfer	65

----*Halaman ini sengaja dikosongkan*----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin meningkat memberikan pengaruh pada Industri untuk memperbaharui proses kerja yang dilakukan dari manual menjadi otomatis. Mesin merupakan alat yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia yang memiliki kelebihan, diantaranya adalah keakuratan dan daya tahan. Mesin dapat melakukan suatu proses secara terus menerus dengan keakuratan tinggi dalam waktu yang lama, sehingga pekerjaan yang dikerjakan manusia dapat digantikan oleh mesin. Mesin yang digunakan pada setiap industri berbeda kegunaannya. Kegunaan tersebut dipengaruhi oleh hasil yang akan dikeluarkan oleh mesin. Mesin untuk menunjang proses Industri Indonesia masih di impor dari luar negeri, namun industri pembuat mesin sudah mulai berkembang di Indonesia.

PT Astra Otoparts Tbk Divisi WINTEQ merupakan perusahaan yang tergabung dengan PT Astra Internasional Tbk yang berada dibawah naungan Astra Otoparts Group. PT Astra Otoparts Tbk (AOP) adalah anak perusahaan Astra Internasional yang memproduksi dan memasarkan komponen dan suku cadang untuk kendaraan bermotor baik pabrikan otomotif (OEM) maupun untuk pasar suku cadang pengganti (REM). PT Astra Otoparts Tbk ini memiliki anak perusahaan yang terbagi menjadi sektor Manufaktur dan Perdagangan. Di sektor manufaktur dari PT Astra Otoparts Tbk inilah PT Astra Otoparts Tbk Divisi WINTEQ berada untuk mendukung produksi komponen kendaraan bermotor. WINTEQ merupakan singkatan dari *Workshop for Industrial Equipment*, perusahaan ini merancang dan membuat mesin dan peralatan industri dari permintaan pembeli dan menghasilkan produk berupa *Special Purpose Machine, Automation and Robotic* untuk perusahaan di Indonesia ataupun pasar global.

Salah satu produk dari PT Astra Otoparts Tbk Divisi WINTEQ adalah Mesin Auto Transfer yang berupa mesin untuk memindahkan hasil produksi proses sebelumnya menuju proses berikutnya. Pemindahan dilakukan menggunakan mesin untuk meminimalisir kerja dari operator dan menjaga keamanan operator. Pemindahan yang sebelumnya dilakukan oleh Operator lalu digantikan mesin, sehingga waktu proses produksi dapat ditingkatkan. Proses ini menggunakan

prinsip *Pick and Place* yang terdapat 4 posisi pada saat pemindahan. Posisi tersebut berupa 2 posisi ambil, 1 posisi taruh dan 1 posisi siaga.

Pergerakan kesetiap posisi dibutuhkan aktuator yang akurat dan dapat membawa *gripper* diatasnya. Oleh karena itu, aktuator yang digunakan pada mesin ini berupa *Cylinder* dan *Robo-Cylinder*. *Cylinder* digunakan sebagai *gripper* dan *Robo-Cylinder* digunakan untuk berpindah posisi. Kedua Pergerakan aktuator ini diatur oleh *PLC* (*Programmable logic Control*) sehingga dapat digerakan secara manual dan otomatis. Metode yang digunakan untuk menggerakkan *Robo-Cylinder* adalah dengan metode posisi, metode ini berisi kumpulan posisi tujuan *Robo-Cylinder*. *Robo-Cylinder* dapat bergerak ke posisi tersebut berdasarkan perintah yang diberikan. Komunikasi dibutuhkan untuk menghubungkan *PLC* dengan *Robo-Cylinder* dan digunakan komunikasi *Input/Output*. Komunikasi tersebut tersambung melalui pengkabelan yang sesuai. Hasil dari penggunaan metode ini dilihat dari pergerakan *Robo-Cylinder*, dengan pergerakan *Robo-Cylinder* yang akurat maka proses kerja Mesin Auto Transfer akan dapat berjalan dengan baik dan dalam waktu yang singkat.

1.2. Permasalahan

Proses pemindahan benda hasil produksi yang sebelumnya dilakukan operator berbahaya, bahaya ini dikarenakan panas pada proses selanjutnya. Penggunaan tenaga operator dalam proses pemindahan memiliki durasi yang lama. Oleh karena itu, Sistem pemindahan pada Mesin Auto Transfer harus dilakukan dengan waktu singkat untuk mengurangi waktu produksi serta memiliki pemicu untuk memulai proses selanjutnya.

1.3. Batasan Masalah

Proses pemindahan di Mesin Auto Transfer dilakukan oleh gerakan aktuatornya. Pengaturan pergerakannya hanya dilakukan di *Robo-Cylinder* dengan menggunakan Metode Posisi. Untuk mengolah metode ini digunakan *PLC* dengan pemrograman diagram *ladder*.

1.4. Tujuan

Mendapatkan pergerakan *Robo-Cylinder* dengan 2 posisi awal menuju 1 posisi akhir sebagai proses akhir pemindahan hasil produksi pada proses sebelumnya dan 1 posisi siaga untuk kondisi tertentu sehingga dapat memberikan proses pergerakan yang sesuai pada Mesin

Auto Transfer. Mendapatkan pergerakan Mesin Auto Transfer dengan total waktu proses pemindahan selama kurang dari 9 detik.

1.5. Metodologi Penelitian

Dalam pelaksanaan Proyek Akhir yang berupa Pengaturan Pergerakan *Robo-Cylinder* Menggunakan PLC Pada Mesin Auto Transfer dengan Metode Posisi ada beberapa kegiatan yang dapat diuraikan sebagai berikut :

1.5.1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai komponen-komponen pada mesin sesuai dengan *electrical drawing* yang telah diberikan. Studi literatur yang dilakukan adalah :

- a. Mempelajari tentang Motor Servo dan *Encoder*
- b. Mempelajari tentang *Robo-Cylinder*
- c. Mempelajari tentang PLC Omron CP1E
- d. Mempelajari tentang Diagram *Ladder* pada PLC OMRON
- e. Mempelajari pembacaan *electrical drawing*
- f. Mempelajari proses pengkabelan yang benar
- g. Mempelajari merancang HMI OMRON

1.5.2. Tahap Perakitan Alat

Pada tahap ini dilakukan perakitan komponen sesuai rancangan yang telah tertera pada *electrical drawing*. Perakitan ini meliputi pengkabelan pada *Main Panel*, *Operation Panel*, Aktuator, Sensor dan komponen penunjang lainnya. *Robo-Cylinder* sebagai salah satu aktuator disini di sesuaikan dengan *Cylinder* sebagai *Gripper* dan Transfer, sehingga proses pergerakannya ditentukan berdasar titik dimana *Cylinder* Transfer dipasang dan titik akhir tujuan. Pergerakan *Gripper*, *Cylinder* Transfer dan *Robo-Cylinder* diatur oleh PLC dengan HMI sebagai Antarmuka.

1.5.3. Tahap Pengujian Alat

Pada tahap ini, setelah mesin telah terbentuk sesuai dengan *electrical drawing*, akan dilakukan kegiatan pengujian dan pengecekan alat. Pengecekan yang dilakukan adalah menyesuaikan hasil pengkabelan dengan *electrical drawing* dan menyesuaikan *electrical drawing* apabila terdapat kesalahan dan pengecekan *short circuit* pada

pengkabelan. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian program untuk menggerakkan Robo-Cylinder ke setiap posisi, pengujian waktu proses mesin, dan pengujian ketahanan mesin.

1.5.4. Tahap Penyusunan Laporan

Setelah mesin telah berhasil dirakit dan dapat bekerja sesuai dengan proses kerja yang diinginkan tanpa adanya gangguan, pengujian dan analisis telah selesai, maka dibuatlah laporan untuk buku Proyek Akhir. Diharapkan buku Proyek Akhir ini dapat bermanfaat untuk semua, dan dapat dijadikan pedoman dalam mengembangkan mesin ini.

1.6. Sistematika Laporan

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan Proyek Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, sistematika laporan, metodologi, serta relevansi Proyek Akhir yang dibuat.

Bab II TEORI DASAR

Menjelaskan teori yang berisi teori-teori dasar yang dijadikan landasan dan mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat yang dibuat.

Bab III PERAKITAN ALAT

Membahas perakitan *hardware* sesuai rancangan yang terdapat pada *electrical drawing* dan perancangan *software* yang meliputi program yang akan digunakan untuk menjalankan alat tersebut.

Bab IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Membahas pengujian alat dan menganalisis data yang didapat dari pengujian tersebut serta membahas tentang pengukuran, pengujian, dan analisis terhadap alat.

Bab V PENUTUP

Berisi penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari Proyek Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

----Halaman ini sengaja dikosongkan----

BAB II

TEORI DASAR

Beberapa teori penunjang yang dipaparkan dalam buku Proyek Akhir ini mengenai teori dasar *hardware* dan *software* yang digunakan. *Hardware* yang digunakan meliputi PLC, HMI, *Cylinder*, *Robo-Cylinder*, dan Komponen elektrik lainnya. *Software* yang digunakan merupakan *IAI interface*, *CX-Programmer*, dan *CX-Designer*.

2.1. PLC



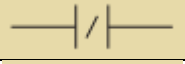
Gambar 2.1 PLC[2]

Programmable Logic Controller (PLC) seperti pada Gambar 2.1, adalah sebuah alat elektronik yang khusus dirancang untuk mengontrol suatu proses atau mesin[1]. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi variabel secara kontinyu atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (On/Off) saja tapi dilakukan secara berulang-ulang. Dalam pengertian yang lebih dalam PLC adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri[2]. Sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi yang mengimplementasikan fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul *I/O digital* maupun *analog*. Berdasarkan namanya konsep PLC adalah *Programmable*, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat dan dengan mudah mengubah fungsi atau kegunaannya. *Logic*, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan logika (ALU), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi,

mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya. *Controller*, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

Prinsip kerja sebuah PLC adalah menerima sinyal masukan proses yang dikendalikan lalu melakukan serangkaian instruksi logika terhadap sinyal masukan. Pengolahan tersebut sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori lalu menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau peralatan lainnya. PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian *relay* sekuensial dalam suatu sistem kontrol. Untuk memenuhi itu dibuat bahasa untuk memprogram PLC, bahasa yang umum digunakan adalah Diagram *Ladder*. Diagram *Ladder* atau diagram tangga adalah skema khusus yang biasa digunakan untuk mendefinisikan sistem logika kontrol di lingkungan industri[1]. Disebut “tangga” karena mereka menyerupai tangga, dengan dua rel vertikal kanan – kiri dan banyak “anak tangga” (garis horizontal) yang mewakili rangkaian kontrol. Pada Diagram *Ladder*, garis vertikal sebelah kiri bisa kita bayangkan sebagai sisi positif dari sumber tegangan, sedangkan garis vertikal sebelah kanan adalah sisi negatif dari sumber tegangan. Arus listrik akan mengalir dari kiri ke kanan melalui rangkaian logika pada setiap baris. Cara membaca diagram ini adalah dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah[2]. Saat PLC diaktifkan, proses membaca dilakukan pada semua baris program sampai selesai. Dimulai dari kiri ke kanan baris paling atas, lalu turun ke baris di bawahnya kemudian dilanjutkan dari kiri ke kanan seterusnya hingga ujung kanan baris terbawah. Dalam Diagram tersebut terdapat beberapa instruksi dasar yang membangun suatu program *Ladder* seperti pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Instruksi Dasar PLC[2]

No.	Simbol	Keterangan
1		Normally Open Contact
2		Normally Close Contact
3		Output Coil

PLC terdiri dari beberapa bagian yang menyusunnya diantaranya adalah :

2.1.1. Central Prosessing Unit (CPU)

CPU berfungsi untuk mengontrol dan mengawasi semua operasi dalam PLC, serta melaksanakan program yang disimpan didalam memori[2]. Selain itu CPU memproses dan menghitung waktu pelaksanaan perangkat lunak. CPU juga menterjemahkan program perantara yang berisi logika dan waktu yang dibutuhkan untuk komunikasi data dengan pemrogram.

2.1.2. Memory

Memori yang terdapat dalam PLC berfungsi untuk menyimpan program dan memberikan lokasi dimana hasil perhitungan dapat disimpan di dalamnya[2]. PLC menggunakan peralatan memori semi konduktor seperti RAM (*Random Acces Memory*), ROM (*Read Only Memory*), dan PROM (*Programmable Read Only Memory*). RAM mempunyai waktu akses yang cepat dan program yang terdapat di dalamnya dapat dibuat ulang sesuai dengan keinginan pemakainya. RAM disebut juga sebagai *volatile memory*, maksudnya program yang tersimpan mudah hilang jika sumber listrik padam. Dengan demikian untuk mengatasi sumber listrik yang padam tersebut maka diberi sumber daya listrik cadangan berupa baterai yang disimpan pada RAM. Seringkali CMOS RAM dipilih untuk pemakaian power yang rendah. Baterai ini mempunyai jangka waktu kira-kira lima tahun sebelum harus diganti.

2.1.3. Input / Output

Sebagaimana PLC yang direncanakan untuk mengontrol sebuah proses atau operasi mesin. Peran modul *input/output* sangatlah penting karena modul ini merupakan suatu perantara antara perangkat kontrol dengan CPU[1]. Suatu peralatan yang dihubungkan ke PLC dimana mengirim sinyal ke PLC dinamakan peralatan *input*[2]. Sinyal masuk kedalam PLC melalui terminal atau melalui kaki – kaki penghubung pada unit. Tempat dimana sinyal memasuki PLC dinamakan *input* poin. *Input* poin ini memberikan suatu lokasi di dalam memori dimana mewakili keadaannya, lokasi memori ini dinamakan *input* bit. Ada juga *output* bit di dalam memori dimana diberikan oleh *output* poin pada unit, sinyal *output* dikirim ke peralatan *output*. Setiap *input/output* memiliki alamat dan nomor urutan khusus yang digunakan selama membuat program untuk memonitor satu persatu aktivitas *input* dan *output*

didalam program. Indikasi urutan status dari *input* dan *output* ditandai *Light Emiting Diode* (LED) pada PLC atau modul *input/output*, hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pengecekan proses pengoperasian *input/output* dari PLC itu sendiri.

2.1.4. Power Supply

PLC tidak akan beroperasi bila tidak ada sumber daya listrik. *Power supply* merubah tegangan *input* menjadi tegangan yang dibutuhkan oleh PLC. Dengan kata lain sebuah sumber daya listrik mengubah daya PLN (220 V) ke daya yang dibutuhkan CPU atau modul *input/output*.

2.2. Robo-Cylinder



Gambar 2.2 Robo-Cylinder[3]

Robo-Cylinder seperti pada Gambar 2.2, merupakan sebuah aktuator linear yang dapat bergerak menuju posisi tertentu dengan akurat. *Robo-Cylinder* ini merupakan sebuah aktuator terkontrol yang terdapat beberapa komponen penyusun yaitu, Motor servo, Driver Servo dan Objek yang diatur.

2.2.1 Motor Servo

Motor servo seperti pada Gambar 2.3, adalah sebuah motor AC/DC dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo[4]. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, *potensiometer*, dan rangkaian kontrol. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo. *Potensiometer* berfungsi untuk menentukan batas

sudut dari putaran servo. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Oleh karena itu motor servo dapat berputar searah dan berlawanan arah jarum jam. Motor servo dapat memberikan gerakan berdasarkan sudut, hingga 360 derajat[4]. Tak heran jika motor ini banyak diaplikasikan untuk penggerak kaki dan lengan robot. Selain itu motor servo juga memiliki torsi yang besar sehingga mampu menopang beban cukup berat.



Gambar 2.3 Motor Servo[4]

Sebenarnya prinsip kerja dari motor servo tidak berbeda dibanding dengan motor yang lain. Hanya saja motor ini dapat bekerja searah maupun berlawanan jarum jam. Putaran dari motor servo juga dapat diatur sesuai derajat putar yang diinginkan dengan mengatur pulsa yang masuk ke dalam motor tersebut. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90°. Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti serta bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi servo). Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang terus agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya. Motor servo

dibagi menjadi 2 jenis, yang pertama adalah motor servo standar 180 derajat, dan yang kedua adalah motor servo *continuous*.

Motor servo standar 180 derajat adalah jenis motor servo yang dapat berputar searah maupun berlawanan arah jarum jam. Akan tetapi seperti namanya, sudut defleksinya hanya mencapai 180 derajat, dengan perhitungan masing-masing sudut 90 derajat, kanan, tengah, dan kiri. Motor servo *continuous* adalah jenis motor servo yang dapat berputar searah maupun berlawanan arah jarum jam[4]. Yang membedakan dengan motor servo standar 180 derajat adalah sudut defleksi putarannya. Motor servo *continuous* tidak memiliki sudut defleksi putaran alias dapat berputar secara terus-menerus. Dengan itu motor servo memiliki keunggulan berupa, tidak bergetar dan tidak beresonansi saat beroperasi, resolusi dan akurasi dapat diubah dengan hanya mengganti *encoder* yang dipakai, dan tidak berisik saat beroperasi dengan kecepatan tinggi.

2.2.2 Driver Motor Servo



Gambar 2.4 Driver Motor[3]

Driver servo seperti pada Gambar 2.4, adalah sebuah perangkat khusus yang digunakan untuk menggerakkan motor servo. Perangkat ini mengambil sinyal umpan balik dari motor dan diolah untuk mengoreksi perbedaan sinyal referensi dengan umpan balik sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan. Driver servo memiliki komponen dasar berupa komparator dan penguat (*amplifier*). Komparator terdiri dari komparator dan kontrol. Komparator berfungsi untuk membandingkan referensi

dengan umpan balik dan menghasilkan sinyal baru. Kontrol berfungsi untuk memproses sinyal baru tersebut menjadi sinyal kontrol untuk motor. *Amplifier* berfungsi menggerakkan motor pada posisi/kecepatan yang sesuai dengan sinyal yang dikeluarkan oleh komparator. Cara kerjanya adalah driver servo menerima sinyal dari sistem kontrol, kemudian sinyal tersebut dikuatkan dan ditransmisikan dalam bentuk arus listrik menuju motor servo dengan tujuan untuk memberikan pergerakan sesuai sinyal perintah. Biasanya sinyal perintah berupa kecepatan, torsi ataupun sebuah posisi. *Sensor* atau *Encoder* yang terdapat pada motor memberikan sinyal balik ke driver servo tentang kondisi aktual motor. Kemudian driver servo akan membandingkan sinyal tersebut dengan sinyal perintah dan memberikan sinyal baru dalam bentuk tegangan, frekuensi ataupun pulsa menuju motor sehingga motor dapat bergerak sesuai perintah dengan benar.

2.2.3 Objek yang diatur

Objek yang diatur berupa sistem mekanik dimana posisi/kecepatan yang akan dikontrol. Di dalamnya terdapat mekanisme yang menyalurkan torsi dari motor ke objek yang digerakkan dari motor melalui gear. Objek ini terdiri dari kopling dan *Ball Screw* serta *Movable Table*. Objek ini biasanya berupa sebuah tempat untuk menempatkan aktuator lain sehingga posisi dari aktuator ini dapat digerakkan dengan akurat oleh sistem.

2.3. HMI

Human Machine Interface (HMI) seperti pada Gambar 2.5, merupakan sebuah antarmuka atau dasbor yang menghubungkan seseorang dengan mesin, sistem atau alat. Dalam arti yang lebih teknis yaitu sebuah tampilan yang membuat pengguna dan alat saling berinteraksi. Tujuan dari HMI adalah untuk memudahkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan layar yang sesuai dengan proses kerja serta memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem yang sedang berlangsung. Pada umumnya HMI berupa komputer dengan tampilan di layar dimana kita bisa melihat keseluruhan sistem dari layar tersebut. Layaknya sebuah komputer, HMI biasanya dilengkapi dengan *keyboard* dan *mouse* dan juga bisa berupa *touch screen*. Dalam penerapannya di industri, *Touch Screen Panel* HMI lebih umum digunakan karena kemudahan dalam pemrograman dan ketahanannya di lingkungan kerja industri. *Touch Screen Panel* HMI

diproduksi oleh banyak merek perusahaan otomasi seperti OMRON, Mitsubishi, Keyence, Siemens dan lainnya dimana diperlukan *software* khusus untuk pengisian programnya.



Gambar 2.5 HMI[5]

HMI umumnya dipasangkan dengan PLC, namun demikian keduanya tidak selalu harus berasal dari merek yang sama asalkan memiliki tipe komunikasi yang sama. Komunikasi standar yang dimiliki oleh HMI untuk berkerja bersama PLC adalah komunikasi serial. Penggunaan HMI pada umumnya tidak berhubungan langsung dengan peralatan yang dikontrol tetapi melalui perantara *data server*. *Data server* dapat berupa program OPC (*OLE for Process Control*) atau program *Direct Driver* khusus yang dibuat khusus untuk satu kontroler tertentu. Untuk penggunaan umumnya HMI dikomuniaksikan dengan PLC yang mengolah *input/output* yang berupa sensor ataupun aktuator yang akan memberikan tampilan informasi yang diinginkan pengguna. HMI dapat digunakan untuk membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata, visualisasi tersebut dilengkapi dengan data yang nyata dan sesuai dengan keadaan di lapangan. Selanjutnya visualisasi tersebut ditampilkan pada monitor di ruang kendali secara *real-time* bahkan sudah dapat diakses secara *online* melalui peralatan elektronik dimanapun dan kapanpun selama ada jaringan internet. Untuk proses skala kecil seperti di sub sistem maka HMI yang digunakan dapat berupa tampilan touchscreen yang lebih sederhana.

2.4. Sensor

Merupakan sebuah perangkat yang berfungsi mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik, sehingga keluarannya dapat diolah dengan rangkaian listrik atau sistem digital.

2.4.1. Photoelectric



Gambar 2.6 Sensor *Photoelectric*[6]

Sensor *Photoelectric* seperti pada Gambar 2.6 menggunakan prinsip kerja cahaya untuk mendeteksi benda didepannya, dan terdiri dari *transmitter/emitor* (Sumber Cahaya) dan *receiver* (Penerima)[10]. Ketika tidak ada benda didepan sensor ini maka tidak ada cahaya yang terpantul menuju ke penerima. Ketika ada benda didepan sensor, maka cahaya akan terpantul dan tertangkap oleh penerima cahaya dengan level tertentu. Sensor ini bekerja sebagai saklar ketika ada benda yang menghalangi maka akan memberikan sinyal ke PLC. Sensor ini tersusun oleh 3 bagian yaitu sumber cahaya, penerima cahaya, dan sirkuit utama. Sumber cahaya disini menggunakan LED sehingga dapat memberikan variasi warna pada cahaya. Penerima cahaya disini adalah *photodiode* atau *phototransistors* yang akan menangkap cahaya dan mengubah menjadi sinyal elektrik. Pada sirkuit utama ini terjadi pengolahan sinyal yang diberikan dari penerima cahaya yang kemudian di keluarkan menjadi sinyal ON/OFF. Terdapat 4 jenis sensor ini yaitu :

a. Pemantulan langsung (*Diffuse*)

Transmitter dan *receiver* ditempatkan bersama dan menggunakan cahaya yang dipantulkan langsung dari objek untuk melakukan deteksi. Pemilihan *photosensor* jenis ini harus mempertimbangkan warna dan tipe permukaan objek (kasar, licin, buram, terang). Dengan permukaan buram, jarak *sensing* akan dipengaruhi oleh warna objek. Warna-warna terang berpengaruh terhadap jarak *sensing* maksimum dan warna gela berpengaruh terhadap jarak *sensing* minimum. Jika permukaan objek mengkilap, efek permukaan yang lebih penting daripada warna.

b. Pemantulan dengan Reflector (*Retro-reflective*)

Transmitter dan *receiver* ditempatkan bersama-sama dan membutuhkan reflektor. Objek terdeteksi karena memotong cahaya

antara sensor dan reflektor sehingga *receiver* tidak menerima cahaya. *Photocells* ini memungkinkan jarak *sensing* lebih jauh. Dengan adanya reflektor, sinar yang dipancarkan akan dipantulkan sepenuhnya ke *receiver*.

c. *Trough beam*

Transmitter dan *Receiver* ditempatkan secara terpisah dan deteksi objek terjadi ketika memotong sinar antara *transmitter* dan *receiver* sehingga *receiver* kehilangan cahaya sesaat. *Photocells* ini memiliki jarak *sensing* terpanjang.

2.4.2. *Proximity*



Gambar 2.7 Sensor *Proximity*[7]

Proximity seperti pada Gambar 2.7, merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi suatu objek benda berdasarkan jarak benda tersebut terhadap sensor[10]. Sensor *Proximity* ini akan mendeteksi objek benda dengan jarak yang cukup dekat berkisar 1 mm sampai beberapa cm dari sensor. Sensor ini mampu mendeteksi benda logam maupun non-logam bergantung prinsip kerja dari sensor ini. Sensor ini memiliki 3 prinsip kerja yaitu :

a. Induktif

Sensor tipe ini mendeteksi kekuatan medan magnet yang hilang oleh *Eddy Current*. Sensor ini pada dasarnya terdiri dari sebuah osilator, sebuah *coil* dengan inti ferit, rangkaian detektor, rangkaian *output*, kabel dan konektor. Osilator pada sensor jarak ini akan membangkitkan gelombang sinus dengan frekuensi yang tetap. Sinyal ini digunakan untuk menggerakkan kumparan atau *coil*. *Coil* dengan inti ferit ini akan menginduksi medan elektromagnetik. Ketika garis medan

elektromagnetik ini terganggu oleh objek logam, tegangan osilator akan berkurang sebanding dengan ukuran dan jarak objek dari *coil*. Dengan demikian, sensor ini dapat mendeteksi adanya objek yang sedang mendekatinya. Pengurangan tegangan osilator ini disebabkan oleh *Eddy Current* yang diinduksi pada logam yang mengganggu garis logam.

b. Kapasitif

Sensor ini mendeteksi perubahan kapasitansi antara objek dengan sensor. Besarnya kapasitansi ini tergantung pada jarak objek ke sensor. Sensor kapasitif ini pada dasarnya mirip dengan sensor induktif, perbedaannya adalah sensor kapasitif menghasilkan medan elektrostatik sedangkan sensor induktif menghasilkan medan elektromagnetik. Sensor Kapasitif ini dapat digerakan oleh bahan konduktif dan bahan non-konduktif. Elemen aktif Sensor Kapasitif dibentuk oleh dua elektroda logam yang diposisikan untuk membentuk ekuivalen (sama dengan) dengan kapasitor terbuka. Elektroda ini ditempatkan di rangkaian osilasi yang berfrekuensi tinggi. Ketika objek mendekati permukaan sensor jarak kapasitif ini, medan elektrostatik pelat logam akan terganggu sehingga mengubah kapasitansi sensor jarak. Perubahan ini akan mengubah kondisi dalam pengoperasian sensor jarak sehingga dapat mendeteksi keberadaan objek tersebut.

2.4.3. *Reedswitch*



Gambar 2.8 *Reedswitch*[8]

Reedswitch seperti Gambar 2.8, adalah sensor yang berfungsi sebagai saklar yang aktif atau terhubung apabila di area jangkauan nya terdapat medan magnet[10]. Sensor ini terdiri dari dua kawat feromagnetik nikel-besi dan kawat kontak yang diposisikan dalam kapsul kaca tertutup rapat dengan celah antara mereka. Kapsul kaca diisi dengan gas inert untuk mencegah aktivasi kontak. Medan magnet yang cukup kuat jika melalui area sekitar *reedswitch*, maka dua buah plat yang

saling berdekatan tadi akan terhubung sehingga akan memberikan rangkaian tertutup. *Reedswitch* ini digunakan pada *cylinder* untuk sinyal konfirmasi posisi *cylinder*

2.4.4. *Pressure Switch*



Gambar 2.9 *Pressure Switch*[9]

Pressure Switch seperti pada Gambar 2.9, adalah perangkat elektro-pneumatik yang berfungsi mendeteksi tekanan dan memberikan keluaran berupa sinyal DC saat tekanan yang terdeteksi memenuhi syarat yang diatur dalam perangkat ini. Prinsip kerjanya adalah dengan sebuah saklar yang akan mengontak apabila tekanan yang diberikan telah sesuai dengan yang ditentukan.

2.5. **Komponen Pneumatik**

Merupakan sebuah perangkat penggerak yang menggunakan udara bertekanan. Perangkat pneumatik sebagai penggerak terdiri dari beberapa perangkat yang dihubungkan menjadi satu.

2.5.1. *ASU (Air Service Unit)*

Air Service Unit seperti pada Gambar 2.10, merupakan perangkat pengkondisi udara bertekanan yang diberi masukan dari kompresor dan dapat mengeluarkan udara dengan tekanan yang lebih rendah dari tekanan udara masukan[11]. Tidak hanya tekanan, tetapi udara yang dihasilkan juga bersih dan tidak mengandung minyak.

Konfigurasi untuk setiap *Air Service Unit* berbeda-beda, untuk normalnya terdiri dari *Air Regulator* yang berfungsi untuk mengurangi

tekanan, *Air Filter* yang berfungsi untuk mengurangi kelembapan udara bertekanan dan *Air Lubricator* untuk menghilangkan kandungan minyak pada udara bertekanan.



Gambar 2.10 *Air Service Unit*[12]

2.5.2. *Air Regulator*



Gambar 2.11 *Air Regulator*[12]

Air regulator seperti pada Gambar 2.11 digunakan untuk menurunkan tekanan udara sesuai dengan tekanan kerja yang dibutuhkan[11]. Di dalam *air regulator* ini terdapat pegas dan diafragma untuk mengatur tekanan. Juga ada filter dan ruang pengumpul uap air untuk menampung fluida hasil kondensasi atau oli yang terbawa dari *air compressor*. Ruang pengumpul ini harus di kuras secara rutin agar cairan

yang terkumpul tidak masuk ke peralatan pneumatik. Kalau filter tersumbat harus dibersihkan.

2.5.3. *Solenoid Valve*

Solenoid valve seperti pada Gambar 2.12, merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan/solenoida[11]. *Solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem pneumatik yang dikontrol otomatis. Contohnya pada sistem pneumatik, *solenoid valve* bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju *cylinder*.



Gambar 2.12 *Solenoid Valve*[13]

Prinsip kerja dari *solenoid valve* yaitu, ketika *coil* mendapat sumber tegangan maka *coil* tersebut akan berubah menjadi medan magnet. Medan magnet tersebut menggerakkan piston pada bagian dalamnya, ketika piston bergerak maka udara bertekanan yang berasal dari ASU akan masuk sesuai jalur pada solenoid menuju *cylinder*. Umumnya *solenoid valve* pneumatik ini mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC. Bagian yang menyusun solenoid adalah :

a. Blok saluran udara (*Manifold*)

Solenoid valve mempunyai blok saluran udara yang terdiri dari lubang-lubang yang antara lain, lubang keluaran, lubang masukan dan lubang pembuangan. Lubang masukan diberi kode P, berfungsi sebagai terminal / tempat udara masuk atau sumber. Lubang keluaran, diberi kode A dan B, berfungsi sebagai terminal atau tempat udara keluar yang dihubungkan ke beban. Lubang *exhaust* diberi kode R, berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan udara terjebak saat piston bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve* bekerja.

b. Blok piston

Blok piston adalah tempat dimana piston bergerak untuk mengalirkan udara dari lubang sumber [P] ke lubang *output* [A] atau [B], sehingga udara dapat mengalir dengan sempurna.

c. Piston

Piston terletak di dalam rumah piston berfungsi untuk memindahkan udara dari *input* ke *output*, piston berbentuk memanjang, dilengkapi dengan beberapa karet O-ring dibagian tengahnya agar tidak bocor.

d. *Coil*

Coil adalah benda berupa lilitan kawat yang dililitkan terhadap besi, menyerupai sebuah trafo. Apabila *coil* dialiri listrik, maka akan menghasilkan medan magnet sementara untuk menarik plat besi yang ada di dalamnya. plat besi yang ada didalam *coil* bergerak maju dan mundur untuk mendorong piston.

e. Konektor

Konektor berfungsi untuk terminal pengabelan yang menghubungkan antara tegangan sumber dengan *coil solenoid valve*, didalamnya terdapat terminal kabel yang terhubung dengan *coil*.

2.5.4. *Cylinder dan Fitting*



Gambar 2.13 *Cylinder*[14]

Cylinder pneumatik seperti pada Gambar 2.13, adalah aktuator atau perangkat mekanis yang menggunakan kekuatan udara bertekanan (udara yang terkompresi) untuk menghasilkan kekuatan dalam gerakan bolak – balik piston secara linear (gerakan keluar - masuk)[11]. Dalam

pengoperasiannya, *cylinder* pneumatik dikontrol oleh katup pengontrol. Katup pengontrol ini berfungsi mengontrol arah udara yang akan masuk ke tabung *cylinder*. Dengan kata lain, katup kontrol arah inilah yang mengontrol gerakan maju atau mundur (keluar atau masuk) piston. Katup kontrol arah ini biasa dikendalikan secara mekanis atau dengan manusia, maupun secara elektrik seperti *solenoid valve*. *Cylinder* ini terbagi menjadi 2 yaitu :

a. *Single Acting*

Single acting cylinder merupakan jenis *cylinder* yang hanya memiliki satu port untuk masuknya udara bertekanan[11]. *Cylinder* ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong ataupun menekan piston dalam satu arah saja (umumnya keluar). Dan menggunakan pegas pada sisi yang lain untuk mendorong piston kembali pada posisi semula. Akan tetapi *cylinder* ini memiliki kelemahan dimana sebagian kekuatan dari *cylinder* hilang untuk mendorong pegas.



Gambar 2.14 *Fitting*[12]

b. *Double Acting*

Double acting cylinder merupakan *cylinder* yang memiliki dua port untuk masuk dan keluar[11]. *Cylinder* jenis ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong piston keluar dan mendorong piston untuk kembali pada posisi awal (menarik kedalam). Sehingga *cylinder* ini membutuhkan lebih banyak udara dan katup pengontrol arah yang lebih kompleks bila dibandingkan dengan *cylinder* kerja tunggal.

Fitting seperti pada Gambar 2.14, adalah komponen pneumatik yang berfungsi sebagai jalur masuk angin antara selang dan *cylinder*.

Jenis dari *fitting* bermacam-macam dan penggunaannya bergantung pada jenis komponen pneumatik lainnya.

2.5.5. Flow Control

Flow Control atau katup cekik seperti Gambar 2.15, merupakan komponen pneumatik yang digunakan untuk memperlambat laju udara bertekanan yang akan dikirim ke aktuator. Untuk memperlambat tekanan udara kita dapat mengatur laju udara yang akan dikirim ke aktuator dengan memutar pengatur yang ada dalam katup cekik[11].



Gambar 2.15 *Flow Control*[15]

Macam-macam *flow control* adalah *Fix flow control* yaitu besarnya lubang penghambat tetap (tidak dapat diatur) dan *Adjustable flow control* yaitu lubang penghambat dapat diatur dengan baut pengatur.

2.6. Komponen Daya

Merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengatur daya pada mesin. Perangkat daya ini terdiri dari beberapa perangkat yang dihubungkan menjadi satu yang terdiri dari perangkat pengaman dan perangkat pengubah daya.

2.6.1. Power Supply

Power Supply atau Catu Daya seperti Gambar 2.16, adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *power supply* ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *power supply* kadang-kadang disebut juga

dengan istilah *Electric Power Converter*. *DC Power Supply* adalah perangkat yang menyediakan tegangan maupun arus listrik dalam bentuk DC (*Direct Current*) dan memiliki polaritas yang tetap yaitu positif dan negatif untuk bebannya. Sebuah *DC Power Supply* pada dasarnya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian utama tersebut diantaranya adalah *Transformator*, *Rectifier*, *Filter* dan *Voltage Regulator*.



Gambar 2.16 *Power Supply*[16]

Transformator atau Trafo yang digunakan untuk *DC Power supply* adalah transformator jenis *Step-down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan komponen elektronika yang terdapat pada rangkaian. Transformator bekerja berdasarkan prinsip Induksi elektromagnetik yang terdiri dari 2 bagian utama yang berbentuk lilitan yaitu lilitan Primer dan lilitan Sekunder. Lilitan Primer merupakan *input* dari transformator sedangkan *output* adalah lilitan sekunder. Meskipun tegangan telah diturunkan, *output* dari transformator masih berbentuk arus bolak-balik yang harus diproses selanjutnya. *Rectifier* atau penyearah gelombang adalah rangkaian elektronika dalam *power supply* yang berfungsi untuk mengubah gelombang AC menjadi gelombang DC setelah tegangannya diturunkan oleh transformator.

Rangkaian *rectifier* biasanya terdiri dari komponen dioda. Terdapat 2 jenis rangkaian *rectifier* dalam *power supply* yaitu “*Half Wave Rectifier*” yang hanya terdiri dari 1 komponen dioda dan “*Full Wave Rectifier*” yang terdiri dari 2 atau 4 komponen dioda. Filter digunakan untuk meratakan arus yang keluar dari *rectifier*. Filter ini biasanya terdiri dari komponen kapasitor yang berjenis Elektrolit atau ELCO (*Electrolyte Capacitor*). Untuk menghasilkan tegangan dan Arus

DC (arus searah) yang tetap dan stabil, diperlukan *Voltage Regulator* yang berfungsi untuk mengatur tegangan sehingga tegangan *output* tidak dipengaruhi oleh suhu, arus beban dan juga tegangan *input* yang berasal dari *output filter*. *Voltage Regulator* pada umumnya terdiri dari Dioda Zener, Transistor atau IC (*Integrated Circuit*). Pada DC Power Supply yang canggih, biasanya *Voltage Regulator* juga dilengkapi dengan *Short Circuit Protection* (perlindungan atas hubung singkat), *Current Limiting* (Pembatas Arus) ataupun *Over Voltage Protection* (Perlindungan Kelebihan Tegangan)

2.6.2. *Circuit Breaker*



Gambar 2.17 *Circuit Breaker*[17]

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) atau Miniatur Pemutus Sirkuit seperti Gambar 2.17, adalah sebuah perangkat elektro-mekanikal yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. Dengan kata lain, MCB dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai yang ditentukan. Namun saat arus dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual. Pada saat terjadi kelebihan beban (*Overload*) ataupun hubung singkat rangkaian (*Short Circuit*). MCB akan beroperasi secara otomatis dengan memutuskan arus listrik yang melewatinya. Secara visual, kita dapat melihat perpindahan *Knob* atau tombol dari kondisi ON menjadi kondisi OFF. Pengoperasian otomatis ini dilakukan dengan dua cara seperti yaitu dengan cara *Magnetic Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik) dan *Thermal Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik dengan Suhu). Pada *Magnetic Tripping* ketika terjadi *short circuit* secara mendadak ataupun kelebihan beban yang sangat tinggi (*Overload*), Medan magnet pada

solenoid MCB akan menarik *latch* (palang) sehingga memutuskan kontak MCB (Trip). Pada *thermal tripping* saat kondisi *overload*, arus yang mengalir melalui bimetal menyebabkan suhu bimetal itu sendiri menjadi tinggi. Suhu panas tersebut mengakibatkan bimetal melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (Trip).

2.7. Relay



Gambar 2.18 Relay[18]

Relay seperti Gambar 2.18, adalah saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektro-mekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yakni *elektromagnet* (Coil) dan mekanikal (Seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.

Pada dasarnya *relay* terdiri dari 4 bagian dasar yaitu *Elektromagnet*(Coil), *Armature*, *Switch Contact*, dan *Spring*(Per). Prinsipnya apabila kumparan *coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya ke posisi baru sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan atau memutus arus listrik di posisi barunya. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *armature* akan kembali lagi ke posisi awal sehingga saklar akan kembali ke posisi awal juga. Kontak pada relay ada dua macam. *Normally Open* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada pada posisi *Open*, dan *Normally Close* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada pada posisi *Close*.

Relay juga dibedakan menurut *Pole* dan *Throw*-nya. *Pole* merupakan banyaknya saklar yang dimiliki oleh sebuah *relay*. *Throw* merupakan banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah saklar. Menurut ini *relay* dibagi menjadi *Single Pole Single Throw* (SPST), *Single Pole Double Throw* (SPDT), *Double Pole Single Throw* (DPST), *Double Pole Double Throw* (DPDT). Beberapa fungsi *relay* yang digunakan dalam peralatan elektronika adalah menjalankan fungsi logika (*Logic Function*), mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan dari signal tegangan rendah, merubah tipe *input* suatu kontroler.

2.8. *Push Button*



Gambar 2.19 *Push Button*[19]

Push button seperti pada Gambar 2.19, adalah perangkat/saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal. *Push button* disini umumnya terdapat jenis *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC), ada juga tombol tekan yang memiliki fungsi ganda, yakni sudah dilengkapi oleh dua jenis kontak, baik NO maupun NC. Jadi tombol tekan tersebut dapat difungsikan sebagai NO, NC atau keduanya. Ketika tombol ditekan, terdapat kontak yang terputus (NC) dan ada juga kontak yang terhubung (NO).

2.9. *Pilot Lamp*

Pilot lamp seperti pada Gambar 2.20, merupakan sebuah perangkat LED yang memberikan indikator cahaya saat dialiri listrik.

Pilot lamp bekerja ketika ada tegangan masuk dengan menyalanya sebuah lampu pada *pilot lamp*.



Gambar 2.20 *Pilot Lamp*[19]

Pilot lamp sekarang banyak sekali macamnya, dahulu menggunakan bolham atau dop dan sekarang sudah eranya sebuah teknologi LED yang mempunyai kelebihan lebih terang dan hemat energi. Penggunaan warna lampu juga sangat berpengaruh untuk memudahkan manusia untuk menganalisa sebuah informasi, dalam *pilot lamp* ada beberapa warna yang sudah distandarkan. Perangkat ini dapat bekerja di tegangan AC ataupun DC bergantung jenis yang digunakan, biasanya bekerja di tegangan 24 VDC, 100-120 VAC, 200-230 VAC.

2.10. Limit Switch

Limit switch seperti pada Gambar 2.21, adalah perangkat elektromekanikal yang mempunyai tuas aktuator sebagai pengubah posisi kontak terminal (dari *Normally Open/NO* ke *Close* atau sebaliknya dari *Normally Close/NC* ke *Open*). Posisi kontak akan berubah ketika tuas aktuator tersebut terdorong atau tertekan oleh suatu objek. Sama halnya dengan saklar pada umumnya, *limit switch* juga hanya mempunyai 2 kondisi, yaitu menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik. Dengan kata lain hanya mempunyai kondisi ON atau Off. Namun sistem kerja *limit switch* berbeda dengan saklar pada umumnya, jika pada saklar umumnya sistem kerjanya akan diatur/dikontrol secara manual oleh manusia (baik diputar atau ditekan). Sedangkan *limit switch* dibuat dengan sistem kerja yang berbeda, *limit switch* dibuat dengan sistem kerja yang dikontrol oleh dorongan atau tekanan (kontak fisik) dari gerakan suatu objek pada aktuator.



Gambar 2.21 *Limit Switch*[20]

Sistem kerja ini bertujuan untuk membatasi gerakan ataupun mengendalikan suatu objek/mesin tersebut, dengan cara memutuskan atau menghubungkan aliran listrik yang melalui terminal kontakannya, juga dapat digunakan sebagai sensor posisi atau kondisi suatu objek.

2.11. *Emergency Button*

Emergency Button seperti Gambar 2.22, adalah perangkat yang berfungsi untuk memutuskan arus listrik pada sistem utama. Dalam arti lain adalah mekanisme keamanan pada mesin ketika sedang dalam kondisi abnormal yang tidak dapat dimatikan dengan cara pada umumnya. Tombol ini digunakan secara khusus untuk mematikan kerja mesin tanpa memperhatikan proses yang berjalan meskipun dapat merusak peralatan pada saat terjadi keadaan yang tidak normal atau yang tidak diinginkan.



Gambar 2.22 *Emergency Button*[19]

Prinsipnya, tombol ini akan memutus saat kita tekan dan untuk mengembalikannya dapat kita putar searah jarum jam. Biasanya tombol ini dibuat dengan warna merah dan seperti jamur yang membuatnya tampak lebih menonjol dibanding komponen lainnya.

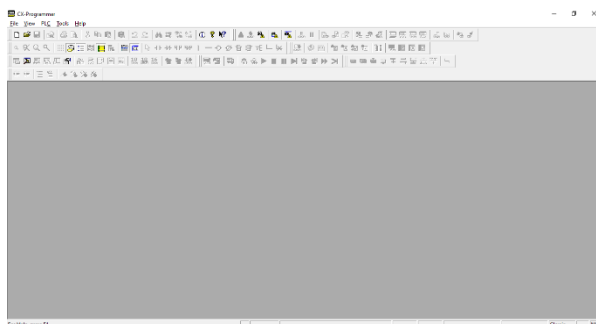
2.12. Buzzer



Gambar 2.23 Buzzer[19]

Buzzer seperti Gambar 2.23, adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* adalah dengan adanya kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (*alarm*).

2.13. CX-Programmer

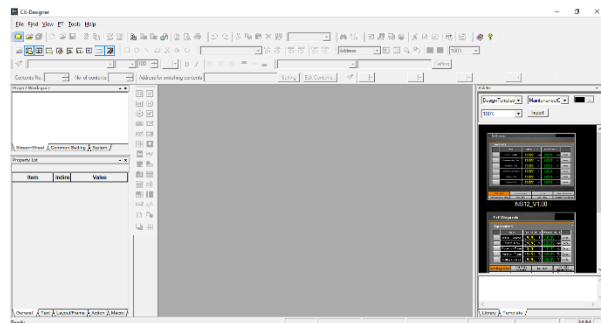


Gambar 2.24 Tampilan Awal CX-Programmer[21]

CX-Programmer seperti Gambar 2.24, adalah perangkat lunak untuk membuat, menguji dan mengecek sebuah program pada PLC merek OMRON[21]. *Software* ini beroperasi di bawah sistem operasi windows, oleh sebab itu pemakai diharapkan sudah familier dengan sistem operasi windows. Pemakaian sistem operasi ini antara lain untuk menjalankan program aplikasi, membuat file, menyimpan file, mencetak file, menutup file, membuka file, dan keluar dari *software*. *Software* ini memberikan beberapa fasilitas berupa *find and replace*, *upload* dan *download* serta *online edit* program. *Software* ini juga mensimulasikan program tanpa harus membuka *software* simulasi dan tanpa terhubung ke PLC, dapat memanajemen program menjadi beberapa bagian. *Software* ini menghasilkan program PLC yang dikerjakan dari awal dalam bentuk project file berekstensi .CXP. Dalam *CX-Programmer*, proyek informasi yang terdapat didalamnya berupa Program *Ladder*, Operasi, *Input/Output Table*, *Symbols*, dan kebutuhan memori PLC[21]. *Software* ini hanya dapat membuka 1 project di satu waktu, untuk membuka project lainnya harus membuka *software* ini lagi.

2.14. *CX-Designer*

CX Designer seperti Gambar 2.25, adalah perangkat lunak untuk membuat tampilan HMI merek OMRON[21]. *Software* ini berjalan pada sistem operasi windows dan hanya dapat digunakan untuk HMI OMRON bertipe NS-series.



Gambar 2.25 Tampilan Awal CX-Designer[21]

Software ini memiliki beberapa fitur yaitu, manajemen proyek, penggunaan layer yang mudah, hanya mentransfer program yang diedit saat download. *Software* ini menghasilkan tampilan HMI yang dikerjakan dalam bentuk project file berekstensi .IPP. Dalam file proyek ini berisikan informasi berupa project *workspace*, *property list*, dan *screen creation window*[21].

2.15. Sistem Kontrol

Sistem Kontrol dapat diartikan sebagai kumpulan komponen yang saling bekerja sama dalam mengatur sebuah objek yang memiliki variable yang akan diatur[22]. Hal ini dapat kita pahami dengan definisi dari Sistem, *Plant*, Variabel terkontrol, dan Proses. Sistem adalah kumpulan beberapa elemen yang bekerja sama dalam mencapai tujuan tertentu. *Plant* adalah objek yang akan dikontrol. Variable terkontrol adalah sebuah kondisi dari objek yang harus diukur atau diatur sesuai keinginan, biasanya ini menjadi keluaran dari sistem tersebut. Proses adalah suatu perkembangan kontinyu yang akan memberikan hasil.

2.15.1. Sistem Kontrol Terbuka

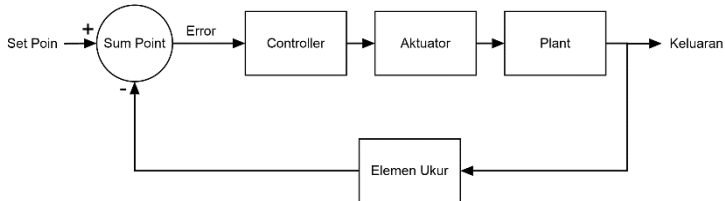
Sistem Kontrol Terbuka seperti Gambar 2.26, adalah sistem dengan keluaran yang tidak mempengaruhi proses pengaturan suatu objek[22]. Dengan arti lain adalah keluaran dari sistem ini tidak diukur ataupun diumpanbalik sebagai pembanding masukan dengan masukan awal untuk pengaturannya[22]. Sebagai contoh adalah mesin cuci yang bekerja menggunakan waktu, sehingga keluaran dari mesin berupa hasil cuci pakaian tidak diukur apakah itu sudah bersih atau tidak.



Gambar 2.26 Sistem Kontrol Terbuka

Oleh karena itu sistem kontrol terbuka hanya dapat digunakan jika hubungan antara masukan dan keluaran sistem diketahui dan tidak terdapat gangguan internal maupun eksternal. Sehingga sistem ini sangat cocok untuk digunakan pada kondisi operasi yang tetap, karena keakuratan hasil dari proses bergantung pada kalibrasi masukan diawal[22].

2.15.2. Sistem Kontrol Tertutup



Gambar 2.27 Sistem Kontrol Tertutup

Sistem Kontrol Tertutup seperti Gambar 2.27, adalah sistem dengan keluaran mempengaruhi proses pengaturan suatu objek[22]. Dengan arti lain adalah keluaran dari sistem ini dibandingkan dengan masukan sebelumnya. Perbandingan tersebut menjadi masukan yang baru untuk proses pengaturannya[22]. Sebagai contoh adalah sistem pengaturan suhu ruangan, suhu yang diinginkan akan menjadi masukan untuk sistem. Suhu yang dikeluarkan pendingin akan dibandingkan dengan suhu yang diinginkan. Perbandingan itu menjadi masukan untuk sistem memberikan perintah pada pendingin ruangan untuk menyala atau tidak. Sehingga kondisi suhu ruangan dapat terjaga dengan nyaman sesuai yang diinginkan.

----*Halaman ini sengaja dikosongkan*----

BAB III

PERAKITAN ALAT

Pada perakitan sistem kontrol pergerakan *Robo-Cylinder* berbasis PLC ini terdapat beberapa tahap, yaitu tahap pemahaman konsep Mesin Auto Transfer, Mesin Auto Transfer, Perakitan rangkaian Daya dan *Input/Output*, Perakitan rangkaian kontrol *Robo-Cylinder*, dan Pembuatan Program.

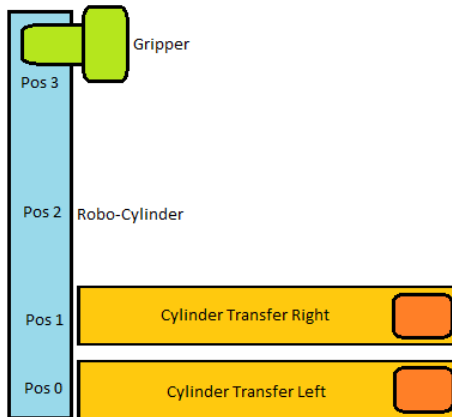
3.1. Konsep Mesin yang dibutuhkan

PT. Astra Otoparts Divisi WINTEQ merupakan perusahaan yang menghasilkan produk berupa *Special Purpose Machine*. Salah satunya adalah Mesin Auto Transfer, mesin ini digunakan untuk pemindahan hasil produksi proses sebelumnya ke proses selanjutnya. Proses pemindahan tersebut sebelumnya dilakukan oleh operator dan untuk memulai proses selanjutnya juga harus dilakukan oleh operator. Untuk memberikan efisiensi kerja yang lebih baik dan tetap menjaga keselamatan kerja operator, maka PLC digunakan sebagai sistem kontrol pada mesin ini. Sistem kontrol ini diharapkan mampu memenuhi beberapa kondisi berupa :

- a. Terdapat dua penggunaan aktuator, berupa *Gripper* dan *Transfer* yang terdiri dari *Cylinder* Pneumatik dan *Robo-Cylinder*. *Gripper* dibentuk dengan *Cylinder* untuk *Clamp/Unclamp* dan *Up/Down*. *Transfer* dibentuk dengan 2 *Cylinder* yang dipasang *parallel* untuk *Forward/Backward*, dan *Robo-Cylinder* untuk memindahkan menuju posisi akhir[23].
- b. Penggunaan *Robo-Cylinder* dengan metode Posisi untuk memindahkan *Gripper* yang ditaruh pada *Robo-Cylinder*. Pemindahan dari 2 posisi menuju 1 posisi akhir. Terdapat 1 posisi siaga yang digunakan saat kondisi tertentu[23].
- c. Terdapat tampilan yang berisi semua informasi mesin yang dapat diakses oleh operator[23].
- d. Terdapat integrasi untuk menjalankan proses pada mesin selanjutnya setelah proses pemindahan selesai[23].

Dengan kondisi tersebut, sistem kontrol mesin ini harus bisa memberikan proses pemindahan hasil produksi proses sebelumnya dengan menggunakan *Cylinder* pneumatik dan *Robo-Cylinder*.

3.2. Mesin Auto Transfer



Gambar 3.1 Ilustrasi Mesin Auto Transfer



Gambar 3.2 Ilustrasi Benda Kerja Mesin Auto Transfer

Mesin seperti Gambar 3.1 ini dirancang untuk memenuhi konsep dengan proses pemindahan benda kerja yang dilakukan oleh aktuator *Cylinder* pneumatik dan *Robo-Cylinder*. Mesin ini akan memiliki 2 proses, proses pertama adalah Transfer dan proses kedua adalah *Pick and Place*. *Pick and Place* adalah kegiatan mengambil benda di suatu lokasi dan dipindahkan ke lokasi berikutnya. Sistem *Pick and Place* ini biasanya dilakukan dengan robot, tetapi pada mesin ini digantikan oleh kombinasi aktuator. *Robo-Cylinder* yang dapat bergerak linear menuju suatu posisi dengan akurat dan dikombinasikan dengan *Cylinder*

pneumatik sebagai *Gripper* dapat menyerupai robot untuk proses *Pick and Place*. Selain proses tersebut mesin ini juga memiliki proses Transfer yang bekerja sebelum proses *Pick and Place*. Proses Transfer ini digerakkan oleh 2 *Cylinder* pneumatik yang ditempatkan *parallel*. *Cylinder* tersebut memiliki gerakan maju dan mundur yang membawa benda kerja setelah ditaruh oleh Operator. Benda kerja dari mesin ini berbentuk tabung tanpa tutup dan bagian bawahnya terdapat lubang seperti pada Gambar 3.2. Kedua proses tersebut diatur oleh PLC dengan mengolah aktuator dan sensor yang dijalankan secara sekuensial sehingga konsep pergerakan mesin Auto Transfer tercapai.

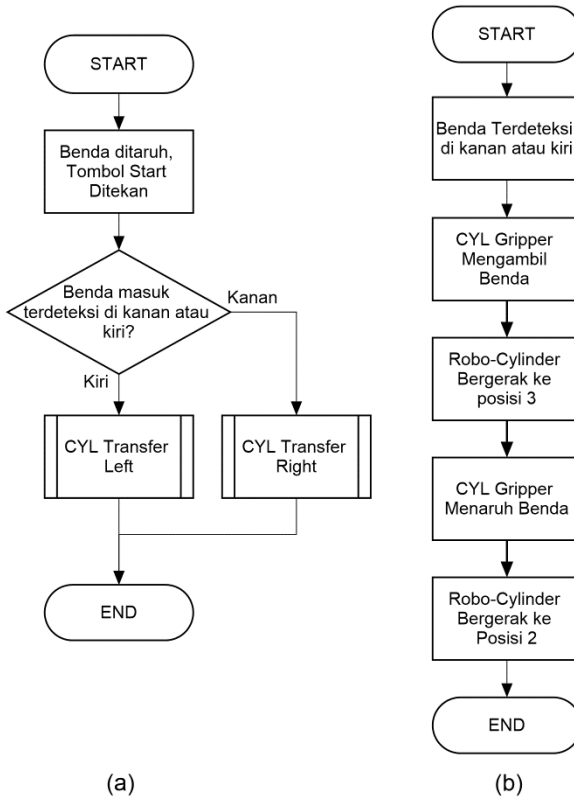
3.2.1. Perangkat Penyusun Sistem Kontrol Mesin

Perangkat yang menyusun sistem kontrol ini agar proses kerja mesin tercapai tertera pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perangkat Penyusun[23]

No.	Nama	Tipe	QTY
1	PLC	CP1E-N60DR OMRON	1
2	HMI Touch Screen	NS5-SQ10B-V2 OMRON	1
3	Photoelectric Sensor	PR-MB30N3 KEYENCE	2
		PZ-G42N KEYENCE	2
4	Proximity Sensor	E2E-X10ME1 OMRON	2
5	Reed Switch	D-M9BWL SMC	8
6	Pressure Switch	ISE30A-01 SMC	1
7	Limit Switch	HL-5050 OMRON	1
8	Emergency Button	XA1E-BV3R	1
9	Push Button	AH164-TGE3 FUJI	3
10	Selector Switch	AH164-P2B11 FUJI	1
11	Buzzer	AH164-TXBE FUJI	1
12	Pilot Lamp	AH164-ZTE3 FUJI	3
13	IAI Robo-Cylinder	RCS2-SA7R-I IAI	1
14	Driver IAI	SCON-C-60-I IAI	1
15	Cylinder Pneumatik	MHL2-25D SMC	1
		MGPM25-75Z SMC	1
		MY3B32-850HS SMC	2
16	Solenoid Valve	SY5300-5U1 SMC	4
		SY5200-5U1 SMC	1

3.2.2. Alur Proses mesin



Gambar 3.3 (a)Alur ProsesTransfer (b)Alur Proses *Pick and Place*[23]

Sesuai Gambar 3.3, proses pemindahan benda kerja mesin ini diawali dengan kondisi aktuator mesin berada pada kondisi *Home*. Kondisi *Home* adalah kondisi aktuator pada sebuah mesin berada di posisi terdekat atau posisi awal untuk memulai sebuah proses. Kondisi *Home* mesin ini adalah *Cylinder* transfer akan selalu berposisi Silang dengan *Cylinder* transfer 1 pada posisi *Forward* dan *Cylinder* transfer 2 pada posisi *Backward*. *Cylinder Gripper* akan berada pada posisi *Up* dan *Unclamp*, dan *Robo-Cylinder* akan berada pada posisi awal *stroke*. Kemudian operator menaruh benda kerja dan menekan *limit switch*

untuk menjalankan proses mesin. Dengan sensor yang mendeteksi benda kerja telah ditaruh maka *Cylinder* transfer yang berisi benda kerja akan bergerak maju sampai akhir *Stroke* dan *Cylinder* transfer lainnya bergerak mundur, ketika *Cylinder* yang bergerak mundur melewati sensor *low speed* maka *Cylinder* yang bergerak mundur akan bergerak lebih lambat hingga akhir. Bersamaan dengan *Cylinder* bergerak maju, *Robo-Cylinder* bergerak menuju posisi *Cylinder* transfer yang bergerak maju berakhir. Kemudian *Gripper* yang ditaruh pada *Robo-Cylinder* akan turun setelah benda kerja telah terdeteksi sensor dan *Gripper* akan memegang benda kerja. Kemudian *Gripper* akan naik kembali dan *Robo-Cylinder* akan bergerak menuju posisi Siaga. Ketika dalam posisi siaga, *Robo-Cylinder* menunggu sinyal dari mesin selanjutnya untuk dapat menaruh benda kerja ke mesin tersebut. Ketika sinyal telah diterima maka *Robo-Cylinder* akan bergerak ke posisi mesin selanjutnya. Setelah sampai, maka *Gripper* akan bergerak turun dan melepas benda kerja, lalu *Gripper* akan naik dan memberikan sinyal untuk memulai proses pada mesin selanjutnya. Bersamaan dengan itu *Gripper* akan kembali bergerak keposisi siaga dan menunggu ada *Cylinder* transfer yang bergerak maju membawa benda kerja.

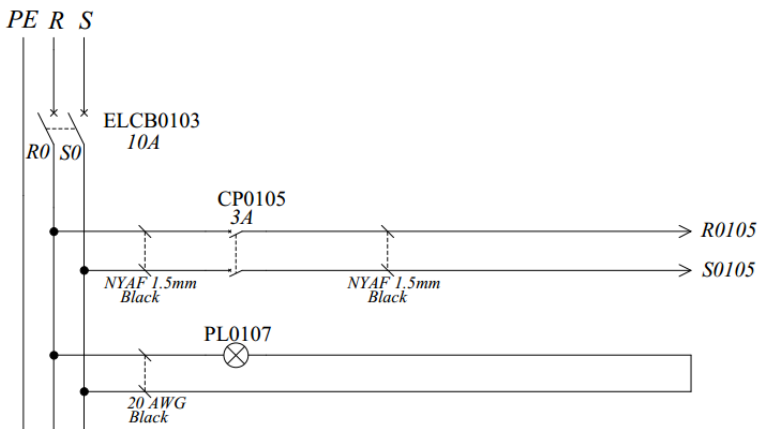
3.3. Perakitan Rangkaian Daya dan Input/Output

Perakitan rangkaian Daya dan *Input/Output* ini mengikuti diagram rangkaian yang telah dibuat oleh PT. Astra Otopars Divisi WINTEQ.

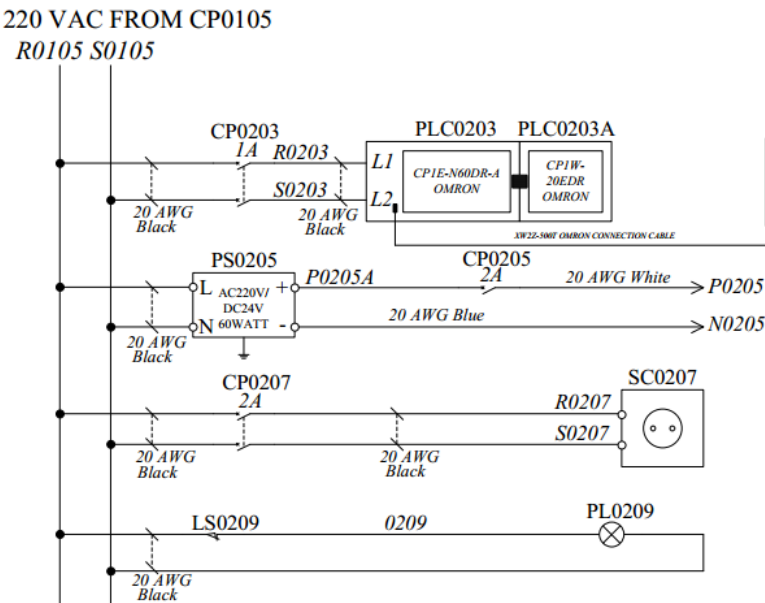
3.3.1. Perakitan Rangkaian Daya

Pengkabelan rangkaian daya ini terletak didalam Main panel dengan konfigurasi pengkabelan mengikuti Gambar 3.4 dan 3.5. Pada Gambar 3.4, mesin ini menggunakan daya sebesar 220V yang dibatasi oleh MCB (*Miniature Circuit Breaker*) sebagai pengaman ketika arus total yang dipakai pada mesin melebihi spesifikasi dari MCB, MCB ini digunakan sebagai pengaman utama mesin dari sumber listrik. Setelah melewati MCB daya diambil untuk Main panel dengan pelindung *Circuit Protector* yang memiliki prinsip sama dengan MCB. Selain itu daya dari MCB juga disambungkan dengan *Pilot Lamp*, *Pilot Lamp* ini ditaruh pada Main Panel untuk menandakan bahwa daya telah diberikan ke mesin ketika mesin dinyalakan. Pada Gambar 3.5, daya dari *circuit protector* diambil untuk PLC, *Power Supply* DC, Stop kontak, dan

lampu panel. Untuk daya PLC dan stop kontak dilindungi oleh *Circuit protector* sehingga arus yang masuk dapat dibatasi.



Gambar 3.4 Rangkaian Daya Utama[23]

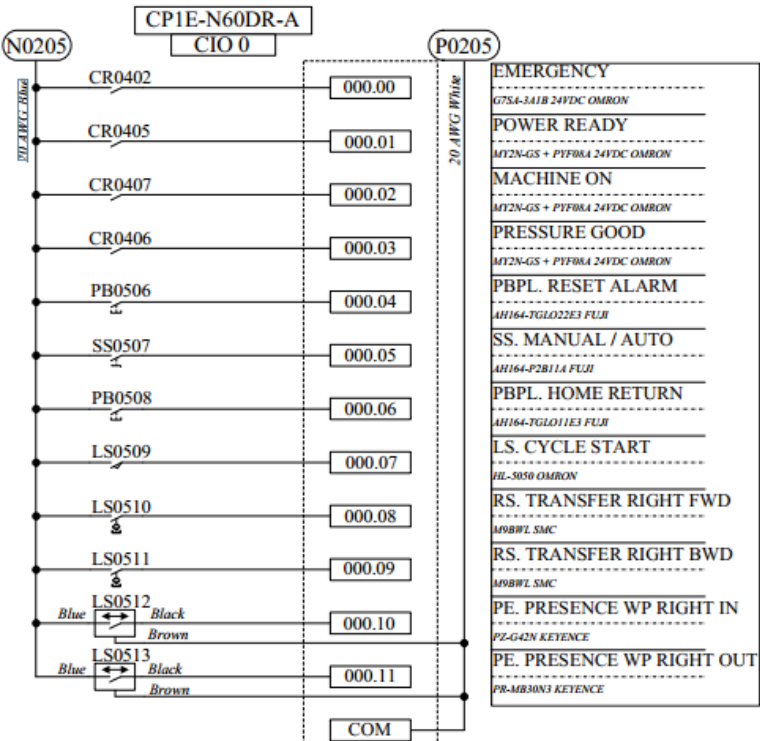


Gambar 3.5 Rangkaian Daya Kontrol[23]

Power supply yang akan memberikan daya pada perangkat lain dilindungi oleh *Circuit Protector* tipe DC, sehingga dapat membatasi arus yang masuk.

3.3.2. Perakitan Rangkaian *Input/Output*

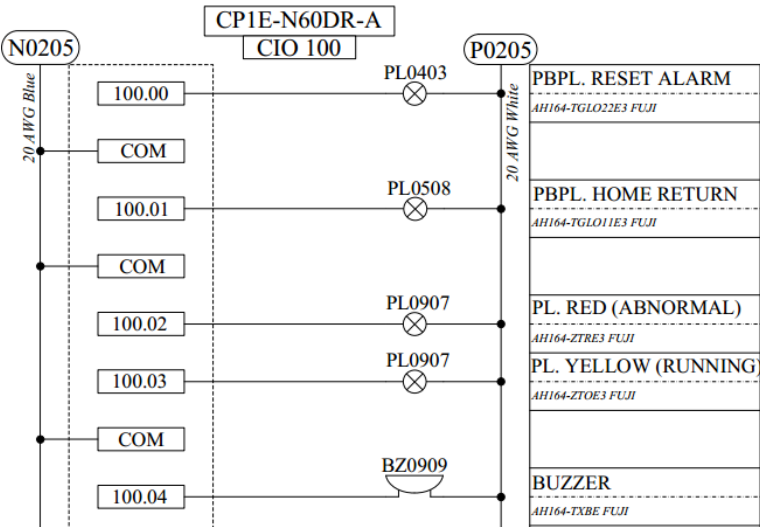
Pengkabelan rangkaian ini terletak didalam *Main panel*, yaitu di PLC. PLC sebagai kontroler mesin ini memerlukan masukan dan akan memberikan keluaran untuk menggerakkan aktuator. Perangkat masukan dan keluaran untuk PLC ini menggunakan sumber daya 24VDC yang disediakan oleh *Power Supply*.



Gambar 3.6 Diagram Rangkaian *Input*[23]

Pada Gambar 3.6, masukan pada PLC ini terdiri dari Sensor dan Tombol. Sensor pada perangkat ini terdiri dari *Photoelectric*,

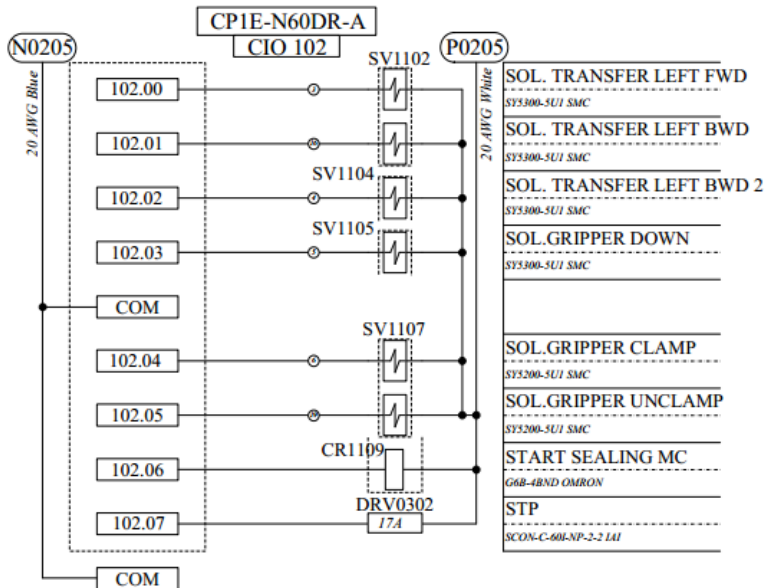
Reedswitch, Proximity, Limit Switch dan Pressure Switch. Photoelectric digunakan untuk mendeteksi benda kerja saat berada pada *cylinder transfer*. *Proximity* digunakan untuk mendeteksi pintu pada mesin sebagai bagian dari keamanan untuk operator. *Reedswitch* digunakan untuk mendeteksi pergerakan *cylinder* pneumatik telah mencapai akhir *stroke*. *Limit switch* digunakan untuk operator menjalankan proses mesin dengan menekannya. *Pressure Switch* digunakan untuk mendeteksi tekanan angin yang masuk kedalam mesin telah mencapai batas yang ditentukan. Tombol pada perangkat ini terdiri dari *Push Button, Emergency Button, dan Selector Switch*. *Push button* digunakan untuk memberi sinyal agar aktuator pada mesin bergerak kembali ke posisi *Home*. *Emergency button* digunakan untuk memutus proses kerja mesin ketika terjadi hal yang tidak diinginkan. *Selector switch* digunakan untuk berganti mode mesin dari *Manual* menuju *Auto*.



Gambar 3.7 Diagram Rangkaian Output 1[23]

Pada Gambar 3.7 dan 3.8, keluaran PLC terdiri dari *Pilot Lamp, Buzzer* dan *Solenoid Valve*. *Pilot lamp* pada mesin ini terdiri dari beberapa warna yaitu, hijau menandakan posisi aktuator sedang berada pada kondisi *Home*, kuning menandakan proses mesin sedang berjalan, merah menandakan terjadinya *alarm* atau kesalahan pada mesin. *Buzzer*

digunakan untuk menandakan mesin sedang terdapat kesalahan sehingga *buzzer* akan berbunyi sampai kesalahan yang terjadi telah dihilangkan. *Solenoid Valve* digunakan untuk menggerakkan *cylinder* yang ditenagai oleh udara bertekanan, *solenoid* ini akan membuka dan menutup ruang tertentu sehingga jalur udara yang masuk ke *cylinder* dapat membuat *cylinder* bergerak sesuai keinginan.

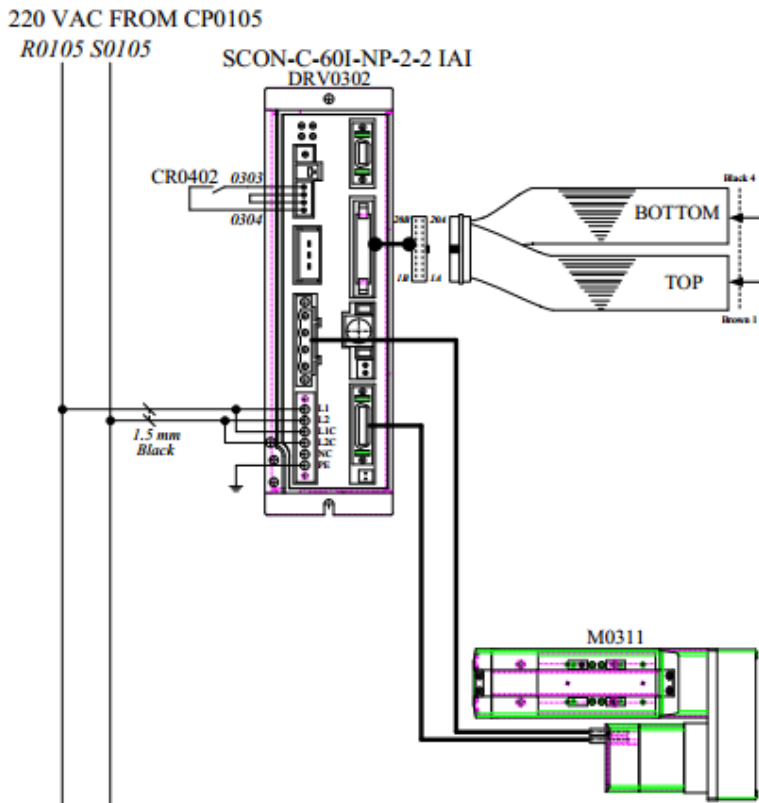


Gambar 3.8 Diagram Rangkaian Output 2[23]

3.4. Perakitan Rangkaian Kontrol Robo-Cylinder

Robo-Cylinder merupakan aktuator yang dapat bergerak linear menuju suatu posisi dengan akurat. *Robo-Cylinder* terdiri dari Motor Servo yang menggerakkan objek melalui *Ball Screw*, dan Driver Motor yang berfungsi untuk mengatur pergerakan motor servo. *Robo-Cylinder* sendiri merupakan sebuah sistem kontrol tertutup yang terdiri dari *Controler*, *Actuator*, *Plant* dan *Measurement System*. Kontrolernya adalah driver motor, aktuatornya adalah motor servo, *plant* yang digunakan adalah objek yang ditaruh di *Robo-Cylinder*, dan *measurment system* yang digunakan adalah encoder. *Robo-Cylinder* sendiri sudah dapat bergerak hanya dengan mengaturnya melalui driver motor, tetapi

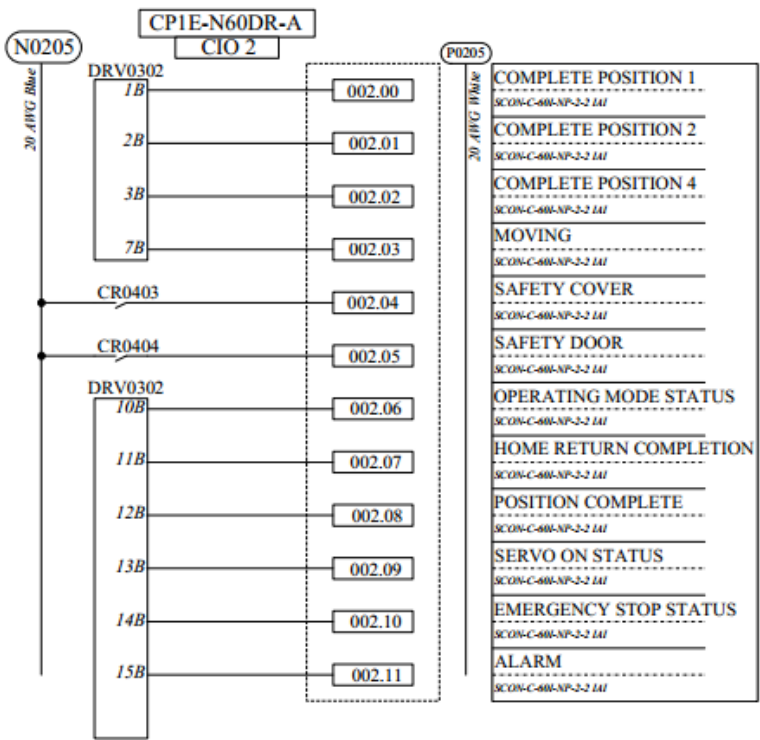
pada mesin ini *Robo-Cylinder* digabungkan dengan *Cylinder* pneumatik sebagai *Gripper* dan *Cylinder* pneumatik sebagai transfer. Pergerakan dari *Robo-Cylinder* tidak bisa hanya diatur oleh driver motor, sehingga digunakan PLC sebagai pengatur gerakan *Robo-Cylinder* dan gerakan aktuator lainnya. Untuk menggabungkan *Robo-Cylinder* dengan PLC terdapat rangkaian yang harus dihubungkan dengan PLC, rangkaian itu tertera pada *electrical drawing* yang telah dibuat PT. Astra Otoparts Divisi WINTEQ.



Gambar 3.9 Rangkaian daya *Robo-Cylinder*[23]

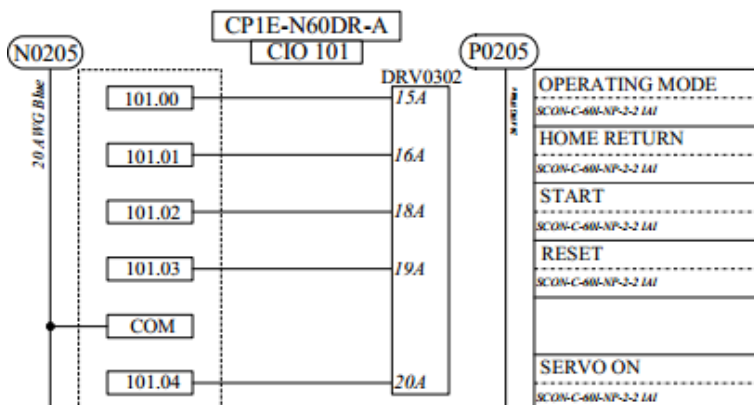
Pada Gambar 3.9, konfigurasi pengkabelan dari *Robo-Cylinder* dengan PLC dimulai dari sumber daya yang digunakan oleh *Robo-*

Cylinder berupa Sumber 220VAC yang telah dilindungi oleh *Circuit Protector*. Sumber tersebut kemudian diolah oleh driver motor dan dihubungkan dengan motor Servo melalui kabel Power motor yang terhubung ke driver motor. Motor juga memberikan sinyal dari encoder yang dihubungkan ke driver motor menggunakan kabel encoder



Gambar 3.10 Rangkaian *Input* PLC dari Robo-Cylinder[23]

Untuk komunikasi dengan PLC, driver motor dihubungkan melalui *Port I/O* menuju ke PLC dengan *input* untuk driver motor berasal dari *output* PLC, dan *output* driver motor digunakan sebagai *input* PLC. Untuk konfigurasi *emergency* pada driver motor dihubungkan dengan sistem *emergency* pada mesin dengan menggunakan *relay*.



Gambar 3.11 Rangkaian Output PLC ke Robo-Cylinder[23]

Pada Gambar 3.10 dan 3.11, merupakan Konfigurasi I/O dari driver motor yang dihubungkan PLC dengan keterangan terdapat pada Tabel 3.2 dan 3.3.

Tabel 3.2 Konfigurasi Input PLC[24]

No.	Nama	Keterangan
1	Complete Position 1 (PM1)	Sinyal yang dikeluarkan oleh Driver motor ketika posisi telah tercapai pada Bit 0, Bit 1, dan Bit 2. Sehingga dapat membentuk kombinasi dari nilai biner menjadi decimal.
2	Complete Position 2 (PM2)	
3	Complete Position 4 (PM4)	
4	Moving (MOVE)	Sinyal yang dikeluarkan oleh Driver motor ketika motor sedang bergerak.
5	Operating Mode Status (RMDS)	Sinyal yang dikeluarkan oleh Driver motor saat mode AUTO atau MANU.
6	Home Return Completion (HEND)	Sinyal yang dikeluarkan oleh Driver motor ketika Robo-Cylinder sudah dan pernah mencapai Posisi Origin (Home)

No.	Nama	Keterangan
7	Position Complete (PEND)	Sinyal yang dikeluarkan oleh Driver motor ketika <i>Robo-Cylinder</i> telah selesai berpindah kesuatu posisi.
8	Servo ON Status (SV)	Sinyal yang dikeluarkan Oleh driver Motor saat Motor dalam kondisi menyala
9	Emergency Stop Status (EMGS)	Sinyal yang dikeluarkan oleh driver motor ketika Driver dalam kondisi emergency.
10	Alarm (ALM)	Sinyal yang dikeluarkan oleh driver motor ketika motor mengalami kesalahan dan terjadi alarm.

Tabel 3.3 Konfigurasi *Output* PLC[24]

No.	Nama	Keterangan
1	Command Position 1 (PC1)	Sinyal yang diberikan ke Driver motor dalam bentuk Kombinasi Biner yang terdiri dari Bit 0, Bit 1, dan Bit 2. Sinyal ini digunakan untuk memilih posisi tertentu untuk <i>Robo-Cylinder</i> bergerak.
2	Command Position 2 (PC2)	
3	Command Position 4 (PC4)	
4	Operating Mode (RMDO)	Sinyal yang diberikan untuk memindah mode AUTO atau MANU.
5	Home Return (HOME)	Sinyal yang diberikan ke Driver motor agar <i>Robo-Cylinder</i> bergerak menuju Origin (Home)
6	Start (CSTR)	Sinyal yang diberikan ke Driver motor agar motor dapat bergerak.
7	Reset (RES)	Sinyal yang diberikan ke Driver motor untuk

No.	Nama	Keterangan
		menghilangkan alarm yang terjadi pada <i>Robo-Cylinder</i>
8	Servo ON (SON)	Sinyal yang diberikan ke Driver motor untuk mengaktifkan motor sebelum mulai digerakkan.
9	Pause (STP)	Sinyal yang diberikan ke Driver motor agar motor dapat bergerak.

3.5. Pembuatan Program Pergerakan *Robo-Cylinder*

Berdasarkan alur proses mesin maka pergerakan *Robo-Cylinder* akan memiliki 4 posisi, posisi 0 dan 1 adalah posisi tempat berakhirnya *cylinder* transfer bergerak. Posisi 3 merupakan posisi tempat menaruh benda yang telah diambil oleh *gripper* yaitu di mesin selanjutnya. Posisi 2 merupakan posisi siaga dan berada di antara posisi 3 dan 1. Metode yang digunakan untuk menggerakkan *Robo-Cylinder* adalah metode posisi. Metode posisi adalah cara untuk menggerakkan *Robo-Cylinder* dengan memilih posisi yang telah ditentukan jaraknya dari titik origin. Mengatur pergerakan *Robo-Cylinder* ini memiliki beberapa tahap yang harus dilakukan.

3.5.1. Konfigurasi Posisi pada Software *Robo-Cylinder*

Setelah driver motor dan motor servo telah tersambung dengan sumber daya dan konfigurasi pengkabelan telah sesuai dengan *electrical drawing*. Untuk menentukan posisi pergerakan *Robo-Cylinder* diperlukan *Software Interface*-nya. Pada Gambar 3.12, terdapat 4 posisi yang telah ditentukan berdasarkan jarak dalam satuan mm. Untuk menentukan posisi ini, *software interface Robo-Cylinder* harus terkoneksi dengan driver motor. Setelah itu pilih menu *setting* dan *controller* pada *toolbar*, kemudian pilih *Check connected axes* dan tunggu hingga proses *scanning* selesai. Kemudian pilih *teach 1* dan akan tampil menu utama dari *Robo-Cylinder* yang telah terkoneksi. Klik *position data* untuk memasukkan target posisi yang didapatkan melalui *teaching*[24].

Robo-Cylinder dapat digerakkan *forward* atau *backward* menuju posisi yang diinginkan kemudian tekan *teach* untuk mendapatkan target

posisi tersebut. Posisi yang telah terdapat pada driver motor dari hasil *teaching* memiliki nomor urut posisi dalam bentuk desimal yang dijadikan sebagai nilai perintah dari PLC untuk menggerakkan *Robo-Cylinder* menuju target posisi tersebut.

No	Position [mm]	Speed [mm/s]	ACC [G]	DCL [G]
0	1.90	800.00	0.50	0.50
1	0.00	500.00	0.30	0.30
2	260.00	800.00	0.50	0.50
3	0.00	500.00	0.30	0.30
4	520.00	800.00	0.50	0.50
5	0.00	500.00	0.30	0.30
6	135.76	800.00	0.50	0.50
7				
8				
Input range : -0.15 to 550.15				

Gambar 3.12 Konfigurasi Posisi pada *Robo-Cylinder*

3.5.2. Prosedur menjalankan *Robo-Cylinder* dengan PLC

Robo-Cylinder memiliki beberapa tahapan agar dapat digerakkan melalui PLC dengan komunikasi *Input/Output*. Agar dapat bergerak dengan metode posisi, posisi *Dip Switch* 1 pada driver motor harus berada dalam kondisi OFF dan parameter no. 25 pada driver motor harus di set pada nilai 0. Untuk menggerakkan melalui PLC *selector switch* pada driver harus di pilih dalam mode AUTO. Kemudian *emergency stop* pada *Connector System I/O* driver motor harus disambungkan sehingga *Robo-Cylinder* tidak dalam kondisi *emergency*. Apabila motor yang digunakan menggunakan *Brake*, maka *connector brake* harus diberikan sumber daya 24V[24]. Setelah tahapan diatas terpenuhi maka PLC dapat memberikan sinyal sesuai prosedur berikut :

- Sinyal *Servo ON* (SON) harus diberikan dari PLC untuk menyalakan motor Servo.
- Sinyal *Brake Release* (BKRL) harus diberikan dari PLC untuk melepas brake pada motor apabila tipe motor servo yang digunakan menggunakan brake.
- Sinyal *Command Position* (PC) harus diberikan dengan kombinasi biner yang sesuai dengan nomor urut target posisi pada driver.

- d. Sinyal *Pause* (STP) harus diberikan untuk dapat menggerakkan motor.
- e. Sinyal *Start* (CSTR) harus diberikan setelah semua tahapan diatas telah dilakukan, sehingga *Robo-Cylinder* akan bergerak setelah sinyal diberikan.

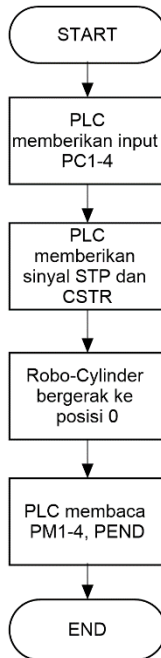
Semua tahapan tersebut dapat menggerakkan *Robo-Cylinder* apabila *Robo-Cylinder* pernah berada di posisi *Home* (*Origin*). Untuk memerintahkan *Robo-Cylinder* ke posisi *Home* harus diberikan Sinyal *Home Return* (HEND) dan Sinyal *pause* (STP) sehingga *Robo-Cylinder* akan bergerak menuju posisi *Home*.

3.5.3. Pembuatan program Posisi pada PLC

Posisi yang dimiliki pada *Robo-Cylinder* terdiri dari 4 posisi, sehingga program dibuat untuk setiap posisi mengikuti prosedur yang disebutkan.

- a. Program Pergerakan *Robo-Cylinder* ke Posisi 0

Posisi 0 merupakan posisi dari *cylinder* transfer 1 berada dan paling dekat dengan *origin* dari *Robo-Cylinder*. Program ini digunakan untuk menggerakkan *Robo-Cylinder* ke posisi 0 di mesin. Posisi 0 menurut posisi dari *Robo-Cylinder* berada pada posisi nomor urut 0 pada data posisi di *Robo-Cylinder*. Seperti pada lampiran A2 dan Gambar 3.13, untuk menjalankan *Robo-Cylinder* menuju posisi 0 harus memberikan perintah pada driver motor berupa kombinasi posisi. Dikarenakan posisi 0, maka setiap bit kombinasinya bernilai 0 sehingga tidak perlu mengirim perintah kombinasi posisi dan hanya perlu mengirim sinyal *pause* dan *start* ke driver motor. Setelah *Robo-Cylinder* telah sampai ke posisi 0 maka *Robo-Cylinder* akan memberikan sinyal, tetapi sinyal tersebut tidak akan keluar apabila sinyal perintah dari PLC untuk *Robo-Cylinder* bergerak ke posisi 0 tidak hilang. Maka dari itu digunakan sinyal *moving* dari *Robo-Cylinder* untuk menghilangkan sinyal perintah tersebut ketika *Robo-Cylinder* telah sampai posisi yang dituju.

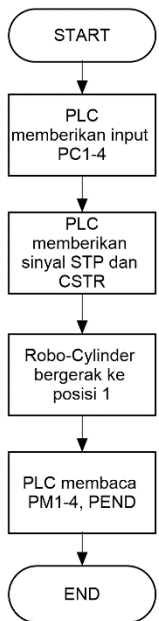


Gambar 3.13 Diagram Alir Program Posisi 0

b. Program Pergerakan *Robo-Cylinder* ke Posisi 1

Posisi 1 merupakan posisi dari *cylinder* transfer 2 yang bersebalahan dengan *cylinder* transfer 1. Program ini digunakan untuk menggerakkan *Robo-Cylinder* ke posisi 1 di mesin. Posisi 1 menurut posisi dari *Robo-Cylinder* berada pada posisi nomor urut 6 pada data posisi di *Robo-Cylinder*. Seperti pada lampiran A3 dan Gambar 3.14, untuk menjalankan *Robo-Cylinder* menuju posisi 1 harus memberikan perintah pada driver motor berupa kombinasi posisi. Kombinasi yang digunakan untuk bisa memilih posisi 6 pada data posisi *Robo-Cylinder* adalah kombinasi 3 Bit dengan bit 0 bernilai 0, bit 1 bernilai 1 dan bit 2 bernilai 1. Dengan kombinasi tersebut maka didapatkan perintah untuk memilih posisi 6 pada tabel posisi *Robo-Cylinder*. Perintah *pause* dan *start* diberikan setelah perintah kombinasi biner, sehingga *Robo-Cylinder* akan bergerak ke posisi 1. Setelah sampai pada posisinya *Robo-Cylinder* tidak akan mengeluarkan sinyal konfirmasi apabila sinyal

perintah untuk bergerak ke posisi 1 telah dihilangkan. Maka digunakan cara yang sama seperti pada posisi 0 untuk semua posisi agar sinyal konfirmasi posisi dapat dikeluarkan oleh *Robo-Cylinder*. Sinyal konfirmasi yang didapat setelah sampai ke posisi 1 adalah berupa kombinasi biner yang dikeluarkan oleh *Robo-Cylinder* yang sesuai dengan nomor urut posisi pada tabel posisi *Robo-Cylinder* yaitu 6 dengan bit 0 bernilai 0, bit 1 bernilai 1 dan bit 2 bernilai 1.

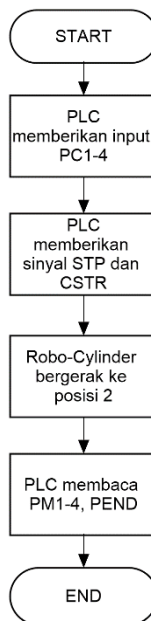


Gambar 3.14 Diagram Alir Program Posisi 1

c. Program Pergerakan *Robo-Cylinder* ke Posisi 2

Posisi 2 merupakan posisi siaga dari proses pergerakan *Robo-Cylinder* pada mesin ini. Program ini digunakan untuk menggerakkan *Robo-Cylinder* ke posisi 2 di mesin. Posisi 2 menurut posisi dari *Robo-Cylinder* berada pada posisi nomor urut 2 pada data posisi di *Robo-Cylinder*. Seperti pada lampiran A4 dan Gambar 3.15, untuk menjalankan *Robo-Cylinder* menuju posisi 2 harus memberikan perintah pada driver motor berupa kombinasi posisi. Kombinasi yang digunakan agar dapat memilih posisi 2 pada data posisi *Robo-Cylinder* adalah

kombinasi 3 Bit dengan bit 0 bernilai 0, bit 1 bernilai 1 dan bit 2 bernilai 0. Dengan kombinasi tersebut maka didapatkan perintah untuk memilih posisi 2 pada data posisi *Robo-Cylinder*. Perintah *pause* dan *start* akan diberikan setelah perintah kombinasi biner sehingga *Robo-Cylinder* dapat bergerak ke posisi 2. Setelah sampai pada posisinya maka *Robo-Cylinder* akan mengeluarkan sinyal konfirmasi dengan menggunakan kombinasi biner yang sesuai dengan nomor urut posisi yang dipilih pada tabel posisi *Robo-Cylinder*. Kombinasi biner tersebut berupa bit 0 bernilai 0, bit 1 bernilai 1 dan bit 2 bernilai 0 sehingga menghasilkan nilai 2.

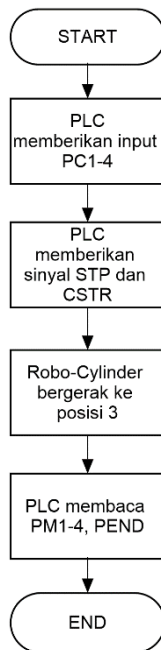


Gambar 3.15 Diagram Alir Program Posisi 2

d. Program Pergerakan *Robo-Cylinder* ke Posisi 3

Posisi 3 merupakan posisi akhir dari proses pergerakan *Robo-Cylinder* dimana menjadi tempat untuk menaruh benda kerja yang dipindahkan. Program ini digunakan untuk menggerakkan *Robo-Cylinder* ke posisi 3 di mesin. Posisi 3 menurut posisi dari *Robo-Cylinder* berada pada posisi nomor urut 4 pada data posisi di *Robo-*

Cylinder. Seperti pada lampiran A5 dan Gambar 3.15, untuk menjalankan *Robo-Cylinder* menuju posisi 3 harus memberikan perintah pada driver motor berupa kombinasi posisi. Kombinasi yang digunakan agar dapat memilih posisi 4 pada data posisi *Robo-Cylinder* adalah kombinasi 3 Bit dengan bit 0 bernilai 0, bit 1 bernilai 0, dan bit 2 bernilai 1. Dengan kombinasi tersebut maka didapatkan perintah untuk memilih posisi 4 pada tabel posisi *Robo-Cylinder*.



Gambar 3.16 Diagram Alir Program Posisi 3

Perintah *pause* dan *start* diberikan setelah kombinasi biner sehingga *Robo-Cylinder* akan bergerak menuju posisi 3. Setelah sampai pada posisi tersebut, *Robo-Cylinder* akan memberikan sinyal konfirmasi dengan kombinasi biner yang sesuai dengan posisi yang dipilih pada tabel posisi *Robo-Cylinder*. Kombinasi biner tersebut adalah bit 0 bernilai 0, bit 1 bernilai 0, dan bit 2 bernilai 1. Kombinasi tersebut akan memberikan nilai 4 yang sesuai dengan perintah kombinasi yang diberikan.

e. Program Pergerakan *Robo-Cylinder* secara Otomatis

Pergerakan *Robo-Cylinder* ini akan menggunakan ke 4 posisi yang telah ditentukan secara bergantian. Pergerakan ini disesuaikan dengan alur proses kerja mesin dan dikombinasikan dengan pergerakan aktuator lainnya. Dengan 4 posisi yang terdapat pada *Robo-Cylinder* maka penggunaan setiap posisinya ditentukan oleh hasil pergerakan atau perlakuan sebelumnya dan akan berpengaruh ke perlakuan setelahnya. Seperti pada lampiran A1, penggunaan posisi dari *Robo-Cylinder* dikendalikan secara sekuensial atau berurutan sesuai proses kerja yang diinginkan. Pergerakan *Robo-Cylinder* ke posisi 0 atau 1 diaktifkan saat benda kerja telah di transfer pada *cylinder* transfer 1 atau 2. Pergerakan *Robo-Cylinder* ke posisi 2 ditentukan saat *gripper* telah mengambil benda dari *cylinder* transfer dan kondisi tidak memungkinkan untuk membawa ke posisi 3 dikarenakan sinyal *ready* dari mesin yang dituju. Pergerakan ke posisi 2 juga ditentukan saat *gripper* telah selesai menaruh benda pada mesin selanjutnya dan tidak ada benda yang dibawa oleh *cylinder* transfer. Pergerakan *Robo-Cylinder* ke posisi 3 ditentukan saat *gripper* telah selesai mengambil benda dari *cylinder* transfer dengan kondisi mesin yang dituju telah mengirim sinyal *ready*.

----Halaman ini sengaja dikosongkan----

BAB IV

PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS DATA

Untuk mengetahui pergerakan *Robo-Cylinder* sesuai dengan alur proses mesin maka dilakukan Pengujian dan Analisis. Pengujian dan Analisis ini sebagai berikut :

4.1. Pengujian Input/Output *Robo-Cylinder*

Pengujian ini dilakukan dengan memonitor output yang dikeluarkan oleh *Robo-Cylinder* masuk ke PLC dan Output yang diberikan PLC masuk ke *Robo-Cylinder* pada Software CX-Programmer dan *Interface* IAI. Pengujian ini digunakan untuk memastikan *input/output* yang digunakan untuk komunikasi PLC dan *Robo-Cylinder* bekerja dengan baik.

Tabel 4.1 Pengujian *Input* PLC

No.	Alamat	Nama Sinyal	Pengujian	Status
1	2.00	PM1	Force Output yang sesuai nama Sinyal dari software <i>Interface</i> IAI dan melihat indikator pada PLC sesuai alamat atau memonitor input melalui software CX-Programmer	NG
2	2.01	PM2		OK
3	2.02	PM4		OK
4	2.03	MOVE		OK
5	2.06	RMDS		OK
6	2.07	HEND		OK
7	2.08	PEND		OK
8	2.09	SV		OK
9	2.10	EMGS		OK
10	2.11	ALM		OK

Status OK menandakan bahwa sinyal tersebut telah siap digunakan. Status NG menandakan bahwa sinyal tersebut tidak dapat digunakan. Pada Tabel 4.1 dilakukan pemberian output dari *Robo-Cylinder* dan melihat sinyal yang masuk pada alamat PLC. Dari hasil uji tersebut didapat kondisi sinyal untuk alamat 2.00 tidak bekerja. Perintah sinyal yang diberikan dari software *Interface* IAI bekerja namun dari driver *Robo-Cylinder* sinyal tersebut hanya bernilai 1 terus menerus. Oleh karena itu sinyal PM1 dikatakan tidak baik karena tidak dapat berubah dari 1 ke 0. Tabel 4.2 menunjukkan semua sinyal yang diberikan ke *Robo-Cylinder* dalam kondisi baik. Sehingga PLC dapat memberikan

perintah ke Robo-Cylinder terus menerus tanpa ada masalah. Dengan adanya satu sinyal yang rusak dari Robo-Cylinder maka penggunaan posisi akan berkurang dikarenakan sinyal yang rusak merupakan PM1. Sinyal PM1 ini merupakan bit pertama sebagai indikator untuk mengetahui posisi yang dicapai oleh Robo-Cylinder, sehingga tidak dapat memberikan indikator posisi dengan nilai kombinasi harus menggunakan bit pertama(PM1).

Tabel 4.2 Pengujian *Output* PLC

No.	Alamat	Nama Sinyal	Pengujian	Status
1	100.05	PC1	Force alamat Output PLC melalui software CX-Programmer dan memonitor input melalui software interface IAI	OK
2	100.06	PC2		OK
3	100.07	PC4		OK
4	101.00	RMDO		OK
5	101.01	HOME		OK
6	101.02	CSTR		OK
7	101.03	RES		OK
8	101.04	SON		OK
9	102.07	STP		OK

4.2. Pengujian Pergerakan Robo-Cylinder Ke posisi 0

Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan program perintah *Robo-Cylinder* ke posisi 0 sebanyak 20 kali dan melihat sinyal keluaran yang diberikan *Robo-Cylinder* seperti Lampiran A8. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan pergerakan dari *Robo-Cylinder* dari posisi manapun ke posisi 0 dan indikator yang diberikan oleh *Robo-Cylinder* kepada PLC saat telah mencapai posisi 0. Pada tabel 4.3, nilai posisi yang diberikan dari *Robo-Cylinder* selama bergerak 20 kali selalu memberikan posisi 1.9 mm. Posisi tersebut sesuai dengan nilai posisi nomor urut 0 pada Gambar 3.12 konfigurasi posisi *Robo-Cylinder*. Hal ini juga diperkuat dengan indikator PM1-4 yang dikeluarkan oleh *Robo-Cylinder* dengan berupa 3 Bit kombinasi biner yang semuanya bernilai 0 menunjukkan nilai 0. Indikator *Position Complete*(PEND) yang bernilai 1 atau menyala setelah *Robo-Cylinder* selesai berpindah posisi dan indikator *Moving*(MOVE) yang bernilai 0 yang menandakan bahwa *Robo-Cylinder* tidak bergerak atau diam.

Tabel 4.3 Pengujian Posisi 0

No.	Nilai Posisi (mm)	Indikator				
		PM1	PM2	PM4	PEND	MOVE
1	1.90	0	0	0	1	0
2	1.90	0	0	0	1	0
3	1.90	0	0	0	1	0
4	1.90	0	0	0	1	0
5	1.90	0	0	0	1	0
6	1.90	0	0	0	1	0
7	1.90	0	0	0	1	0
8	1.90	0	0	0	1	0
9	1.90	0	0	0	1	0
10	1.90	0	0	0	1	0
11	1.90	0	0	0	1	0
12	1.90	0	0	0	1	0
13	1.90	0	0	0	1	0
14	1.90	0	0	0	1	0
15	1.90	0	0	0	1	0
16	1.90	0	0	0	1	0
17	1.90	0	0	0	1	0
18	1.90	0	0	0	1	0
19	1.90	0	0	0	1	0
20	1.90	0	0	0	1	0

4.3. Pengujian Pergerakan *Robo-Cylinder* ke Posisi 1

Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan program perintah *Robo-Cylinder* ke posisi 1 sebanyak 20 kali dan melihat sinyal keluaran yang diberikan *Robo-Cylinder* seperti Lampiran A9. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan pergerakan dari *Robo-Cylinder* dari posisi manapun ke posisi 1 dan indikator yang diberikan oleh *Robo-Cylinder* kepada PLC saat telah mencapai posisi 1. Pada Tabel 4.4, nilai posisi yang diberikan dari *Robo-Cylinder* selama bergerak 20 kali selalu memberikan posisi 135.76 mm. Posisi tersebut merupakan posisi 1 dilihat dari kondisi mesin, tetapi dalam tabel posisi *Robo-Cylinder* berada pada posisi nomor urut 6 seperti pada Gambar 3.12. Hal ini juga diperkuat dengan indikator yang dikeluarkan oleh *Robo-Cylinder* dengan berupa 3 Bit kombinasi biner dengan Bit 0 (PM1) bernilai 0, Bit 1 (PM2) bernilai 1, dan Bit 2 (PM4) bernilai 1.

Tabel 4.4 Pengujian Posisi 1

No.	Nilai Posisi (mm)	Indikator				
		PM1	PM2	PM4	PEND	MOVE
1	135.76	0	1	1	1	0
2	135.76	0	1	1	1	0
3	135.76	0	1	1	1	0
4	135.76	0	1	1	1	0
5	135.76	0	1	1	1	0
6	135.76	0	1	1	1	0
7	135.76	0	1	1	1	0
8	135.76	0	1	1	1	0
9	135.76	0	1	1	1	0
10	135.76	0	1	1	1	0
11	135.76	0	1	1	1	0
12	135.76	0	1	1	1	0
13	135.76	0	1	1	1	0
14	135.76	0	1	1	1	0
15	135.76	0	1	1	1	0
16	135.76	0	1	1	1	0
17	135.76	0	1	1	1	0
18	135.76	0	1	1	1	0
19	135.76	0	1	1	1	0
20	135.76	0	1	1	1	0

Kombinasi ini menunjukkan nilai 6 dan sesuai dengan nomor urut pada tabel posisi *Robo-Cylinder* yang memiliki nilai 135.76 mm. Indikator *Position Complete* yang bernilai 1 atau menyala menandakan *Robo-Cylinder* telah selesai berpindah posisi dan indikator *Moving* yang bernilai 0 yang menandakan bahwa *Robo-Cylinder* tidak bergerak atau diam.

4.4. Pengujian Pergerakan *Robo-Cylinder* ke Posisi 2

Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan program perintah *Robo-Cylinder* ke posisi 2 sebanyak 20 kali dan melihat sinyal keluaran yang diberikan *Robo-Cylinder* seperti Lampiran A10. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan pergerakan dari *Robo-Cylinder* dari posisi manapun ke posisi 2 dan indikator yang diberikan oleh *Robo-Cylinder* kepada PLC saat telah mencapai posisi 2.

Tabel 4.5 Pengujian Posisi 2

No.	Nilai Posisi (mm)	Indikator				
		PM1	PM2	PM4	PEND	MOVE
1	260.00	0	1	0	1	0
2	260.00	0	1	0	1	0
3	260.00	0	1	0	1	0
4	260.00	0	1	0	1	0
5	260.00	0	1	0	1	0
6	260.00	0	1	0	1	0
7	260.00	0	1	0	1	0
8	260.00	0	1	0	1	0
9	260.00	0	1	0	1	0
10	260.00	0	1	0	1	0
11	260.00	0	1	0	1	0
12	260.00	0	1	0	1	0
13	260.00	0	1	0	1	0
14	260.00	0	1	0	1	0
15	260.00	0	1	0	1	0
16	260.00	0	1	0	1	0
17	260.00	0	1	0	1	0
18	260.00	0	1	0	1	0
19	260.00	0	1	0	1	0
20	260.00	0	1	0	1	0

Pada Tabel 4.5, nilai posisi yang diberikan dari *Robo-Cylinder* selama bergerak 20 kali selalu memberikan posisi 260.00 mm. Nilai posisi tersebut sesuai dengan nilai pada tabel posisi *Robo-Cylinder* nomor urut 2 pada Gambar 3.12 yang juga merupakan posisi 2 pada mesin ini. Hal ini juga diperkuat dengan indikator yang dikeluarkan oleh *Robo-Cylinder* dengan berupa 3 Bit kombinasi biner dengan Bit 0 (PM1) bernilai 0, Bit 1 (PM2) bernilai 1, dan Bit 2 (PM4) bernilai 0. Kombinasi ini menunjukkan nilai 2 dan sesuai dengan nomor urut pada tabel posisi *Robo-Cylinder*. Indikator *Position Complete* yang bernilai 1 atau menyala menandakan *Robo-Cylinder* telah selesai berpindah posisi dan indikator *Moving* yang bernilai 0 yang menandakan bahwa *Robo-Cylinder* tidak bergerak atau diam.

4.5. Pengujian Pergerakan Robo-Cylinder ke Posisi 3

Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan program perintah *Robo-Cylinder* ke posisi 3 sebanyak 20 kali dan melihat sinyal keluaran yang diberikan *Robo-Cylinder* seperti Lampiran A11. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan pergerakan dari *Robo-Cylinder* dari posisi manapun ke posisi 3 dan indikator yang diberikan oleh *Robo-Cylinder* kepada PLC saat telah mencapai posisi 3.

Tabel 4.6 Pengujian Posisi 3

No.	Nilai Posisi (mm)	Indikator				
		PM1	PM2	PM4	PEND	MOVE
1	520.00	0	0	1	1	0
2	520.00	0	0	1	1	0
3	520.00	0	0	1	1	0
4	520.00	0	0	1	1	0
5	520.00	0	0	1	1	0
6	520.00	0	0	1	1	0
7	520.00	0	0	1	1	0
8	520.00	0	0	1	1	0
9	520.00	0	0	1	1	0
10	520.00	0	0	1	1	0
11	520.00	0	0	1	1	0
12	520.00	0	0	1	1	0
13	520.00	0	0	1	1	0
14	520.00	0	0	1	1	0
15	520.00	0	0	1	1	0
16	520.00	0	0	1	1	0
17	520.00	0	0	1	1	0
18	520.00	0	0	1	1	0
19	520.00	0	0	1	1	0
20	520.00	0	0	1	1	0

Pada Tabel 4.6, nilai posisi yang diberikan dari *Robo-Cylinder* selama bergerak 20 kali selalu memberikan posisi 520.00 mm. Nilai posisi tersebut sesuai dengan nilai pada tabel posisi *Robo-Cylinder* nomor urut 4 pada Gambar 3.12 yang juga merupakan posisi 3 atau posisi akhir proses pemindahan pada mesin ini. Hal ini juga diperkuat dengan indikator yang dikeluarkan oleh *Robo-Cylinder* dengan berupa 3

Bit kombinasi biner dengan Bit 0 (PM1) bernilai 0, Bit 1 (PM2) bernilai 0, dan Bit 2 (PM4) bernilai 1. Kombinasi ini menunjukkan nilai 4 dan sesuai dengan nomor urut pada tabel posisi *Robo-Cylinder*. Indikator *Position Complete* yang bernilai 1 atau menyala menandakan *Robo-Cylinder* telah selesai berpindah posisi dan indikator *Moving* yang bernilai 0 yang menandakan bahwa *Robo-Cylinder* tidak bergerak atau diam.

4.6. Pengujian Pergerakan *Robo-Cylinder* secara Otomatis

Tabel 4.7 Hasil Uji Pemilihan Posisi Secara Otomatis

No.	Posisi Benda	Kondisi	Pergerakan
1	L	Sinyal Ready OK	P0, P3, P2
2	R	Sinyal Ready tertunda	P1, P2, P3, P2
3	L	Sinyal Ready OK, benda di kanan telah terdeteksi saat Proses pemindahan berjalan	P0, P3, P1, P3, P2
4	R	Sinyal Ready OK	P1, P3, P2
5	L	Sinyal Ready Tertunda,	P0, P2, P3, P2
6	R	Sinyal Ready Tertunda, benda di kiri telah terdeteksi saat proses pemindahan berjalan	P1, P2, P3, P0, P2, P3, P2
7	L	Sinyal Ready OK	P0, P3, P2
8	R	Sinyal Ready OK	P1, P3, P2
9	L	Sinyal Ready Tertunda, benda di kanan telah terdeteksi saat proses pemindahan berjalan	P0, P2, P3, P1, P2, P3, P2
10	R	Sinyal Ready OK, benda di kiri telah terdeteksi saat Proses pemindahan berjalan	P1, P3, P0, P3, P2

Pengujian ini terbagi menjadi tiga tahap yaitu pengujian pemilihan posisi *Robo-Cylinder* dengan kondisi tertentu, pengujian

ketahanan pergerakan dan pengujian waktu proses mesin Auto Transfer. Pengujian pemilihan posisi ini dilakukan dengan menjalankan mesin secara otomatis sebanyak 10 kali. Saat itu diberikan kondisi benda dan sensor yang mempengaruhi pemilihan pergerakan *Robo-Cylinder*. Pengujian ketahan pergerakan ini dilakukan dengan menjalankan mesin sesuai proses kerja selama 3 hari. Setiap hari proses berjalan selama 8 jam dan mendapat 1000 *cycle*. Pengujian waktu proses ini dilakukan sebanyak 20 kali dengan menghitung waktu yang dibutuhkan untuk proses pemindahan.

Pengujian pemilihan posisi ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan pemilihan posisi dan pergerakan dari *Robo-Cylinder* ketika dalam proses yang terus menerus. Selama proses uji, proses ambil dilakukan bergantian dari posisi 0 dan 1 dan selalu berhenti diposisi 2 setelah selesai menaruh. Pada tabel 4.7, kondisi yang dapat memberikan proses gerak yang berbeda dalam proses pemindahan adalah kondisi sinyal yang diberikan oleh mesin yang dituju dan kondisi saat benda telah ada pada *cylinder* transfer saat proses pemindahan dengan *Robo-Cylinder* berjalan. Pergerakan yang diberi simbol P diikuti dengan angka tersebut menunjukkan posisi yang dituju *Robo-Cylinder*. Pergerakan *Robo-Cylinder* akan berupa mengambil benda pada Posisi 0 atau 1, bergerak ke posisi 2 apabila kondisi terpenuhi, menaruh benda pada Posisi 3, dan kembali ke posisi 2 apabila kondisi terpenuhi. Saat sinyal *ready* telah ada maka proses pemindahan akan langsung menuju posisi 3 untuk menaruh, namun sebaliknya jika sinyal *ready* tidak diterima maka pergerakan akan berhenti di posisi 2 sampai sinyal diterima.

Tabel 4.8 Hasil Uji Ketahanan Pergerakan *Robo-Cylinder*

Hari	Jumlah Cycle	Hasil
1	1246	Pergerakan sempat terhenti karena sinyal dari sensor tidak diterima oleh PLC.
2	1027	Pergerakan sempat terhenti karena sinyal dari sensor tidak diterima oleh PLC
3	1189	Pergerakan Lancar

Tabel 4.8 menunjukkan pengujian proses gerak mesin Auto Transfer secara keseluruhan selama 8 jam pada 1 hari. Selama pengujian itu terdapat kendala berupa pergerakan *Robo-Cylinder* saat membawa benda sempat terhenti sebelum mencapai suatu posisi. Penyebab terhentiya pergerakan tersebut karena sinyal untuk kombinasi posisi

yang diolah PLC dari sensor tidak diterima. Sinyal tersebut tidak diterima karena sensor berada pada *gripper* yang juga ikut bergerak dan kabel sensor yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi yang digunakan untuk kondisi bergerak. Oleh karena itu, kabel sensor tidak tahan digunakan saat kondisi bergerak dan membuat sinyal yang diberikan oleh sensor terputus disaat bergerak. Tidak diterimanya sinyal oleh PLC membuat pemilihan posisi pada *Robo-Cylinder* tidak berjalan dengan baik. Pengujian hari ke 3 tidak terjadi pergerakan yang terhenti karena kabel sensor yang digunakan sudah diganti dengan kabel yang tahan dalam kondisi bergerak sehingga sinyal dari sensor tidak terputus.

Tabel 4.9 *Cycle Time* hasil uji proses mesin Auto Transfer

No.	Cycle Time
1	5,7 s
2	6,0 s
3	6,4 s
4	6,9 s
5	7,6 s
6	8,1 s
7	8,6 s
8	8,7 s
9	8,6 s
10	8,7 s
11	8,6 s
12	8,7 s
13	8,6 s
14	8,7 s
15	8,6 s
16	8,7 s
17	8,6 s
18	8,7 s
19	8,6 s
20	8,7 s

Tabel 4.9 merupakan hasil uji dari total waktu saat proses pemindahan dilakukan. Pengujian diambil 20 kali dengan memberikan kondisi pemindahan secara terus menerus dan sinyal dari proses sebelumnya selalu ada. Kondisi ini merupakan kondisi paling

memengaruhi waktu proses. Waktu saat *cycle* pertama merupakan waktu paling cepat dikarenakan tidak adanya benda kerja yang menumpuk pada *cylinder* transfer. Waktu *cycle* proses semakin bertambah dikarenakan terdapat waktu tunggu sebentar saat *gripper* masih membawa benda dan *cylinder* transfer telah memberikan benda juga. Pergerakan akan konstan setelah beberapa *cycle* dan memberikan waktu paling lama pada kondisi tersebut. Waktu 8.6 detik diperoleh saat proses pemindahan diambil dari posisi 1 yang lebih dekat ke posisi 3. Waktu 8.7 detik diperoleh saat proses pemindahan diambil dari posisi 0 yang lebih jauh dari posisi 1.

BAB V

PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

5.1. Kesimpulan

Dengan Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa Metode Posisi memberikan pergerakan *Robo-Cylinder* ke posisi manapun sangat akurat. Keakuratan ditunjukkan dengan sinyal keluaran yang diberikan *Robo-Cylinder* sesuai dengan sinyal perintah posisi. Sinyal keluaran PM1-4 sama dengan Sinyal PC1-4 yang diberikan PLC sehingga posisi yang dituju selalu sama dengan yang diperintah. Pergerakan *Robo-Cylinder* dapat terhenti dikarenakan terdapat gangguan yang menyebabkan pemilihan posisi terhenti. Gangguan tersebut berupa sinyal masukan PLC yang hilang disaat proses pemindahan berjalan. Dengan kondisi tersebut pergerakan *Robo-Cylinder* mampu memberikan proses mesin auto transfer yang benar dan membutuhkan waktu proses 8,7 detik.

5.2. Saran

Saran untuk pengembangan selanjutnya, proses gerak *Robo-Cylinder* dapat menggunakan 3 posisi saja dengan 1 posisi lainnya menggunakan posisi Home dari *Robo-Cylinder*. Penggunaan ini ditujukan untuk menghemat posisi pada *Robo-Cylinder*. Saran selanjutnya, penentuan posisi yang dituju dibuat mode teaching langsung terhubung dengan PLC agar pengguna dapat memasukkan posisi yang dituju lebih mudah.

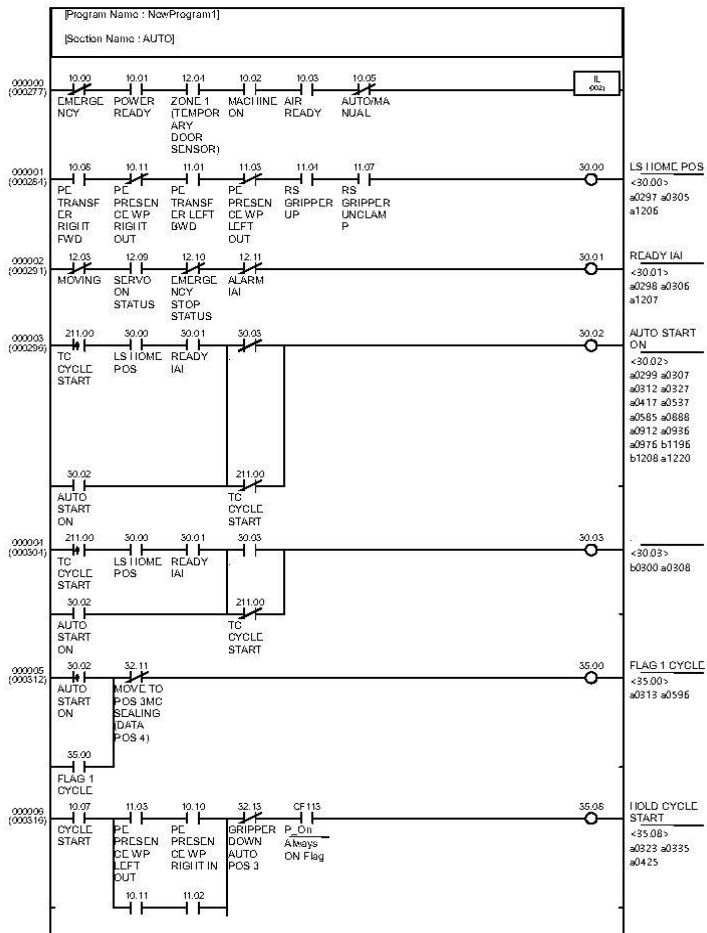
----*Halaman ini sengaja dikosongkan*----

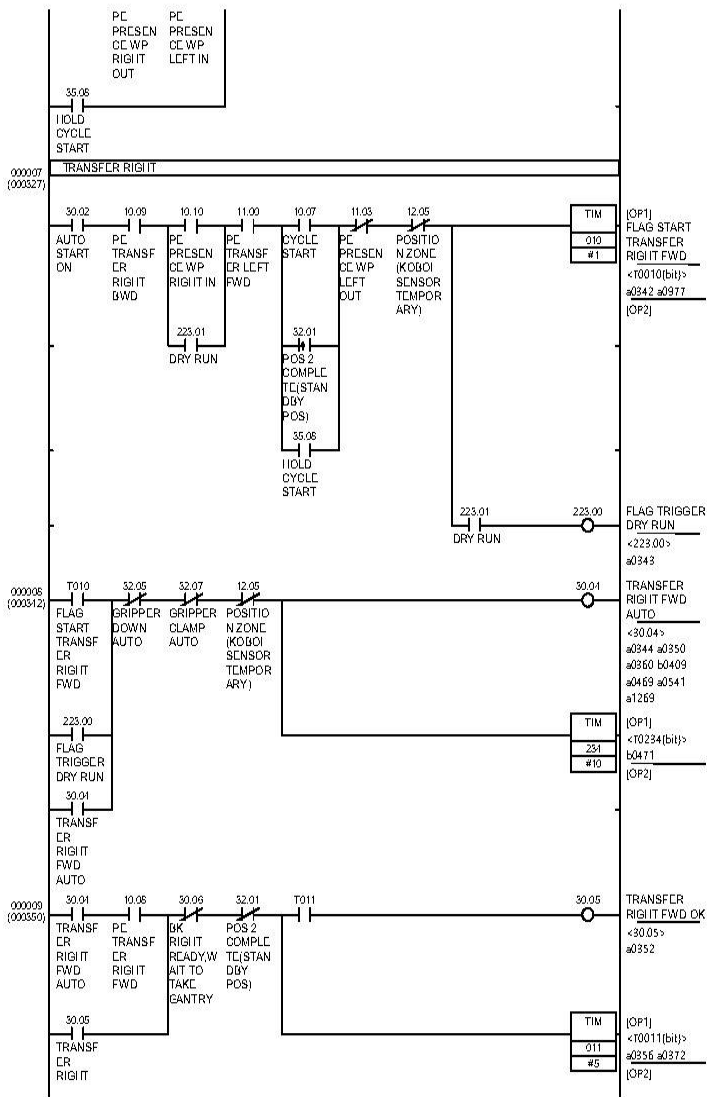
DAFTAR PUSTAKA

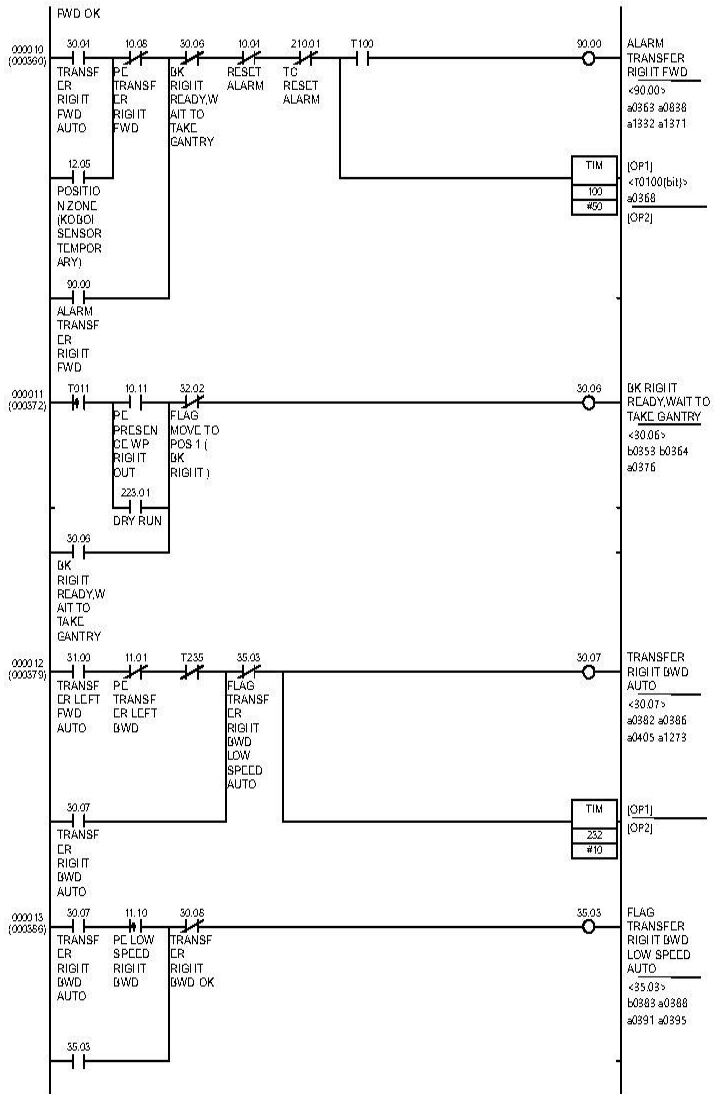
- [1] Jack Hugh, 2007, "Automation Manufacturing System with PLCs", Version 5.0, USA, GNU Documentation
- [2] Bolton W., 2009, "Programmable Logic Control", Fifth Edition, USA, Elsevier
- [3] IAI America, 2011, "Catalog of AC Servo Motor Robo Cylinder", Japan, IAI Corporation
- [4] Satria Elmeki, 2017, "Modul ELEktronika dan Mekatronika Motor Servo", Jakarta, Direktorat Pembinaan SMK
- [5] <https://www.industrial.omron.eu/en/products/ns5>
- [6] <https://www.keyence.com/products/sensor/photoelectric/index.jsp>
- [7] <http://www.ia.omron.com/products/family/451/>
- [8] <https://content2.smcetech.com/image/medium/M9xWm.jpg>
- [9] <https://content2.smcetech.com/image/medium/5031.jpg>
- [10] Setiawan Iwan, 2009, "Buku Ajar Sensor dan Transduser", Semarang, Teknik Sistem Komputer Universitas Diponegoro
- [11] Turner C., 1996, "Engineering Application of Pneumatic & Hydraulic", London, Arnold
- [12] Academic Services, 2011, "Basic Pneumatic: Air Generation and Distribution", Turki, Applied Technology High School
- [13] <https://content2.smcetech.com/image/medium/syj.700.jpg>
- [14] <https://content2.smcetech.com/image/medium/2211.jpg>
- [15] <https://content2.smcetech.com/image/medium/8644Em.jpg>
- [16] <http://www.ia.omron.com/products/family/807/>
- [17] https://www.fujielectric.com/products/mccb_elcb/general_use_bw0.html
- [18] <http://www.ia.omron.com/product/item/7321/>
- [19] https://www.fujielectric.com/products/operating_indicator/command_switch_ah16p_ah16p2_ah22p.html
- [20] <http://www.ia.omron.com/products/family/326/feature.html>
- [21] OMRON, 2016, "Operation Manual of SYSMAC CX-Programmer and CX-Designer V.9", Japan, OMRON Corporation
- [22] Ogata Katsuhiko, 2010, "Modern Control Engineering", Fifth Edition, USA, Prentice Hall

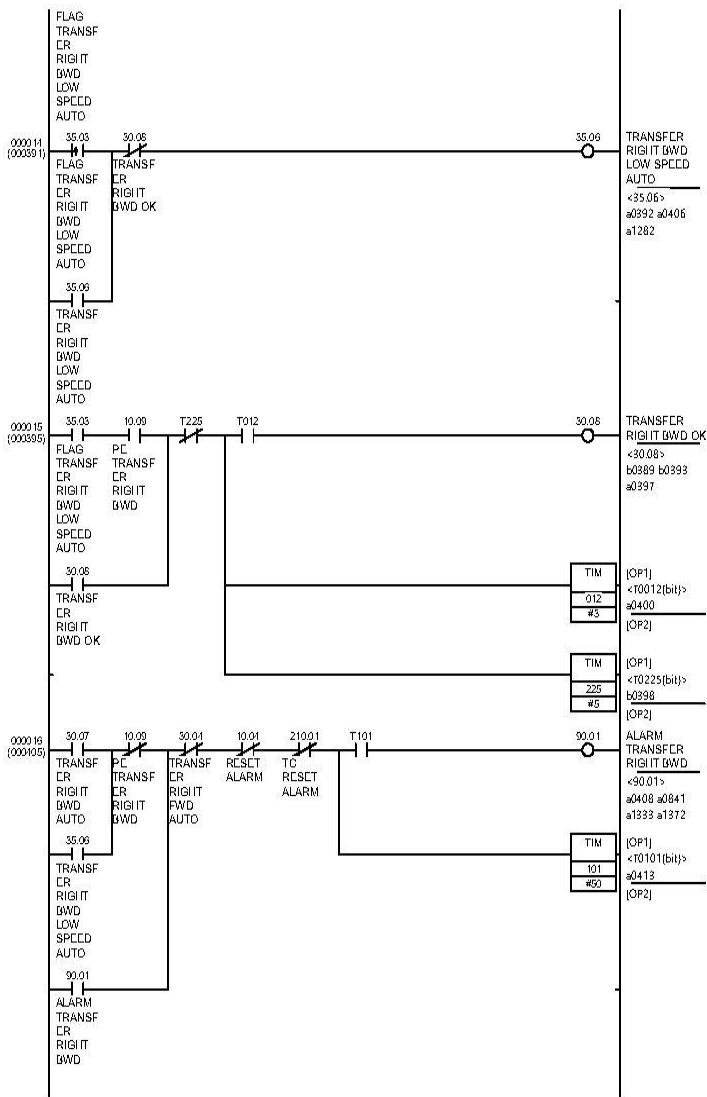
- [23] Electrical Division, 2018, "Electrical Drawing Auto Transferring Mc", Cibinong, PT. Astra Otoparts Tbk. Divisi WINTEQ
- [24] IAI America, 2011, "Operation Manual of SCON Controller", Thirteenth Edition, Japan, IAI Corporation

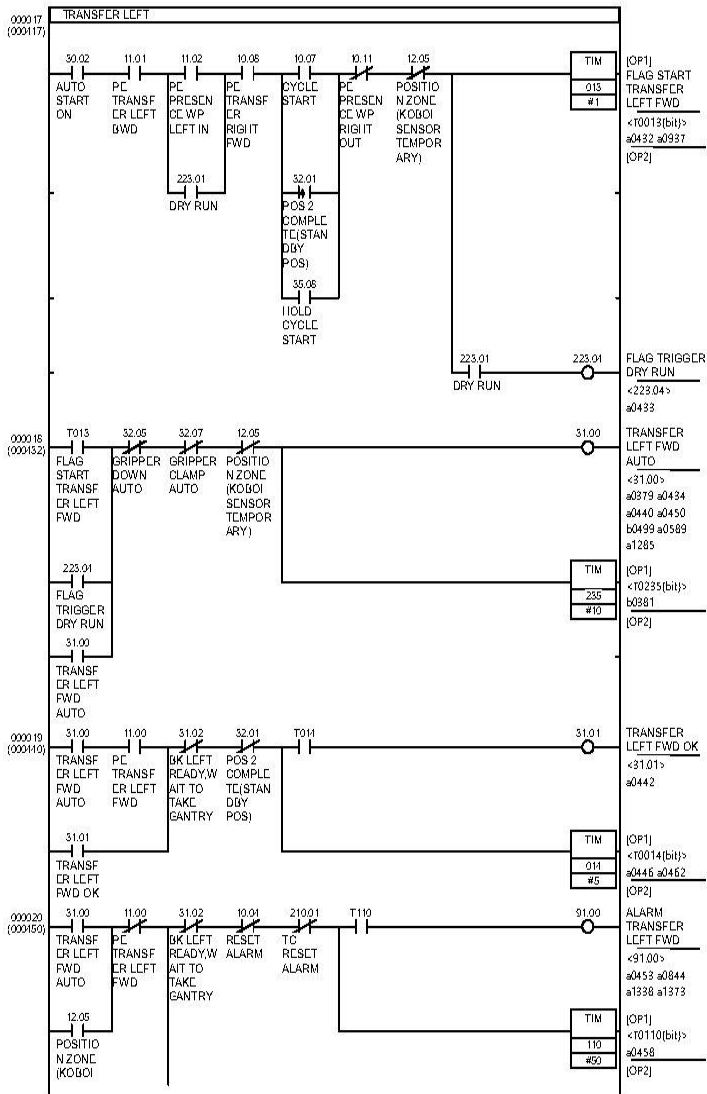
A-1 Program Pergerakan Otomatis

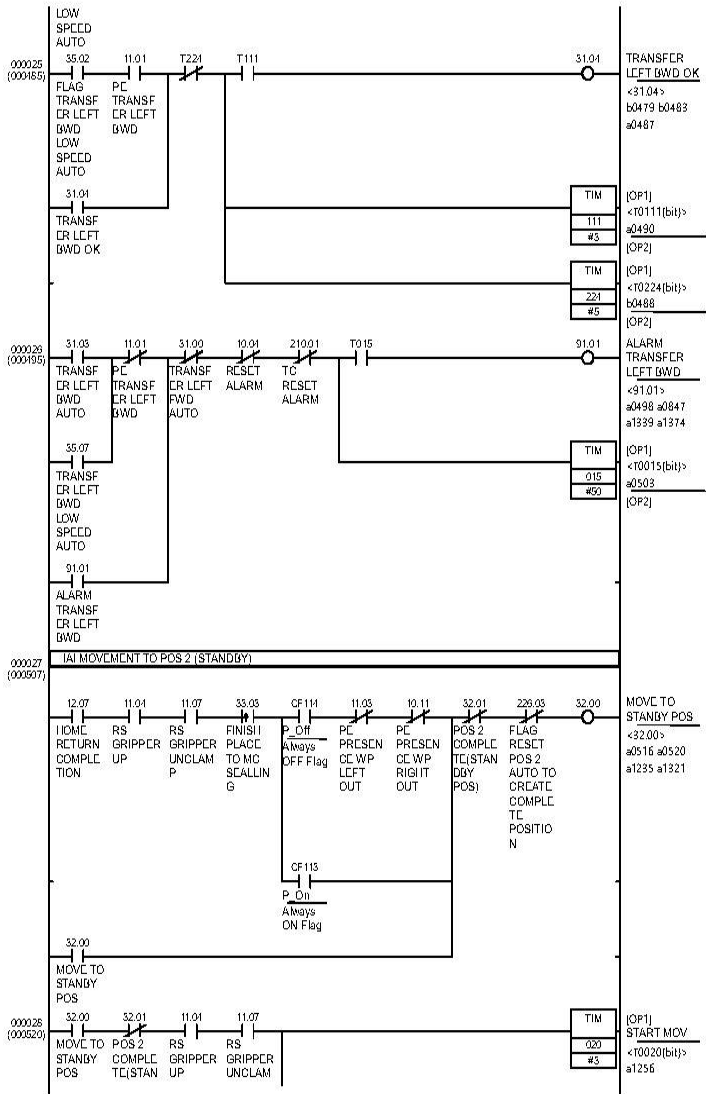


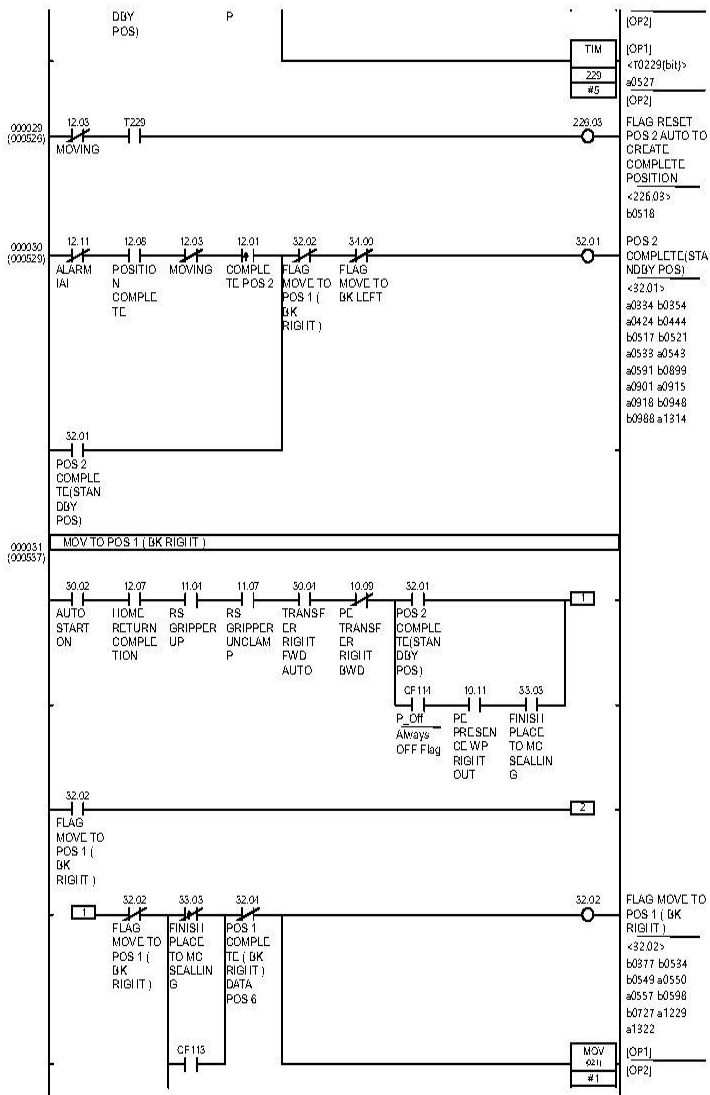


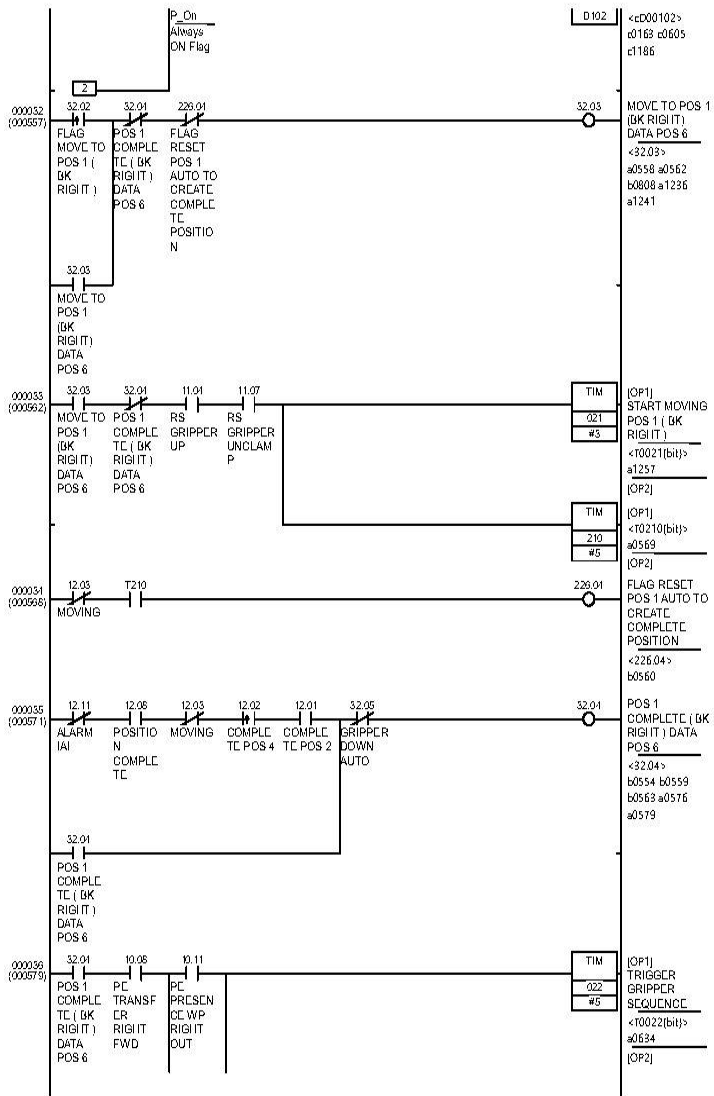


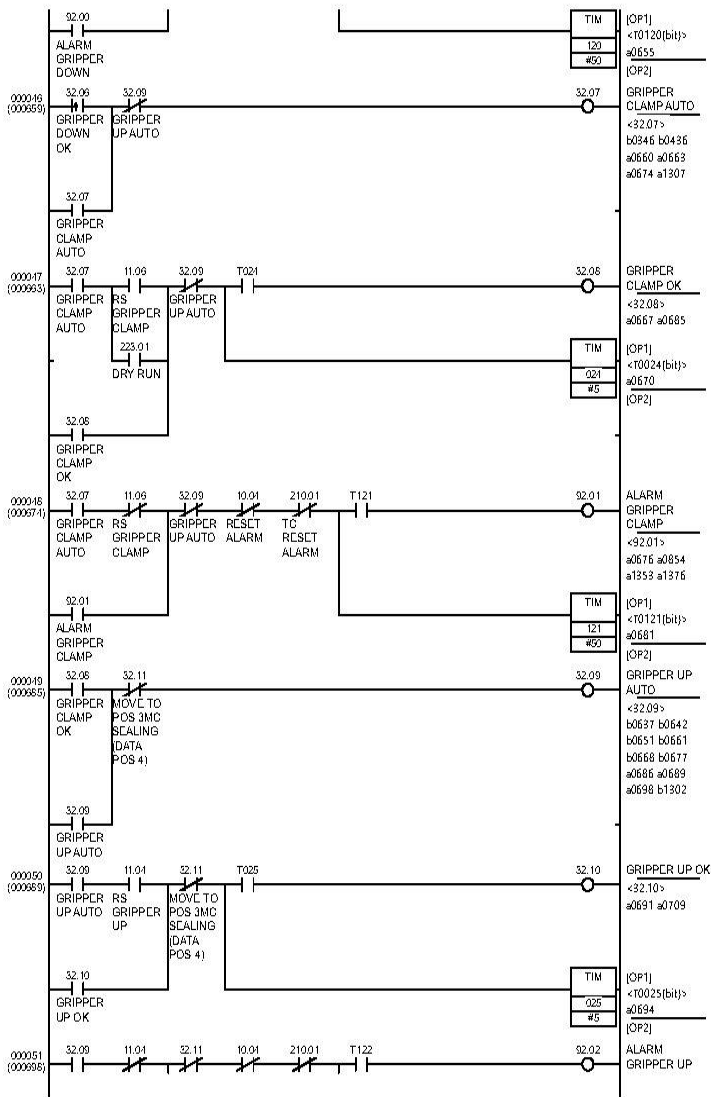


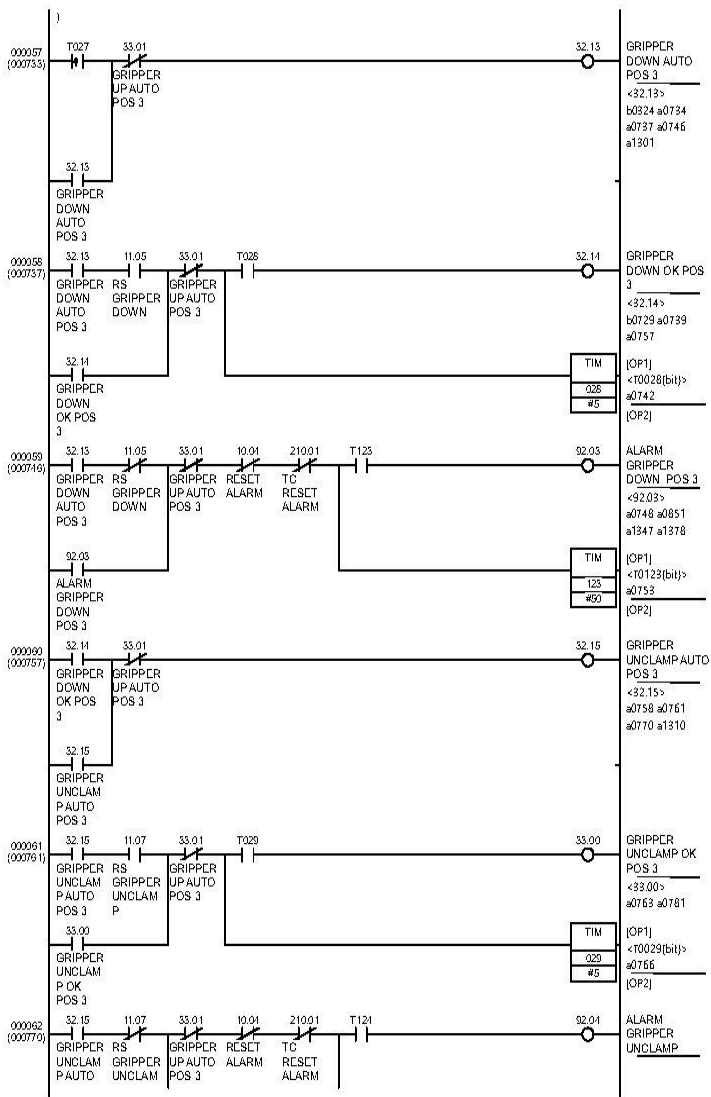


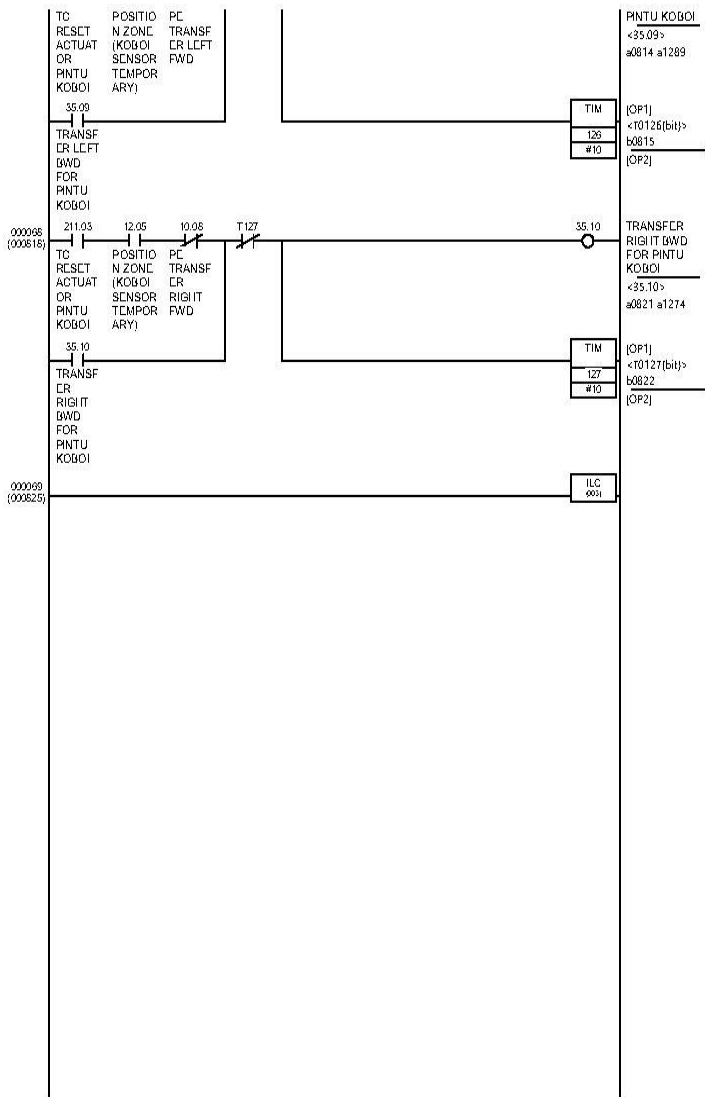




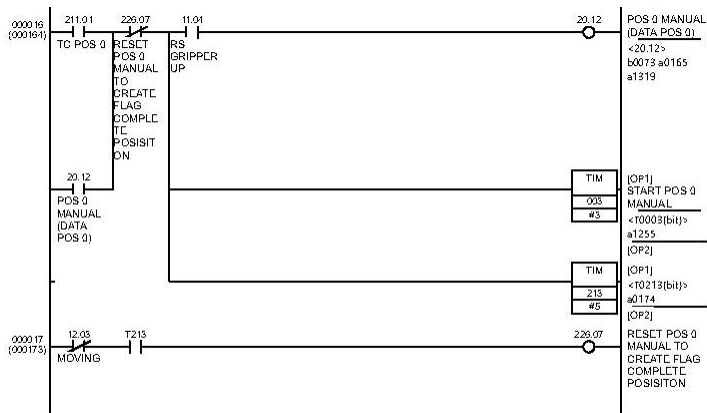




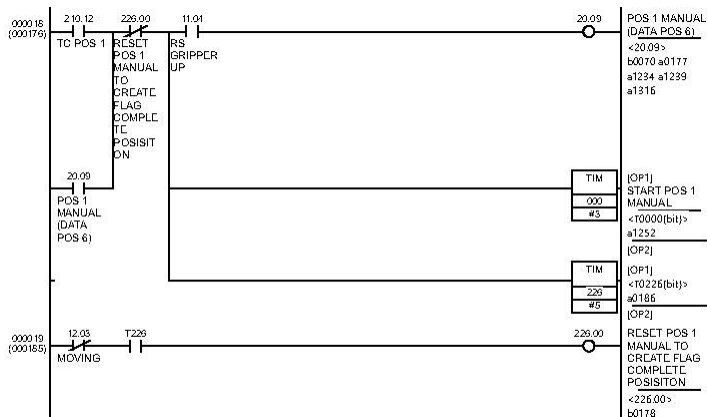




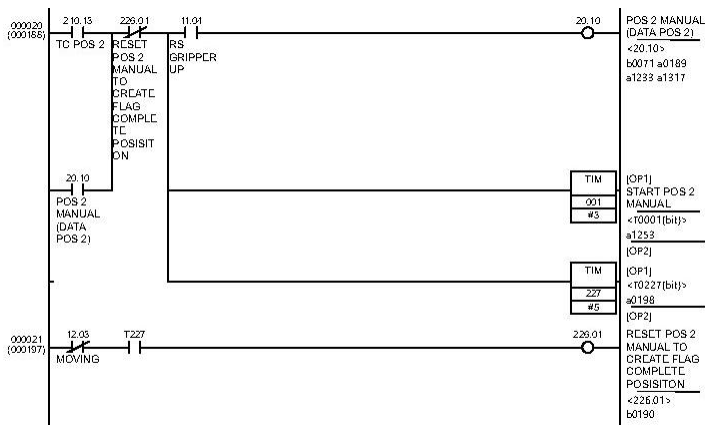
A-2 Program Posisi 0



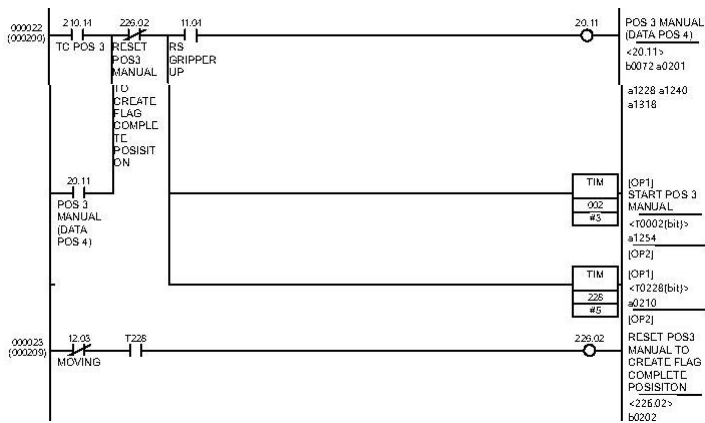
A-3 Program Posisi 1



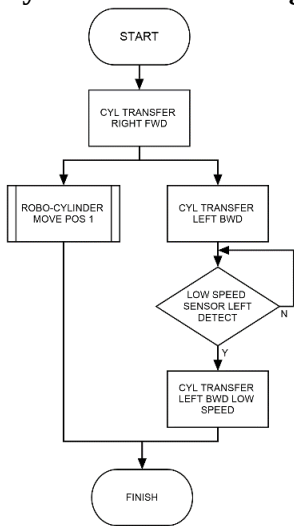
A-4 Program Posisi 2



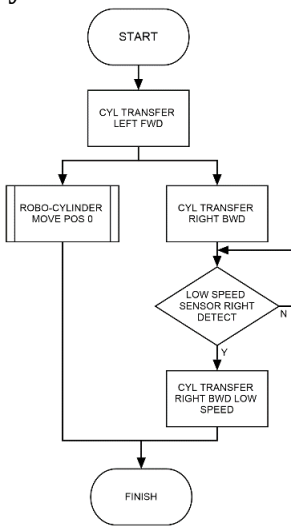
A-5 Program Posisi 3

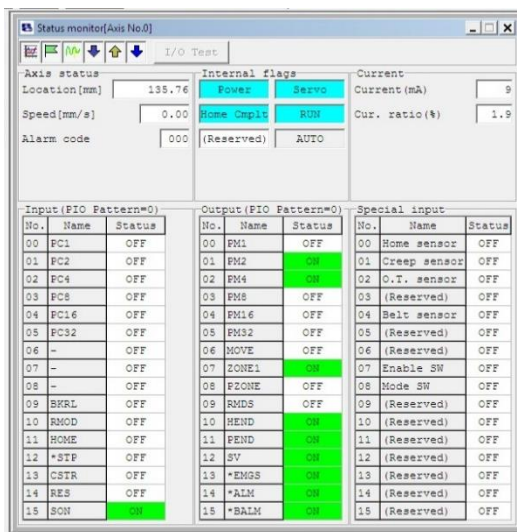


A-6 Flow Chart Cylinder Transfer Right



A-7 Flow Chart Cylinder Transfer Left





A-10 Monitor Keluaran Robo-Cylinder Pos 2

Status monitor(Axis No.0)

I/O Test

Axis status

Location[mm] 260.00

Speed[mm/s] 0.00

Alarm code 000

Internal flags

Power Servo

Home Compit RUN

(Reserved) AUTO

Current

Current (mA) 14

Cur. ratio(%) 3.0

Input(PIO Pattern=0)			Output(PIO Pattern=0)			Special input		
No.	Name	Status	No.	Name	Status	No.	Name	Status
00	PC1	OFF	00	PM1	OFF	00	Home sensor	OFF
01	PC2	OFF	01	PM2	ON	01	Creep sensor	OFF
02	PC4	OFF	02	PM4	OFF	02	O.T. sensor	OFF
03	PC8	OFF	03	PM8	OFF	03	(Reserved)	OFF
04	PC16	OFF	04	PM16	OFF	04	Belt sensor	OFF
05	PC32	OFF	05	PM32	OFF	05	(Reserved)	OFF
06	-	OFF	06	MOVE	OFF	06	(Reserved)	OFF
07	-	OFF	07	ZONE1	ON	07	Enable SW	OFF
08	-	OFF	08	FZONE	OFF	08	Mode SW	OFF
09	BRRL	OFF	09	RMDS	OFF	09	(Reserved)	OFF
10	RMOD	OFF	10	HEND	ON	10	(Reserved)	OFF
11	HOMI	OFF	11	PEND	ON	11	(Reserved)	OFF
12	*STR	OFF	12	SV	ON	12	(Reserved)	OFF
13	CSTR	OFF	13	*EMGS	ON	13	(Reserved)	OFF
14	RES	OFF	14	*ALM	ON	14	(Reserved)	OFF
15	SON	ON	15	*BALM	ON	15	(Reserved)	OFF

A-11 Monitor Keluaran Robo-Cylinder Pos 3

Status monitor(Axis No.0)

I/O Test

Axis status

Location[mm] 520.00

Speed[mm/s] 0.00

Alarm code 000

Internal flags

Power Servo

Home Compit RUN

(Reserved) AUTO

Current

Current (mA) 50

Cur. ratio(%) 10.7

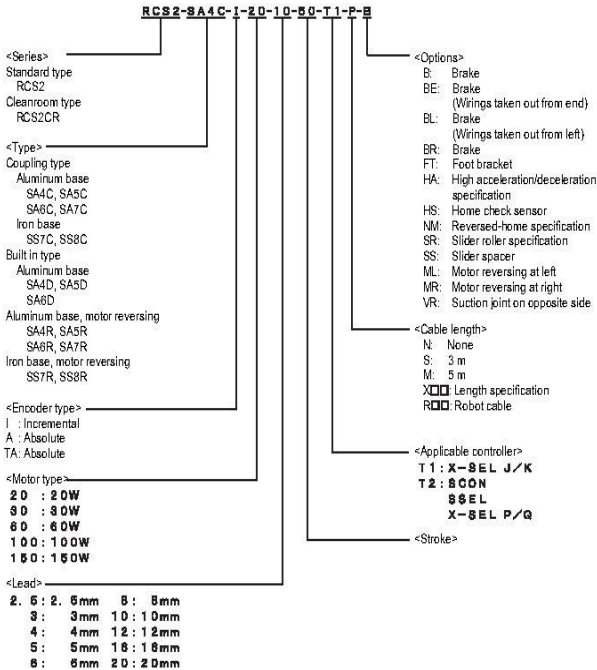
Input(PIO Pattern=0)			Output(PIO Pattern=0)			Special input		
No.	Name	Status	No.	Name	Status	No.	Name	Status
00	PC1	OFF	00	PM1	OFF	00	Home sensor	OFF
01	PC2	OFF	01	PM2	OFF	01	Creep sensor	OFF
02	PC4	OFF	02	PM4	ON	02	O.T. sensor	OFF
03	PC8	OFF	03	PM8	OFF	03	(Reserved)	OFF
04	PC16	OFF	04	PM16	OFF	04	Belt sensor	OFF
05	PC32	OFF	05	PM32	OFF	05	(Reserved)	OFF
06	-	OFF	06	MOVE	OFF	06	(Reserved)	OFF
07	-	OFF	07	ZONE1	ON	07	Enable SW	OFF
08	-	OFF	08	FZONE	OFF	08	Mode SW	OFF
09	BRRL	OFF	09	RMDS	OFF	09	(Reserved)	OFF
10	RMOD	OFF	10	HEND	ON	10	(Reserved)	OFF
11	HOMI	OFF	11	PEND	ON	11	(Reserved)	OFF
12	*STR	OFF	12	SV	ON	12	(Reserved)	OFF
13	CSTR	OFF	13	*EMGS	ON	13	(Reserved)	OFF
14	RES	OFF	14	*ALM	ON	14	(Reserved)	OFF
15	SON	ON	15	*BALM	ON	15	(Reserved)	OFF

A-12 Datasheet IAI Robo-Cylinder



1.4 How to Read the Model Number

1.4.1 RCS2



Caution For Absolute Type, there are encoder types A and TA.

Check the model types of the actuator and the controller when the controller is one of those listed below. In the case the encoder type differs from what is indicated on the label, it may be necessary to make some changes to the parameters. Please contact your nearest IAI sales office. Using the controller that requires parameter changes will cause D67 (Motor/Encoder Structure Information) Error. However, it would not cause malfunction of the product.

[Applicable Controllers]

XSEL-J/K, XSEL-P/Q, SSEL

2. Specification

(1) Maximum speed

The maximum speed of the actuator is limited to prevent resonance of the ball screw shaft and also in consideration of the restrictions on motor speed.
Observe the maximum speed limits specified below.

[Cleanroom specification RCS2CR]

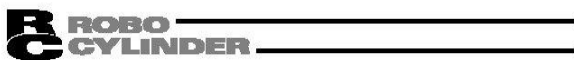
Strokes and maximum speed limits (unit: mm/sec)

Type	Lead [mm]	Stroke [mm]															
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000
SA4	2.5	165									-	-	-	-	-	-	-
	5	330									-	-	-	-	-	-	-
	10	665									-	-	-	-	-	-	-
SA5	3	200									190	-	-	-	-	-	-
	6	400									380	-	-	-	-	-	-
	12	800									760	-	-	-	-	-	-
	20	1300 (installed horizontally)									-	-	-	-	-	-	-
		800 (installed vertically)									-	-	-	-	-	-	-
SA6	3	200									190	160	135	-	-	-	-
	6	400									380	320	270	-	-	-	-
	12	800									760	640	540	-	-	-	-
	20	1300 (installed horizontally)									-	-	-	-	-	-	-
		800 (installed vertically)									1160	990	-	-	-	-	-
SA7	4	200									-	-	-	-	-	-	-
	8	400									-	-	-	-	-	-	-
	16	800									-	-	-	-	-	-	-
SS7	6	300									-	230	-	-	-	-	-
	12	600									-	470	-	-	-	-	-
SS8	10	500									-	-	-	-	-	-	-
	20	1000									-	-	-	-	-	-	-



Caution: Do not set any speed or acceleration/deceleration exceeding the rated speed or acceleration/deceleration. Doing so may result in vibration, failure or shorter life.
When combining multiple axes and synchronizing their operations, the speed and acceleration/deceleration to be set should correspond to the highest speed and largest acceleration/deceleration among those of the combined axes.
In particular, exercise caution because setting an acceleration/deceleration exceeding the rated acceleration/deceleration may cause the actuator to suffer creep or the coupling to slip.

Type	Motor capacity [W]	Lead [mm]	Maximum acceleration [G]		Maximum loading capacity [kg]
SA4D	20	2.5	Horizontal	0.2	8
			Vertical		4.5
		5	Horizontal	0.3	6
			Vertical		2.5
		10	Horizontal	0.3	4
			Vertical		1
SA5D	20	3	Horizontal	0.2	12
			Vertical		4
		6	Horizontal	0.3	8
			Vertical		2
		12	Horizontal	0.3	4
			Vertical		1
SA6D	30	3	Horizontal	0.2	18
			Vertical		6
		6	Horizontal	0.3	12
			Vertical		3
		12	Horizontal	0.3	6
			Vertical		1.5
SA4R	20	2.5	Horizontal	0.2	8
			Vertical		4.5
		5	Horizontal	0.3	6
			Vertical		2.5
		10	Horizontal	0.3	4
			Vertical		1
SA5R	20	3	Horizontal	0.2	12
			Vertical		4
		6	Horizontal	0.3	8
			Vertical		2
		12	Horizontal	0.3	4
			Vertical		1
SA6R	30	3	Horizontal	0.2	18
			Vertical		6
		6	Horizontal	0.3	12
			Vertical		3
		12	Horizontal	0.3	6
			Vertical		1.5
SA7R	60	4	Horizontal	0.2	40
			Vertical		12
		8	Horizontal	0.3	26
			Vertical		6
		16	Horizontal	0.3	12
			Vertical		3



(3) Rated Thrust

[RCS2 Cleanroom specification RCS2CR]

Type	Motor capacity [W]	Lead [mm]	Rated thrust [N]
SA4	20	2.5	78.4
		5	39.2
		10	19.6
SA5	20	3	86.7
		6	33.3
		12	16.7
RCS2-SA5C		20	10.7
SA6	30	3	96.8
		6	48.4
		12	24.2
RCS2-SA6C		20	15.8
SA7	60	4	255.0
		8	127.5
		16	63.8
SS7	60	6	170.0
		12	85.0
SS8	100	10	169.0
		20	84.9
	150	10	256.0
		20	128.0



(7) Load on the Actuator

Do not exceed the load shown in the load specification column. Please make note of the slider moment, allowable overhang length and the load weight.

[RCS2, Cleanroom specification RCS2CR]

Dynamic allowable load moments

Model	Ma	Mb	Mc
SA4	2.7 N·m (0.27 kgf·m)	3.9 N·m (0.4 kgf·m)	6.8 N·m (0.7 kgf·m)
SA5	4.9 N·m (0.5 kgf·m)	6.8 N·m (0.7 kgf·m)	11.7 N·m (1.2 kgf·m)
SA6	8.9 N·m (0.9 kgf·m)	12.7 N·m (1.3 kgf·m)	18.6 N·m (1.9 kgf·m)
SA7	13.9 N·m (1.41 kgf·m)	19.9 N·m (2 kgf·m)	38.3 N·m (3.9 kgf·m)
SS7	14.7 N·m (1.49 kgf·m)	14.7 N·m (1.49 kgf·m)	33.3 N·m (3.39 kgf·m)
SS8	36.3 N·m (3.7 kgf·m)	36.3 N·m (3.7 kgf·m)	77.4 N·m (7.89 kgf·m)

Allowable overhang lengths

Model	Ma direction	Mb direction	Mc direction
SA4	120 mm or less	120 mm or less	120 mm or less
SA5	160 mm or less	160 mm or less	160 mm or less
SA6	220 mm or less	220 mm or less	220 mm or less
SA7	230 mm or less	230 mm or less	230 mm or less
SS7	300 mm or less	300 mm or less	300 mm or less
SS8	450 mm or less	450 mm or less	450 mm or less

[RCS3(P), Cleanroom specification RCS3 (P) CR]

Dynamic allowable load moments

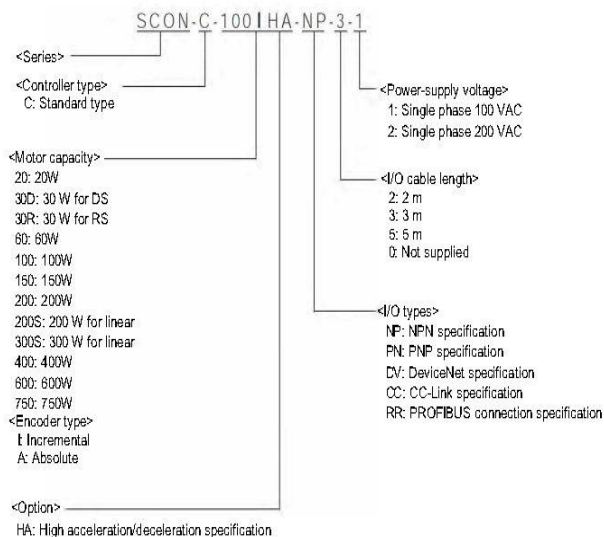
Model	Motor capacity [W]	Ma	Mb	Mc
SA8	100	23.1 N·m (2.35 kgf·m)	32.9 N·m (3.35 kgf·m)	64.1 N·m (6.52 kgf·m)
	160	23.1 N·m (2.35 kgf·m)	32.9 N·m (3.35 kgf·m)	64.1 N·m (6.52 kgf·m)
SS8	100	36.3 N·m (3.7 kgf·m)	36.3 N·m (3.7 kgf·m)	77.4 N·m (7.9 kgf·m)
	160	36.3 N·m (3.7 kgf·m)	36.3 N·m (3.7 kgf·m)	77.4 N·m (7.9 kgf·m)

Allowable overhang lengths

Model	Motor capacity [W]	Ma direction	Mb direction	Mc direction
SA8	100	390 mm	390 mm	390 mm
	160	390 mm	390 mm	390 mm
SS8	100	450 mm	450 mm	450 mm
	160	450 mm	450 mm	450 mm



1.3 How to Read the Model Specification





2. Specifications

2.1 Basic Specifications

Item	Less than 400 W	400 W or more
Applicable motor capacity	20 W to 399 W	400 W to 799 W
Power-supply voltage	Single-phase 100 to 115 VAC ± 10% Single-phase 200 to 230 VAC ± 10%	Single-phase 200 to 230 VAC ± 10%
Rush current ¹⁾	100 VAC 200 VAC	20 A (control), 70 A (drive) 20 A (control), 80 A (drive)
Leak current ²⁾		3.0 mA (Primary side when noise filter is connected to the power supply line)
Heat output		30 W to 58 W
Power supply frequency		50/60 Hz
IO interface power supply ³⁾		24 VDC ± 10% (Externally supplied)
Solenoid brake power supply (in case of actuators equipped with brake)		24 VDC ± 10%, 1 A (peak value) (Externally supplied)
Resistance against temporary electric power failure		10 ms (50 Hz), 8 ms (60 Hz)
Motor control method		Sine wave PWM vector current control
Supported encoders		Incremental serial encoder Absolute serial encoder ABZ (UVW) parallel encoder
Operation mode		Positioner mode/pulse-train control mode (Operation mode is switched with the DIP switch.)
Positioner mode	Number of positions	512 points (maximum)
	Inputs/outputs	16 dedicated input points / 16 dedicated output points
Pulse-train mode	Input pulse frequency	Differential pulse : MAX. 500 kpps Open-collector pulse : MAX. 200 kpps (Pulse converter AK-04 is required.)
	Feedback pulse frequency	The maximum speed with differential pulse is 500 kpps (up to 103 kpps can be output linearly following the speed of actuators).
	Command pulse multiplier (electronic gear: A/B)	A, B = 1 to 4096 (Parameter settings) $1 < \frac{A}{B} < 50$ $50 < \frac{B}{A} < 1$
	Dedicated I/O (P/O)	8 input points / 12 output points
Serial communication interface		RS485: 1 channel (conforming to Modbus protocol RTU/ASCII) Speed: 9.6 kbps to 230.4 kbps Control via serial communication is possible with the positioner mode.
IO (P/O) cable length		10 m or less
Communication cable length		Total cable length shall be 100 m or less (RS485) Length in case of Fieldbus specifications (CC-Link, DeviceNet, PROFIBUS) depends on each Fieldbus specification.
Data input method		Teaching pendant, PC software
Protective functions		Overvoltage, motor overcurrent, motor overload, driver temperature error, encoder error, etc.
Air cooling method		Natural cooling / Forced cooling
Withstand voltage		Between primary and secondary: 1500 VAC, 1 minute Between primary and FG: 1500 VAC, 1 minute Between secondary and FG: 500 VDC, 100 kA/1 or more
Insulation resistance		
Environment	Surrounding air temperature	0°C to 40°C
	Surrounding humidity	85%RH or less (no condensation)
	Surrounding environment	(See the installation environment section.)
	Storage ambient temperature	-10°C to 65°C
	Storage ambient humidity	30%RH or less (no condensation)
	Vibration resistance	XYZ directions, 10 to 57 Hz, one side width 0.035 mm (continuous), 0.075 mm (intermittent) 57 to 150 Hz 4.9 ms^{-2} (continuous), 9.8 ms^{-2} (ongoing)
Protection class		IP20
Weight		Approximately 800 g (approximately 25 g more in case of absolute specifications) Approximately 1100 g (approximately 25 g more in case of absolute specifications)
External dimension		58 (W) × 134 (H) × 121 (D) (Installation pitch: 184)

¹⁾ Rush current flows approximately 20 ms after turning the power supply on (guideline at 40°C).

²⁾ Leak power supply changes depending on the capacity of connected motor, cable length, and surrounding environment. If protection against leak current is installed, measure leak current at installation location of leak current breaker.

³⁾ Power supply for I/O signals is not necessary if the controller is operated using field network (CC-Link, DeviceNet, PROFIBUS), gateway unit, or SIO converter, without using P/O. In this case, set "1" (disabled) for parameter No. 74 (P/O power supply monitoring).

Caution: Position data, parameters, etc. are written in EEPROM. The number of writings is limited to approximately 100,000 times.

A-13 Datasheet PLC OMRON CP1E

CP1E-E□□(S)D□-□ CP1E-N□□(S□)D□-□/NA20D□-□

General Specifications

Type	AC power supply models	DC power supply models
Model	CPIE-0000SD-A CPIE-0000-A	CPIE-0000SD-D CPIE-0000-D
Enclosure	EN60950 n.a type	
Dimensions (H x D x W)	E/N/A000D-type CPU Unit with 10 I/O ports [CPIE-E100□□] 50mm 81 x 85mm 82 x 66 mm CPU Unit with 14 or 20 I/O ports [CPIE-E140□□/E200□□] 50mm 81 x 85mm 82 x 86 mm CPU Unit with 30 I/O ports [CPIE-E300□□] 50mm 81 x 85mm 82 x 130 mm CPU Unit with 40 I/O ports [CPIE-E400□□] 50mm 81 x 85mm 82 x 150 mm CPU Unit with 60 I/O ports [CPIE-N60□□] 50mm 81 x 85mm 82 x 105 mm CPU Unit with 20 I/O ports and built-in analog [CPIE-NA20□□] 50mm 81 x 85mm 82 x 150 mm	
Weight	E/N/CDS(n)-type CPU Unit with 14 or 20 I/O ports [CPIE-C14S□□/C20S□□] 50mm 81 x 70mm 82 x 66 mm CPU Unit with 30 I/O ports [CPIE-C30S□□] 102□□ 50mm 81 x 70mm 82 x 130 mm CPU Unit with 40 I/O ports [CPIE-C40S□□] 102□□ 50mm 81 x 70mm 82 x 150 mm CPU Unit with 60 I/O ports [CPIE-C60S□□] 102□□ 50mm 81 x 70mm 82 x 105 mm CPU Unit with 10 I/O ports [CPIE-E100□□] 350g max. CPU Unit with 14 I/O ports [CPIE-E140□□] 350g max. CPU Unit with 20 I/O ports [CPIE-E200□□] 350g max. CPU Unit with 30 I/O ports [CPIE-E300□□] 650g max. CPU Unit with 40 I/O ports [CPIE-E400□□] 650g max. CPU Unit with 60 I/O ports [CPIE-N60□□] 650g max. CPU Unit with 20 I/O ports and built-in analog [CPIE-NA20□□] 650g max.	
Electrical specifications	Supply voltage	100 to 240 VAC 50/60 Hz 24 VDC
	Operating voltage range	85 to 264 VAC 20 A to 26.4 VDC
	Power consumption	15 VA/100 VAC max. 25 VA/240 VAC max. [CPIE-E100□□]/[S]□□/[A□□]/[S]□□/[A] 50 VA/100 VAC max. 70 VA/240 VAC max. [CPIE-NA20□□]/[N60□□]/[S]□□/[A□□]/[A□□]/[C□□]/[N60□□]/[S]□□/84
	Inrush current	210 VAC, 20 A for 6 ms max. for cold start at room temperature 230 VAC, 40 A for 8 ms max. for cold start at room temperature
	External power supply res	Not provided. [CPIE-E100□□]/[S]□□/[A□□]/[S]□□/[A] 210VDC, 300 mA [CPIE-E140□□]/[S]□□/[A□□]/[S]□□/[A□□]/[A□□]/[C□□]/[S]□□/SDR-[A]MSDR-[A]MSDR-[A]MSDR-[A]
	Insulation resistance	20 MΩ min. (at 500 VDC) between the external AC term n.a.s and GR term n.a.s
	Dielectric strength	2,500 VAC 50/60Hz for 1 min between AC external and GR term n.a.s Leakage current: 5 μA max.
	Power OFF detection time	10 ms or less
	Ambient operating temperature	0 to 55 °C
	Ambient humidity	10% to 90%
Application environment	Atmosphere	No corrosive gases
	Ambient storage temperature	-20 to 75 °C (excluding winding battery)
	Altitude	2,000 m max.
	Pollution degree	2 or less; Conforms to IEC 83602 and IEC 61131-2
	Vibration resistance	2 kV on power supply (ref. Conforms to IEC 61000-4)
	EMC interference category	Category II; Conforms to IEC 83602 and IEC 61131-2
	Built-in immunity level	Zone B
	Vibration resistance	Conforms to JIS C6089-2-6: 5 to 84 Hz at 3.5-mm amplitude, 8 d to 150 Hz Accelerated total 0.5 mm/s² for 100 min n.X, Y, and Z direction (10 sweeps of 10 min in each = 100 min total) Conforms to JIS C6089-2-7: 147 m/s², 31 min n.X, Y, and Z direction
	Shock resistance	Fused (not removable)
	Terminal block	Mixed
Terminal screw size	M3	
Applicable standards	Conforms to EC Directive	
Grounding method	Ground to 100 Ω or less	

‡ 1 Total of 110 mm with mounting brackets

* 2 Excluding cables.

※ 3 Use the external power supply to power input devices. Do not use it to drive output devices.

* 4 This is the rated value for the maximum system configuration. Use the following formula to calculate power consumption for CPU Units with DC power.
Formula: DC power consumption = (5V current consumption X 5 V/70% (internal power efficiency) + 24V current consumption) X 1.1 (current fluctuation factor)

The above calculation results show that a DC power supply with a greater capacity is required

CP1E-E□□(S)D□□ CP1E-N□□(S)D□□ NA20D□□

Performance Specifications

Item	CP1E-E□□□□□ CP1E□□□□□		CP1E-N□□□□□ CP1E-NA□□□□□ CP1E-NA□□□□□	
Program capacity	2 K steps (8 Kbytes) (not including the symbol table, comments, and program not used of the CX-Programmer)		4 K steps (32 Kbytes) (not including the symbol table, comments, and program not used of the CX-Programmer)	
Control method	Stored program method			
I/O control method	Cyclic action with immediate refresh			
Program language	Ladder diagram			
Instructions	Approximate 200			
Processing speed	Overhead processing time	0.4 ms		
	Instruction execution time	Basic instructions (LD): 1.10 µs/min. Special instructions (MOV): 7.0 µs/min.		
Number of CP1W-series Expansion Units connected	CP1E-E100□□□□(S)□□□□□(S)□□□□□: None CP1E-E3□□□□□□□□(S)□□□□□□□□(S)□□□□□□□□(S)□□□□□□□□: 3 units			
Maximum number of I/O points	CP1E-E100□□□□: 10 CP1E-E4□□□□□□: 14 CP1E-E2□□□□□□: 20 CP1E-E3□□□□□□□□: 150 (30 bit 1 n, 40 × 3 expansion) CP1E-E4□□□□□□□□: 160 (40 bit 1 n, 40 × 3 expansion) CP1E-E6□□□□□□□□: 160 (60 bit 1 n, 40 × 3 expansion) CP1E-NA20□□□□: 140 (20 bit 1 n, 40 × 3 expansion)			
	CP1E-E100□□□□: 10 (8 inputs, 4 outputs) CP1E-E4□□□□□□: 14 (8 inputs, 6 outputs) CP1E-E2□□□□□□: 20 (12 inputs, 8 outputs) CP1E-E3□□□□□□□□: 30 (18 inputs, 12 outputs) CP1E-E4□□□□□□□□: 40 (24 inputs, 16 outputs) CP1E-E6□□□□□□□□: 60 (36 inputs, 24 outputs) CP1E-NA20□□□□: 20 (12 inputs, 8 outputs)			
Built-in I/O				
Built-in input functions	High-speed counters	High-speed counter mode maximum frequency	Increments: Pulse Inputs 10 kHz: 6 counters 5 counters (only for 10 I/O points) Up/Down Inputs 10 kHz: 2 counters Pulse + Direction Inputs 10 kHz: 2 counters Differential Phase Inputs (4x) 5 kHz: 2 counters	Increments: Pulse Inputs 100 kHz: 2 counters, 10 kHz: 4 counters Up/Down Inputs 100 kHz: 1 counter, 10 kHz: 1 counter Pulse + Direction Inputs 100 kHz: 2 counters Differential Phase Inputs (4x) 30 kHz: 1 counter, 5 kHz: 1 counter
		Counting mode	Linear mode Ring mode	
		Count value	32 bits	
		Counter reset modes	Phase 2 and software reset (excluding increment pulse input) Software reset	
		Control method	Target Matching Range Comparison	
	Input interrupts	6 inputs (4 inputs only for 10 I/O points) Interrupt input pulse width: 50 µs/min.		
	Quick-response inputs	6 inputs (4 inputs only for 10 I/O points) Input pulse width: 50 µs/min.		
	Normal input	Input comments	Delays can be set in the PLC Setup (0 to 32 ms, default: 8 ms). Set values: 0, 1, 2, 4, 8, 16, or 32 ms	
		Pulse output method and output frequency	Pulse + Direction Mode 1 Hz to 100 kHz: 2 outputs	
		Output mode	Control mode (for speed control) Independent mode (for position control)	
Pulse outputs (Models with transistor outputs only)		Number of output pulses	Relative speed rates: 0000 0000 to 7FFF FFFF hex (0 to 2147483647) Absolute speed rates: 8000 0000 to 7FFF FFFF hex (±2147483647)	
Acceleration/deceleration curves		Trapezoidal acceleration and deceleration (Cannot perform S-curve acceleration and deceleration.)		
Built-in output functions	Changing SVs during instruction execution	Only target position can be changed.		
	Origin searches	Included		
	Frequency	2.0 to 6,250.0 Hz (in increments of 0.1 Hz) with 1 output or 2 Hz to 32,000 Hz (in increments of 1 Hz) with 1 output		
	Duty factor	PWM output function not included		
	Output mode	Control mode		
Built-in analog	Analog input	Setting range: 0 to 6,000 (2 channels only for NA-type)		
	Analog output	Setting range: 0 to 6,000 (1 channel only for NA-type)		
Analog adjusters	E/NA□□-type: 2 adjusters (Setting range: 0 to 255) E/NC□□-type: None			

CP1E-E□□(S)□□-□ CP1E-N□□(S)□□-□/NA20D□-□

Item		CP1E-E□□□□□ CP1E-E□□□□□	CP1E-N□□□□□ CP1E-N□□□□□ CP1E-NA□□□□□
Communications	B-type Peripheral USB Port	Conforming to USB 2.0 B-type connector	
	Transmission distance	5 m max.	
	Built-in RS-232C port	No built-in RS-232C port	Interface: Conforms to EIA RS-232C.
	Communications method		Half duplex
	Synchronization		Start-stop
	Baud rate		1.2, 2.4, 4.8, 9.6, 19.2, 38.4, 57.6, or 115.2 kbps
	Transmission distance		15 m max.
	Supported protocol		• Host Link • 1N/NT Link • No-protocol mode • Serial PLC Link (master, slave) • Modbus-RTU Easy Master
	Built-in RS-485 port	No built-in RS-485 port	N3040G051-type only.
	Interface: Conforms to EIA RS-485, 2-wire operation		No start-stop
	Communications method		Half duplex
	Synchronization		Start-stop
	Baud rate		1.2, 2.4, 4.8, 9.6, 19.2, 38.4, 57.6, or 115.2 kbps
	Transmission distance		50 m max.
	Supported protocol		• Host Link • 1N/NT Link • No-protocol mode • Serial PLC Link (master, slave) • Modbus-RTU Easy Master
	Serial Option port	Option Board cannot be mounted.	N3040G050-type only
	Mountable Option Boards		1 port
	Communications method		• One RS-232C port: CPMW-CIF01 • One RS-422/485 port (not supported): CPMW-CIF11 • One RS-422/485 port (supported): CPMW-CIF12-V1 • One Ethernet port: CPMW-CIF41
	Synchronization		Depends on Option Board.
	Baud rate		Depends on Option Board.
	Compatible protocol		• Host Link • 1N/NT Link • No-protocol mode • Serial PLC Link (master, slave) • Modbus-RTU Easy Master
Number of tasks		17 • One cyclic execution task • One scheduled interrupt task (always interrupt task 1) • Six input interrupt tasks (interrupt tasks 2 to 7) • Seven high-speed counter interrupt tasks (interrupt tasks 1 to 16)	
Maximum subroutine number		128	
Maximum jump number		128	
Scheduled interrupt tasks		1 interrupt task	
Clock		Clock function not included. The time of error occurrence displays 01:01:01 Sunday.	
Memory backup	Built-in EEPROM	Ladder programs and parameters are automatically saved to built-in EEPROM. A section of the Data Memory Area can be saved to the built-in EEPROM.	
	Battery backup With CPMW-BAT01 Battery (sold separately)	Battery cannot be mounted.	CPMW-BAT01 can be used. Maximum battery service life: 5 years Backup time: Guaranteed value (ambient temperature: 55°C): 15,000 hours (approx. 1.5 years) Effect value (ambient temperature: 25°C): 45,000 hours (approx. 3 years)
CIO Area	Input Bits	1,600 bits (100 words): CIO 0.00 to CIO 99.15 (CIO 00 to CIO 99)	
	Output Bits	1,600 bits (100 words): CIO 100.00 to CIO 199.15 (CIO 100 to CIO 199)	
Serial PLC Link Words		1,440 bits (90 words): CIO 200.00 to CIO 289.15 (words CIO 200 to CIO 289)	
Work Area (W)		1,600 bits (100 words): W0.00 to W99.15 (W0 to W99)	
Holding Area (H)		800 bits (50 words): H0.00 to H49.15 (H0 to H49) Bits in this area maintain the ON/OFF status when operating mode is changed.	
Auxiliary Area (A)		Read-only: 7,168 bits (448 words) A0 to A447 Read/write: 4,806 bits (300 words) n words A448 to A753	
Temporary Relay Area (TR) (TR Area)		16 bits: TR0 to TR15	
Timer Area (T)		256 timer numbers (T0 to T255 (separate from counter))	
Counter Area (C)		256 counter numbers (C0 to C255 (separate from timer))	

CP1E-E□□(S)D□□ CP1E-N□□(S)D□□/NA20D□□

Item	CP1E-E□□S□□□ CP1E-E□□□□□	CP1E-N□□□□□□□ CP1E-N□□□□□□ CP1E-NA□□□□□□
Data Memory Area (D)	2 Kwords: D0 to D2047 Of these, 1,500 words can be saved to the backup memory (built-in EEPROM) using settings in the Auxiliary Area.	8 Kwords: D0 to D8191 Of these, 7,000 words can be saved to the backup memory (built-in EEPROM) using settings in the Auxiliary Area.
Operating modes	PROGRAM mode: Program execution is stopped. Preparation can be executed prior to program execution in this mode. MONITOR mode: Programs are executed. Some operations, such as monitoring and changes to present values in I/O memory, are enabled in this mode. RUN mode: Programs are executed. This is the normal operating mode.	

RIWAYAT PENULIS



Penulis bernama lengkap Parama Dicki Chandra lahir di Bengalon, Kutai Timur provisinsi Kalimantan Timur pada tanggal 2 Desember 1997. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Mess PBR, Sebongkok Timur RT11/IV, Sepaso Induk, Bengalon, Kutai Timur, Kalimantan Timur. Jenjang Pendidikan Penulis berupa, SDN 012 Bengalon lulus pada tahun 2010, SMP YPPSB Sangatta lulus pada tahun 2013, SMAN 10 Samarinda lulus pada tahun 2016 dan masih memulai masa kuliah di Departemen Teknik Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2016