

**PEMBUATAN PROGRAM KENDALI
PERGERAKAN TOTE PADA FRAME SIMULATOR IRADIATOR
MENGUNAKAN PLC OMRON SERI CJ2M-CPU13**

Beny Syawaludin, Hyundianto Arif Gunawan, Tukiman
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN
Gedung 71 Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15314
bsyawaludin@gmail.co.id , tu.67man@gmail.co.id , yundi@batan.go.id

ABSTRAK

PEMBUATAN PROGRAM KENDALI PERGERAKAN TOTE PADA FRAME SIMULATOR IRADIATOR MENGGUNAKAN PLC OMRON SERI CJ2M-CPU13. Telah dilakukan pembuatan program kendali pergerakan tote pada frame simulator iradiator. Pergerakan tote pada frame simulator iradiator merupakan bagian sistem terpenting pada ruang simulator iradiator. Tote adalah suatu kotak yang membawa bahan material yang akan diiradiasi dalam ruang iradiator yang digerakan oleh sistem pneumatik yang dikontrol oleh sistem kendali. Sistem kendali ini memerlukan suatu program yang yang dibuat.dengan menggunakan CX-Programmer. Untuk memulai pembuatan diagram ladder, terlebih dahulu dibuat langkah-langkah pergerakan silinder pneumatik. Penentuan keadaan default silinder pneumatik, digunakan untuk penentuan pergerakan silinder pneumatik maju atau mundur. Terdapat 14 silinder pneumatik untuk menggerakkan tote dalam frame. Dalam satu siklus pergerakan diperlukan 9 langkah pergerakan silinder pneumatik, sehingga tote akan berpindah satu step. Telah dibuat program ladder diagram untuk menggerakkan tote di dalam sehingga bergeser satu step. Dengan pembuatan Sistem Instrumentasi dan Kendali ini, simulator iradiator dapat dioperasikan.

Kata kunci : Pembuatan, PLC Omron CJ2M-CPU13, pergerakan tote, frame.

ABSTRACT

A DEVELOPMENT OF TOTE MOVEMENT CONTROL PROGRAM ON IRADIATOR SIMULATOR FRAME USING PLC OMRON CJ2M-CPU13 SERIES. A tote movement control program has been made on the iradiator simulator frame. The movement of tote on the iradiator simulator frame is the most important part of the system in the iradiator simulator room. The tote is a box that carries the materials to be irradiated in the iradiator chamber which is driven by pneumatic system that is controlled by a control system. The control system requires a program that is made using CX-Programmer. To start making ladder diagrams, firstly the steps for the movement of the pneumatic cylinder are to be made. Determination of the default state of the pneumatic cylinder is used to determine the movement of the pneumatic cylinder either forward or backward. There are 14 pneumatic cylinders to move the tote in the frame. In one movement cycle, 9 steps of pneumatic cylinder movement are needed, so that the tote will move one step. A ladder diagram program has been made to move the tote inside so that it shifts one step. By this development of this Instrumentation and Control System, the iradiator simulator can be operated.

Key Word : Design, PLC Omron CJ2M-CPU13, movement of tote, frame.

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknik nuklir melalui iradiasi sinar gamma dalam dosis yang tepat dapat digunakan untuk pengawetan hasil pertanian dengan aman dan handal, tanpa meninggalkan radiasi sisa maupun residu kimia berbahaya. Penelitian makanan iradiasi sebenarnya telah dikembangkan sejak tahun 1968, dan aplikasinya terus

mengalami peningkatan yang sangat nyata. Prinsip pengawetan iradiasi adalah dengan mengiradiasi produk dengan sinar gamma ataupun sinar pengion lainnya. Paparan sinar gamma akan mengakibatkan terbunuhnya mikroorganisme pembusuk, namun tidak merusak bahan pangan itu sendiri.

Di Indonesia, komersialisasi bahan pangan iradiasi telah diizinkan berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 701/MENKES/PER/VIII/2009^[1]. Di samping murah, teknik iradiasi juga menawarkan kelebihan dibandingkan teknik pengawetan lain seperti misalnya tidak memerlukan bahan kimia dan tidak mengakibatkan panas yang berpotensi merusak bahan. Meskipun diradiasi dengan sinar gamma, bahan yang telah diiradiasi tersebut sama sekali tidak mengandung bahaya radioaktif^[1].

Untuk mengantisipasi kebutuhan iradiator gamma di Indonesia, BATAN bekerja sama dengan *Institutes of Isotopes* - Hungaria telah membangun Iradiator Gamma Merah Putih (IGMP). Pembangunan IGMP menghadirkan proses alih teknologi dari negara *vendor* dengan strategi *reverse engineering*. Strategi *reverse engineering* telah memangkas waktu pematangan teknologi iradiator gamma yang diadopsi. Keberhasilan alih teknologi diukur dengan kemampuan penguasaan teknologi dan kemampuan industri nasional dalam menyediakan komponen iradiator gamma. Pembangunan IGMP telah menempatkan kandungan komponen lokal sebanyak 85%. Tingkat kandungan komponen dalam negeri menjadi indikator utama terhadap keberhasilan kegiatan alih teknologi ini. Salah satu komponen terbesar dari komponen impor adalah sistem keselamatan iradiator gamma.

Dalam rangka mengakuisisi teknologi inilah, BATAN kini mengembangkan simulator iradiator gamma. Simulator didesain dan dibangun bagian dalam bunker yang menyangkut proses iradiasi. Di kemudian hari simulator ini akan digunakan untuk berbagai keperluan seperti: pengujian penggunaan komponen-komponen dalam negeri dan pelatihan sertifikasi petugas iradiator gamma. Kegiatan difokuskan pada pembuatan simulator iradiator yang terdiri dari: bagian sipil (*layout* dan pembangunan gedung/ruangan), bagian mekanik (sistem laluan iradiasi, sistem kompresor dan pneumatik, dan sistem pengangkat sumber), bagian listrik (catu daya dan penerangan), bagian instrumentasi (modul kontrol panel utama, modul pneumatik, dan modul PLC terkait) dan bagian dosimetri (simulasi dengan MCNP dan karakterisasi dosimetri IGMP). Untuk bidang instrumentasi, pemrograman secara integrasi menjadi fokus utama.

Bidang instrumentasi meliputi sistem keselamatan yang meliputi *hardware* PLC. Sedangkan di instrumentasi sendiri, berbagai kegiatan yang akan dilakukan adalah konstruksi modul sensor dan proses iradiasi, serta pemrograman PLC. Sistem instrumentasi dan kendali dengan menggunakan PLC dan beberapa sensor yang digunakan untuk mengoperasikan simulator iradiator yang dihubungkan dengan pneumatik sebagai pergerakan maju mundur atau naik turun dari *tote* yang digerakkan, sehingga diperlukan suatu pemrograman diagram ladder pergerakan transportasi produk, pengangkat rak sumber dan *loading/unloading* menggunakan PLC. Pada simulator iradiator terdapat transportasi produk sebanyak 4 sistem, diantaranya: *Loading unloading*, pengangkat rak sumber, konveyor dan *tote* dalam *frame*. Pada tulisan ini yang akan dibahas adalah pembuatan program kendali pergerakan *tote* di dalam *frame* simulator iradiator.

2. DASAR TEORI

Dalam era industri modern, sistem kontrol proses industri biasanya merujuk pada otomatisasi sistem kontrol yang digunakan. Sistem kontrol industri dimana peranan manusia masih amat dominan, misalnya dalam merespon besaran-besaran proses yang diukur oleh sistem kontrol tersebut dengan serangkaian langkah berupa

pengaturan panel dan saklar-saklar yang relevan, telah banyak digeser dan digantikan oleh sistem kontrol otomatis. Sebabnya jelas mengacu pada faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan produktivitas industri itu sendiri, misalnya faktor *human error* dan tingkat keunggulan yang ditawarkan sistem kontrol tersebut. Salah satu sistem kontrol yang amat luas pemakaiannya ialah *Programmable Logic Controller (PLC)*. Penerapannya meliputi berbagai jenis industri. Kemudahan transisi dari sistem kontrol sebelumnya (misalnya dari sistem kontrol berbasis *relay* mekanis).

PLC (Programmable Logic Controller)

NEMA (*The National Electrical Manufacturers Association*) mendefinisikan PLC sebagai piranti elektronika digital yang menggunakan memori yang bisa diprogram sebagai penyimpan internal dari sekumpulan instruksi. Instruksi merupakan implementasi dari fungsi-fungsi tertentu, seperti logika, sekuensial, pewaktuan, perhitungan, dan aritmatika, untuk mengendalikan berbagai jenis mesin ataupun proses melalui modul I/O digital dan atau analog. *Programmable Logic Controller* atau disebut dengan PLC merupakan sistem yang dapat memanipulasi, mengeksekusi, dan/atau memonitor keadaan proses pada laju yang amat cepat, dengan dasar data yang bisa diprogram dalam sistem berbasis mikroprosesor integral. PLC menerima masukan dan menghasilkan luaran sinyal-sinyal listrik untuk mengendalikan suatu sistem. Dengan demikian besaran-besaran fisika dan kimia yang dikendalikan, sebelum diolah oleh PLC, akan diubah menjadi sinyal listrik baik analog maupun digital, yang merupakan data dasarnya.

Karakter proses yang dikendalikan oleh PLC merupakan proses yang sifatnya bertahap, yakni proses itu berjalanurut untuk mencapai kondisi akhir yang diharapkan. Dengan kata lain proses itu terdiri beberapa subproses, dimana subproses tertentu akan berjalan sesudah subproses sebelumnya terjadi. Istilah umum yang digunakan untuk proses yang berwatak demikian ialah proses sekuensial (*sequential process*).

a. Modul Program Perangkat Lunak, Modul I/O dan Modul masukan

PLC mengenal berbagai macam perangkat lunak, termasuk *State Language*, SFC, dan bahkan C. Yang paling populer digunakan ialah *RLL (Relay Ladder Logic)*. Semua bahasa pemrograman tersebut dibuat berdasarkan proses sekuensial yang terjadi dalam *plant* (sistem yang dikendalikan). Semua instruksi dalam program akan dieksekusi oleh modul CPU, dan penulisan program itu bisa dilakukan pada keadaan *on line* maupun *off line*. Eksekusi perangkat lunak tidak akan mempengaruhi operasi I/O yang tengah berlangsung. Modul I/O merupakan modul masukan dan modul luaran yang bertugas mengatur hubungan PLC dengan piranti eksternal atau periferal yang bisa berupa suatu komputer *host*, saklar-saklar, unit penggerak motor, dan berbagai macam sumber sinyal yang terdapat dalam *plant*. Modul masukan berfungsi untuk menerima sinyal dari unit pengindera periferal, dan memberikan pengaturan sinyal, terminasi, isolasi, maupun indikator keadaan sinyal masukan. Sinyal-sinyal dari piranti periferal akan dipindai (*scanned*) dan keadaannya akan dikomunikasikan melalui modul antarmuka dalam PLC. Beberapa jenis modul masukan di antaranya:

- Tegangan masukan DC (110, 220, 14, 24, 48, 15-30V) atau arus C(4-20mA).
- Tegangan AC ((110, 240, 24, 48V) atau arus AC (4-20mA).
- Masukan TTL (3-15V).
- Masukan analog (12 bit).
- Masukan word (16-bit/paralel).
- Masukan termokopel.
- Detektor suhu resistansi (RTD).
- *Relay* arus tinggi.
- *Relay* arus rendah.

- Masukan *latching* (24VDC/110VAC).
- Masukan terisolasi (24VDC/85-132VAC).
- Masukan cerdas (mengandung mikroprosesor).
- Masukan pemosisian (*positioning*).
- Masukan PID (proporsional, integral, dan differensial).
- Pulsa kecepatan tinggi.
- Dan lain-lain.

b. Modul Luaran

Modul luaran mengaktifasi berbagai macam piranti seperti aktuator hidrolik, pneumatik, solenoid, *starter* motor, dan tampilan status titik-titik periferil yang terhubung dalam sistem. Fungsi modul luaran lainnya mencakup kondisi, terminasi dan juga pengisolasian sinyal-sinyal yang ada. Proses aktivasi tersebut tentu saja dilakukan dengan pengiriman sinyal-sinyal diskrit dan analog yang relevan, berdasarkan karakteristik PLC sendiri yang merupakan piranti digital. Beberapa modul luaran yang lazim saat ini di antaranya:

- Tegangan DC (24, 48, 110V) atau arus DC (4 - 20 mA).
- Tegangan AC (110, 240V) atau arus AC (4 - 20 mA).
- Luaran analog (12-bit).
- Luaran word (16-bit/parallel).
- Luaran cerdas.
- Luaran ASCII.
- *Port* komunikasi ganda.

Sedangkan penyedia tegangan diambil dari catu daya listrik utama melalui sistem proteksi dari panel hubung bagi tiga fasa 380 V, yang diturunkan menjadi tegangan tersebut di atas sesuai dengan peruntukannya. Contohnya, PLC CJ2M CPU13 adalah suatu modul yang dibutuhkan oleh suatu PLC sebagai prosesor dari keseluruhan kegiatan pemrograman *ladder* diagram dan HMI (*Human-Machine Interface*) yang digunakan. Juga sebagai pendistribusian I/O dari seluruh *input* digital, *input* analog, *otput* digital dan *output* analog yang digunakan dalam sistem *control* simulator irradiator gamma. Berikut pada Tabel 1 adalah *Data sheet* dari PLC jenis CJ2M CPU13 yang digunakan pada simulator iradiator.

Tabel 1. Datasheet dari PLC jenis CJ2M CPU13

CJ2M CPU Units

Product name	Specifications						Current consumption (A)		Model
	I/O capacity/ Mountable Units (Expansion Racks)	Program capacity	Data memory capacity	LD instruction execution time	EtherNet/IP function	Option board slot	5 V	24 V	
 CJ2M CPU Units	2,560 points/40 Units (3 Expansion Racks max.)	60K steps	160K words (DM: 32K words, EM: 32K words x 4 banks)	0.04 μs	-	-	0.5 (See note.)	-	CJ2M-CPU15
		30K steps							CJ2M-CPU14
		20K steps	64K words (DM: 32K words, EM: 32K words x 1 bank)						CJ2M-CPU13
		10K steps							CJ2M-CPU12
		5K steps							CJ2M-CPU11

Note: Add 0.15A/Unit when using NT-AL001 RS-232C/RS-422A Adapters.
Add 0.04A/Unit when using CJ1W-CIF11 RS-422A Adapters.
Add 0.20A/Unit when using NV3W-M□20L(-V1) Programmable Terminals.

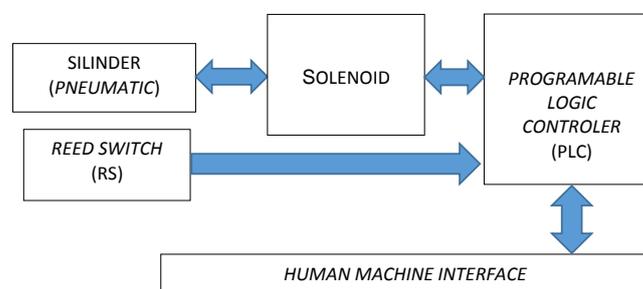
3. TATA KERJA

Desain dasar PLC yang digunakan pada sistem instrumentasi dan kendali simulator iradiator, berupa *layout* PLC OMRON series CJ2M-CPU13, dengan penentuan komponen yang akan digunakan pada sistem kontrol instrumentasi simulator iradiator. Komponen utama terletak pada PLC, dalam hal ini PLC yang di gunakan adalah PLC OMRON series CJ2M, yang sudah teruji dalam aplikasi industri besar maupun industri lainnya. PLC series terdiri dari *power supply*, CPU, *Device internet*, *input analog*, *input digital*, *output analog* dan *output digital*. Berdasarkan konfigurasi komponennya terdapat dua model PLC, yaitu model *compact* (sebagian besar komponen utamanya telah terintegrasi menjadi satu bagian) dan modul modular, komponen-komponennya terdiri dari beberapa modul terpisah^[5]. PLC CJ Series merupakan salah satu produk PLC OMRON yang sudah bersifat modular, dengan sistem koneksi yang hampir sama dengan PLC CQM1. PLC ini ukurannya kecil seperti CPM2C, tetapi dengan kemampuan tinggi seperti PLC seri CS1.

PLC CJ1 merupakan PLC Modular dengan konfigurasi umum terdiri dari sebuah unit *power supply*, CPU dan modul-modul I/O lainnya. Jumlah modul yang dapat dipasang untuk setiap raknya maksimal 10 unit I/O. dengan total maksimum rak ekspansi 3 rak, sehingga total maksimum unit yang dapat digunakan adalah 40 unit (10 unit pada rak CPU dan 30 unit pada rak ekspansi). Konfigurasinya baik rak CPU maupun rak ekspansi harus disertai dengan sebuah unit *power supply* (CJ1W-PA205R). Selain itu, untuk melakukan ekspansi juga harus digunakan unit *control I/O* (CJ1W-IC101) pada rak yang akan diekspansi dan unit *interface I/O* (CJ1W-II101) pada rak ekspansinya. Selanjutnya dilakukan pengidentifikasi *output* yang akan disambungkan ke pneumatik. Pada bagian pneumatik diidentifikasi keadaan posisi silinder pada keadaan *default*-nya, sebagai dasar untuk menentukan awal pergerakan dari silinder yang akan digerakkan melalui *relay* yang dihubungkan dengan *output* ladder diagram PLC.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan gambar blok diagram karakterisasi simulator iradiator telah dilakukan. Blok diagram ini dapat digunakan sebagai acuan dalam membuat rancangan dan desain iradiator baik untuk perangkat kerasnya atau pun untuk proses pembuatan perangkat lunaknya. Blok diagram digunakan untuk mengetahui secara simultan proses dari cara kerja sistem kendali simulator iradiator, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kendali Karakterisasi Irradiator.

Secara garis besar, Gambar 1, menjelaskan proses cara kerja simulator iradiator. *Reed switch* adalah instrumen sensor yang memberikan tanda berupa bit ke PLC untuk mengetahui posisi silinder dalam posisi maju atau mundur. *Reed switch* diletakan pada silinder-silinder di setiap ujungnya. Setiap silinder ada 2 *reed switch* yang digunakan. Silinder (pneumatik) adalah alat yang berfungsi untuk mendorong

tote. Silinder dapat bergerak maju atau mundur diatur oleh solenoid, pergerakan maju dan mundur silinder menggunakan angin atau kompresi. Silinder yang digunakan dalam pergerakan *tote* pada *frame* simulator irradiator berjumlah 14 buah. Selenoid adalah saklar mekanis yang berfungsi untuk membuka dan menutup angin atau kompresi yang disalurkan ke silinder. Perintah buka dan tutup diberikan oleh PLC yang berupa tegangan - tegangan listrik DC melalui jalur *output* pada PLC yang merupakan *micro computer basic* yang dapat diperintah oleh programmer. *Ladder diagram* dapat digunakan untuk membuat program yang digunakan pada sistem kendali simulator irradiator, yang merupakan kendali utama simulator irradiator.

PLC yang digunakan dalam kendali ini adalah PLC modular yang berupa modul-modul terpisah dengan modul lainnya. Bagian-bagiannya meliputi *power supply*, CPU, *Internet Device*, *digital input* dan *digital output*. *Power supply* yang dibutuhkan adalah 220 VAC. Sementara *input* dan *output*-nya mendapatkan tegangan dari *power supply* eksternal, yaitu 12 V DC, 24 V DC. PLC diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman diagram *Ladder* yang dapat dijalankan dengan aplikasi *CX-Programmer*. *CX-Programmer* adalah bagian dari *CX-One* yang dikeluarkan oleh pembuat merk OMRON. PLC menerima *input* atau perintah dari HMI sebagai kontrol utama dan dilanjutkan atau diteruskan ke solenoid, yang selanjutnya dapat menjalankan silinder yang diinginkan oleh pemrogram. Sebagai indikator dari silinder maju mundur ditandai oleh sensor *Reed Swicth* (RS) yang diletakan di ujung-ujung silinder. RS memberikan *input* kepada PLC bahwa posisi silinder dalam keadaan membuka atau menutup.

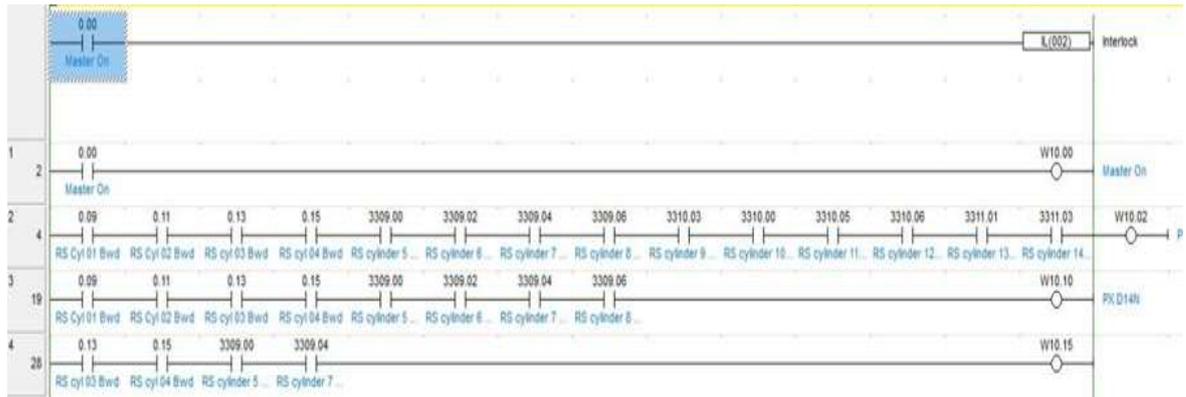
Human Machine Interface (HMI) adalah suatu layar monitor yang dapat digunakan oleh operator untuk mengendalikan simulator irradiator. HMI dapat diprogram dengan *CX-Designer* yang merupakan bagian dari aplikasi *CX-One* suatu aplikasi *software* dalam memprogram PLC. Integrasi modul berupa layar *touchscreen* berdiameter 7 inchi dengan menggunakan koneksi RS232 untuk komunikasi dengan PLC. Komunikasi dengan perangkat yang lain bisa menggunakan *DeviceNet* sebagai I/O modul baik itu analog atau digital.

Berikut adalah pembuatan program dengan *CX-Programmer* untuk menjalankan *Tote* pada *frame* simulator irradiator. *Basic state* yang digunakan adalah kondisi posisi silinder dalam keadaan *default* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, dimana Silinder harus dalam posisi sebelum dijalankan.

Tabel 2. *Basic state* silinder

<i>Basic State</i> Silinder Simulator
13+
14+
10+
12-
9+
11-
8-
2-
6-
4-
1-
7-
3-
5-

Step 1 : kondisi state ditandai oleh *Reed Swicth* yang terletak pada tiap silinder. Ada 2 *Reed Swicth* (RS) disetiap silinder, Jika tahapan *state* telah terpenuhi maka *step 1* bisa dijalankan. Berikut adalah program/gambar diagram *ladder* pada posisi pneumatik dalam keadaan default-nya.



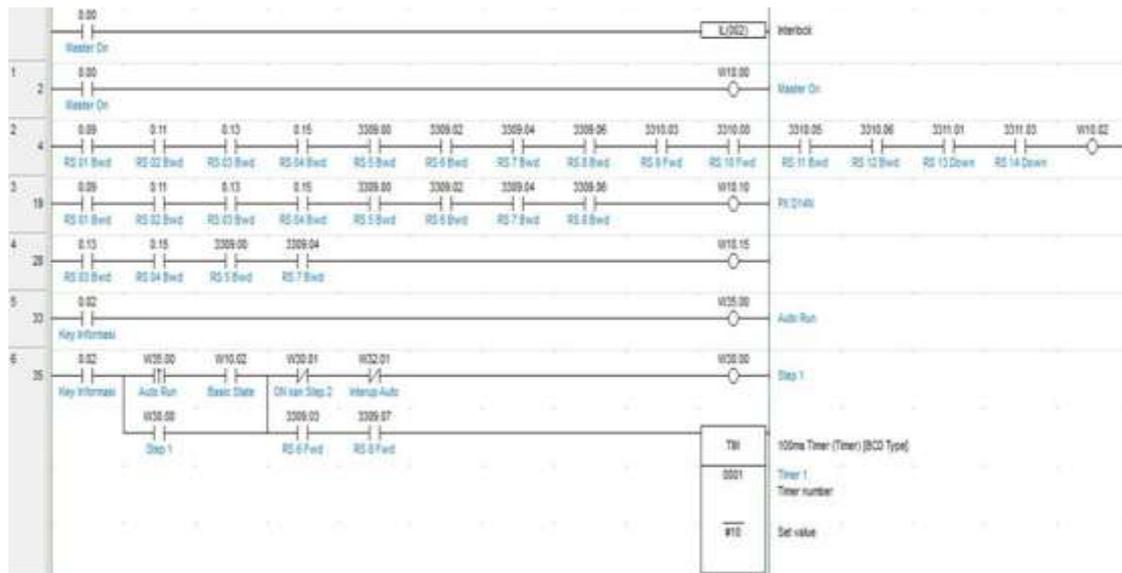
Gambar 2. Ladder diagram untuk posisi default silinder

Dalam menggerakkan 1 box bergerak dari posisi semula bergeser satu langkah memerlukan 9 step atau 1 siklus. Setiap 1 step ada beberapa silinder yang maju atau mundur, naik atau turun. Ketentuan mengacu pada siklus tahapan pergerakan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Gerakan silinder dalam 1 siklus 9 step

STEP NUMBER	CYLINDER MOVEMENT					
1	8 +	6 +				
2	8 -	6 -				
3	13 -	10 -	12 +			
4	2 +	4 +	1 +	3 +		
5	2 -	4 -	1 -	3 -		
6	13 +	14 -	10 +	12 -	9 -	11 +
7	7 +	5 +				
8	7 -	5 -				
9	14 +	9 +	11 -			

Program step 1 terlihat pada gambar ladder diagram berikut ini.



Gambar 3. Ladder diagram untuk step 1.

Program ladder step 2



Gambar 4. Ladder diagram untuk Step 2.

Program ladder step 3



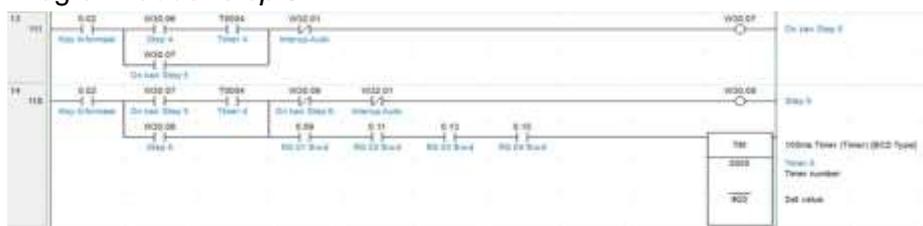
Gambar 5, Ladder diagram untuk step 3

Prgram ladder step 4



Gambar 6. Ladder diagram untuk step 4

Program ladder step 5



Gambar 7. Ladder diagram untuk step 5

Program ladder step 6



Gambar 8. Ladder diagram untuk step 6

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 01/MENKES/PER/VIII/2009.
- [2] Robert B. Hee, A.A.S., *Knowing the Basics of PLCs-Part 1*, EC &M Magazine, October 1995.
- [3] *TS3000 Planning & Installation Guide*, March 1988.
- [4] T. senbun, F. Hanabuchi, *Instrumentation System, Fundamentals and Applications*, Yokogawa electric Corp. Tokyo 1991
- [5] Omron, *PLC & HMI Integration Training Manual*, Omron Electronics Manual book OMRON, edition Januari 2005.