

## APLIKASI PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER) SEBAGAI SISTEM KONTROL PADA Modifikasi “Automatic Loading Machine” Generator $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ berbasis PZC

I WAYAN W., ARTADI H.W., ADANG H.G., YONO S., A. MUTALIB

Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka – BATAN  
Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang 15310, Banten  
Telp/Faks. 021.7563141

### Abstrak

Kerjasama antara BATAN dengan KAKEN Co. Jepang telah menghasilkan prototipe automatic loading machine untuk proses pembuatan generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  berbasis PZC. Automatic loading machine ini memiliki kapasitas delapan buah generator. Proses tersebut terdiri dari empat tahap yaitu penyerapan  $^{99}\text{Mo}$  pada PZC, loading kompleks  $^{99}\text{Mo}$ -PZC ke dalam kolom, perakitan generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ , dan elusi  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  dari kolom generator. Terdapat beberapa kekurangan pada automatic loading machine tersebut yang mengakibatkan waktu proses secara total menjadi cukup lama. Hal ini berpengaruh kepada paparan radiasi yang akan diterima oleh pekerja. Untuk menanggulangi hal itu dilakukan modifikasi yang dapat mempersingkat waktu proses. Bagian modifikasi tersebut kemudian dibuat agar dapat bekerja secara otomatis, dengan demikian diperlukan sebuah alat kontrol. Kontrol otomatis yang digunakan adalah sistem kontrol dengan menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) sebagai basisnya. Dari hasil uji coba yang telah dilakukan maka fungsi sistem kontrol yang dibuat untuk modifikasi tersebut berhasil dengan baik.

Kata kunci : Automatic loading machine,  $^{99}\text{Mo}$ -PZC, Sistem kontrol, PLC

### Abstract

Cooperation BATAN with KAKEN Co. Japan has resulted in an automatic loading machine prototipe for the process of generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  based on PZC. It has eight generator capacity. The process consist of four phase that is absorption of  $^{99}\text{Mo}$  at PZC, loading  $^{99}\text{Mo}$ -PZC complex into column, assembling of generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  and elution of  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  from generator column. There were weaknesses in the automatic loading machine which tends to a longer of total time process. The condition affect radiation exposure that a worker will have. To control it, it is done the modify so can shorten time process. The modify part works automatically and it is needed a controller. It is a control system using PLC (Programmable Logic Controller) as a basis. The experimen has been carried out gives the function of the control system works well.

Keywords : Automatic loading machine,  $^{99}\text{Mo}$ -PZC, control system, PLC

### PENDAHULUAN

Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka (PRR) pada saat ini mempunyai sebuah alat untuk pembuatan generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  hasil kerjasama antara PRR-BATAN dengan Kaken Co. Jepang. Alat ini dinamakan *automatic loading machine*<sup>[1]</sup>. Alat ini terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian kontrol dan bagian *loading system* (lampiran). Proses yang terjadi

dalam unit *loading system* ini diatur dengan menggunakan satu unit alat kontrol yang berbasis PLC. Dalam sekali proses *automatic loading machine* mampu menghasilkan delapan buah generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  dengan waktu proses sekitar 9 jam. Setiap proses terdiri dari beberapa tahapan utama yaitu penyerapan  $^{99}\text{Mo}$  pada PZC, *loading* kompleks  $^{99}\text{Mo}$ -PZC ke dalam kolom, perakitan generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

dan elusi  $^{99m}\text{Tc}$  dari generator  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ . Total waktu 9 jam dianggap masih terlalu lama<sup>[2]</sup>.

Untuk dapat meningkatkan fungsi *automatic loading machine* termasuk didalamnya mempercepat waktu proses, maka perlu dilakukan beberapa modifikasi. Beberapa modifikasi yang dapat dilakukan adalah :

1. Modifikasi proses pengisian larutan  $^{99}\text{Mo}$  ke dalam *vial*. Sebelum modifikasi, pengisian dilakukan satu persatu sehingga untuk mengisi delapan *vial* reaksi memerlukan waktu yang lama. Modifikasi yang dilakukan adalah merubah sistem pengisian menjadi delapan *vial* dalam waktu yang bersamaan.
2. Modifikasi pada sistem pengocokan campuran reaksi  $^{99}\text{Mo}$  dengan *PZC*. Sebelum modifikasi, pengocokan dilakukan dengan menggoyangkan piringan tempat *vial* reaksi, dengan metode ini ternyata hanya bagian airnya saja yang bergerak, akibatnya reaksi pencampuran menjadi kurang sempurna. Hal ini ditunjukkan dengan rendahnya kapasitas serap *PZC* terhadap  $^{99}\text{Mo}$ . Modifikasi yang dilakukan adalah merubah sistem pengocokan dengan menggunakan *syringe* yang digerakkan oleh motor. *Syringe* akan menyedot campuran reaksi  $^{99}\text{Mo}$  dengan *PZC* dan meniupkan kembali secara perlahan sehingga proses pencampuran terjadi dengan sempurna.
3. Modifikasi sistem pemindahan komplek  $^{99}\text{Mo-PZC}$  ke kolom perakitan (dalam tahap perencanaan). Sebelum modifikasi, pemindahan dilakukan satu persatu, sehingga waktu yang diperlukan menjadi lama. Kemudian modifikasi dilakukan dengan membuat proses pemindahan menjadi delapan kolom dalam waktu yang bersamaan.
4. Modifikasi proses pencucian. Modifikasi yang dilakukan adalah melakukan proses pencucian delapan kolom secara bersamaan, dimana sebelumnya dilakukan satu persatu.
5. Modifikasi sistem penampungan limbah (kontrol telah dibuat tetapi tidak menggunakan *PLC*).

Dari kelima modifikasi yang akan dilakukan, hanya empat tahap yang dapat direalisasikan yaitu modifikasi proses pengisian

larutan  $^{99}\text{Mo}$  ke dalam *vial*, modifikasi pada sistem pengocokan campuran reaksi  $^{99}\text{Mo}$  dengan *PZC*, modifikasi proses pencucian, dan modifikasi sistem penampungan limbah.

Dari empat modifikasi yang dilakukan, tiga tahap diantaranya dikontrol dengan *PLC* dan satu buah dikontrol dengan kombinasi *timer* dan *relay* yaitu modifikasi sistem penampungan limbah. *PLC* dalam sistem kontrol tersebut diprogram sedemikian rupa sehingga dapat menjalankan tahapan-tahapan modifikasi sesuai fungsinya masing-masing. Pemrograman dibuat dengan *ladder diagram* yang disesuaikan dengan diagram alir serta urutan proses pada setiap tahapan<sup>[3,4,5,6]</sup>. Dengan modifikasi tersebut diharapkan dapat memberikan beberapa peningkatan seperti: waktu total proses pembuatan generator  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  dapat dipersingkat, tingkat paparan radiasi yang diterima pekerja jauh berkurang, dan diharapkan dapat meningkatkan mutu produk generator  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ .

## TATA KERJA

### Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah perangkat mekanik "loading system" hasil modifikasi, *Box Panel* ukuran 60 x 40 x 10 cm buatan lokal, *PLC OMRON CPM1A 40 I/O* keluaran Jepang, *relay 24 VDC* merek *OMRON*, *transformator step down* yang merupakan komponen cadangan dari Kaken, *speed control* juga komponen cadangan dari Kaken, *power supply 24 VDC* sistem *switching* produk lokal, *MCB 2 Ampere* merek *MG (Merlin Gerlin)* buatan Jerman, kabel kontrol merek Federal buatan Indonesia, *Fuse 2 Ampere* buatan lokal, *selector switch* merek *Legrand*, *push button switch* dan lampu indikator merek *OMRON*, *emergency stop* merek *Golvin* buatan Korea.

Peralatan yang digunakan adalah *tool set*, *PC*, *Software PLC*.

### Diagram Alir Sistem Kontrol

Ketiga modifikasi yang dilakukan sebenarnya memiliki tahapan proses yang hampir sama. Perbedaannya adalah pada jenis larutan yang digunakan. Pada *loading*  $^{99}\text{Mo}$  larutan yang digunakan adalah  $^{99}\text{Mo}$ , pada proses pengocokan larutan yang digunakan adalah campuran  $^{99}\text{Mo}$  dengan *PZC*, sedangkan pada proses pencucian yang digunakan adalah

air. Diagram alir sistem kontrol pada modifikasi "automatic loading machine" untuk generator  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  berbasis PZC ditunjukkan pada Gambar 1.

### Membuat Ladder Diagram

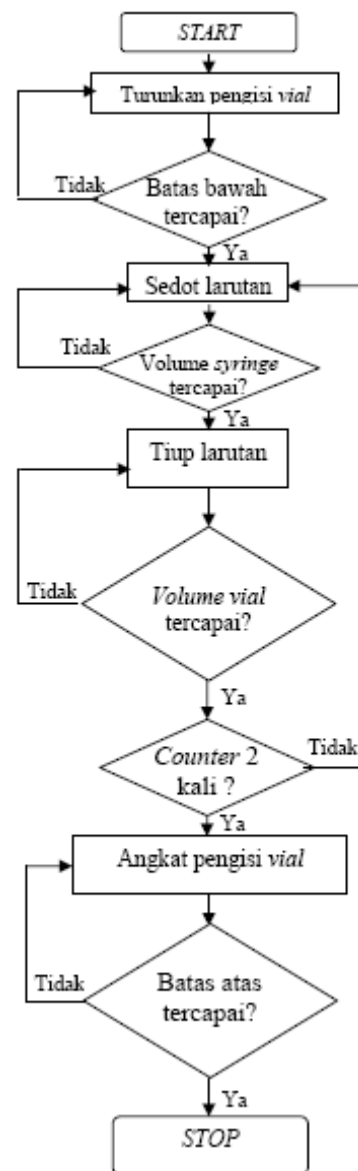
Ladder diagram dibuat sesuai diagram alir yang ada. Dimana hubungan masukan, keluaran, dan PLC dapat dengan jelas terbaca. Ladder diagram tersebut kemudian akan ditanamkan (down load) ke dalam PLC sehingga untuk selanjutnya PLC akan bekerja dengan sendirinya secara otomatis.

### PERAKITAN SISTEM KONTROL

Perakitan dimulai dengan membuat jalur-jalur pengkabelan antara masukan – PLC – keluaran. Untuk keluaran dibagi menjadi 2 bagian yaitu relay dan beban. Semua keluaran dari PLC disambungkan dengan relay. Kemudian, dari relay pengkabelan diteruskan ke beban seperti beban motor dan solenoid. Hasil perakitan seperti terlihat pada Gambar 3.

### Uji Coba Fungsi Sistem Kontrol

Uji coba dilakukan secara bertahap mulai dari uji coba ladder diagram, uji coba sistem tanpa beban, dan uji coba sistem dengan beban. Setiap modifikasi dilakukan uji coba sesuai dengan prosedur pengoperasian yang ada. Uji coba yang dilakukan telah menghasilkan proses yang sesuai dengan diagram alir yang ada. Namun, dalam uji coba juga dilakukan kalibrasi antara volume pada syringe dengan putaran motor serta pengaturan timer pada program PLC sehingga volume akhir yang diinginkan dapat tercapai. Kalibrasi ini dilakukan pada PLC dengan mengatur timer yang menggerakkan syringe. Kalibrasi yang sangat penting dan harus diperhatikan adalah pada loading  $^{99}\text{Mo}$  ke dalam vial reaksi. Setiap vial reaksi harus berisi 20 ml larutan  $^{99}\text{Mo}$ . Pada loading  $^{99}\text{Mo}$  digunakan dua buah syringe dengan kapasitas 120 ml. Kapasitas tabung pembagi ke vial adalah 100 ml sehingga dibutuhkan dua kali proses pengisian dari syringe sampai ke vial reaksi.



Gambar 1. Diagram Alir Sistem Kontrol Pada Modifikasi

Dua kali proses pengisian dilakukan dengan asumsi bahwa sekali sedot setiap syringe menyedot 40 ml  $^{99}\text{Mo}$  yang dimasukkan ke dalam tabung pembagi sehingga dalam tabung akan terdapat 80 ml  $^{99}\text{Mo}$ , kemudian dibagi ke delapan vial reaksi sehingga masing-masing vial reaksi berisi 10 ml  $^{99}\text{Mo}$ . Dengan dua kali pengisian maka akan diperoleh jumlah  $^{99}\text{Mo}$  pada vial reaksi sebanyak 20 ml. Dengan putaran motor yang tetap (96,67 rpm) maka besarnya timer pada ladder diagram pada pemrograman PLC harus disesuaikan agar diperoleh volume pada syringe sebesar 20 ml. Pada pengujian ini angka seting timer dalam ladder diagram diperoleh sebesar 21 detik.

Untuk proses pengocokan dan pencucian tidak diperlukan kalibrasi yang sangat teliti karena pada proses pengocokan, larutan  $^{99}\text{Mo}$ -PZC hanya disedot dan ditiupkan kembali agar terjadi pencampuran antara  $^{99}\text{Mo}$  dengan PZC sehingga PZC dapat mengikat  $^{99}\text{Mo}$  dengan sempurna. Begitu juga pada proses pencucian, air hanya disedot dan ditiupkan untuk melakukan pencucian.

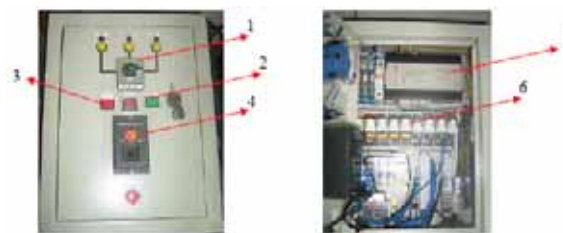
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara keseluruhan hasil modifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian Alat *Automatic Loading Machine* Hasil Modifikasi

- 1 = alat kontrol
- 2 = sistem pengisian  $^{99}\text{Mo}$
- 3 = *vial* reaksi
- 4 = pengendali pengocokan
- 5 = pengendali pengisian larutan  $^{99}\text{Mo}$



Gambar 3. Alat Kontrol *Automatic Loading Machine* Hasil Modifikasi

- 1 = selector swith
- 2 = Star
- 3 = Stop
- 4 = Speed Control
- 5 = PLC
- 6 = Relay

Proses pada tahap pencampuran  $^{99}\text{Mo}$  dengan PZC dilakukan dengan momposisikan *selector switch* (Gambar 3) pada posisi "Mo" kemudian tombol "START" ditekan maka proses pencampuran  $^{99}\text{Mo}$  dengan PZC akan berlangsung dengan sendirinya. Proses diawali dengan turunya tabung pengisi *vial* reaksi. Kemudian, terjadi proses pengisian  $^{99}\text{Mo}$  ke dalam *vial*, dimana  $^{99}\text{Mo}$  disedot oleh *syringe* lalu ditiupkan ke tabung penampung. Dari tabung penampung  $^{99}\text{Mo}$  dibagi ke delapan *vial* reaksi. Setiap *vial* akan terisi  $^{99}\text{Mo}$  sebanyak 20 ml. Setelah  $^{99}\text{Mo}$  sebanyak 20 ml terdapat pada masing-masing *vial* reaksi, maka tabung pengisi diangkat kembali pada posisi sebelumnya.

Proses pengocokan (mixing) terjadi pada saat proses pemanasan campuran  $^{99}\text{Mo}$ -PZC berlangsung. Proses pemanasan sendiri terjadi selama 3 jam dan proses pengocokan terjadi 15 menit sekali. Proses pengocokan dilakukan dengan merubah posisi *selector switch* ke posisi "MIX" dan menekan tombol "START". Proses akan diawali dengan menurunkan tabung pengisi *vial* reaksi, kemudian *syringe* akan menyedot campuran  $^{99}\text{Mo}$ -PZC dan beberapa saat kemudian akan meniupkan kembali. Proses sedot-tiup ini dilakukan dua kali dalam satu siklus pengoperasian pengocokan (mixing), dan setelah itu tabung pengisi *vial* reaksi diangkat kembali.

Proses pencucian dilakukan oleh *syringe* dan motor yang sama seperti pada proses pencampuran  $^{99}\text{Mo}$ -PZC sehingga urutan prosesnya hampir sama, hanya pada proses pencucian tidak lagi menyedot  $^{99}\text{Mo}$  melainkan air. Proses pencucian dapat berjalan secara otomatis dengan cara memindahkan *selector switch* ke posisi "WATER" dan menekan tombol "START".

Dari modifikasi yang telah dilakukan maka dapat diperoleh tabel modifikasi seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Modifikasi dan Perbandingan Waktu yang Dihasilkan

NO.	PROSES	MODIFIKASI	Waktu (jam)	
			Sebelum	Sesudah
1	Pencampuran $^{99}\text{Mo}$ dengan PZC	Per <i>vial</i> menjadi 8 <i>vial</i> sekaligus	1,5	0,25
2	Pengocokan (proses pemanasan)	Sistem goyang menjadi sistem sedot-tiup	3	3
3	Pencucian	Per <i>vial</i> menjadi 8 <i>vial</i> sekaligus	0,5	0,25
TOTAL			5	3,5

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa dengan tiga tahap modifikasi yang telah dilakukan maka terjadi pengurangan waktu yang signifikan yaitu sebesar 1,5 jam. Waktu 1,5 jam tersebut dapat diperbesar lagi apabila modifikasi pada proses pemindahan kompleks  $^{99}\text{Mo-PZC}$  ke kolom perakitan dapat direalisasikan.

Sistem kontrol yang dibuat untuk mengendalikan proses modifikasi tersebut telah berhasil dengan baik. Semua fungsi yang dilakukan telah berjalan sesuai dengan diagram alir yang ada.

#### KESIMPULAN

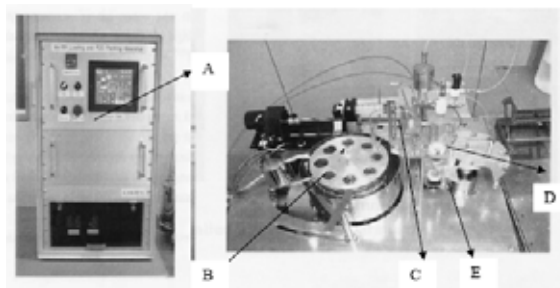
Sistem kontrol berbasis PLC yang dibuat telah mampu menggerakkan *loading system* hasil modifikasi. Terbukti bahwa waktu proses total pembuatan generator  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  sudah dapat dipersingkat dan diharapkan juga peningkatan lain seperti berkurangnya paparan radiasi yang diterima pekerja serta peningkatan mutu dari generator  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  dapat dicapai. Untuk selanjutnya masih dapat dilakukan beberapa modifikasi lagi sehingga waktu total proses generator  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  dapat dipersingkat lagi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, 2000, "Operation Manual of Automatic Loading Machine", Kaken Co.
2. GUNAWAN A. H., "Konsultasi langsung", 7-18 Juli 2008
3. ANONIM, 2000, "Ladder Diagram of Automatic Loading Machine Operation Manual", Kaken Co. Japan.
4. OMRON Training Manual, Omron-Indonesia Representative Office, 1997
5. YUDA D. H., 2003, "Dasar-dasar PLC", Materi kuliah Teknik Fisika Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.

6. TJOKRONEGORO H. A., 1997, "Programable Logic Controller", Laboratoria Instrumentasi dan Kontrol Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Bandung, Juni.

#### LAMPIRAN



Gambar 4. Alat Automatic Loading Machine Hasil Kerjasama BATAN Dan Kaken Co. Jepang

#### Keterangan:

- A = Alat control
- B = vial reaksi
- C = tubing pemindah kompleks  $^{99}\text{Mo-PZC}$  dari vial reaksi ke kolom
- D = kolom pencucian
- E = kolom perakitan)

