

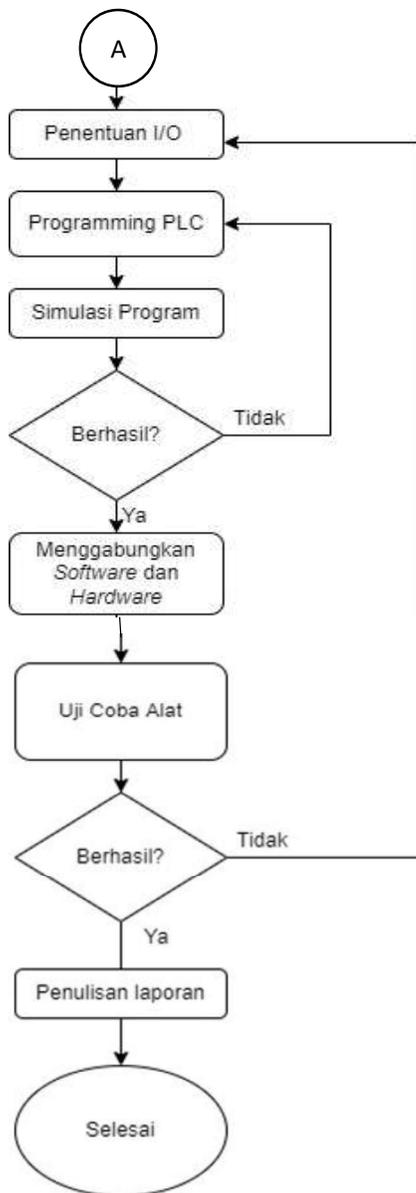
3. METODE PERANCANGAN

3.1 Metodologi Perancangan

Sebagaimana latar belakang permasalahan dijelaskan pada bab 1 bahwa oksigen konsentrator memerlukan sistem monitor dan sistem kontrol untuk beroperasi. Dengan demikian, diperlukan rancangan sistem monitor untuk memantau proses penyaringan oksigen dalam oksigen konsentrator. Selain itu, dibutuhkan pula sistem kontrol pada proses VPSA untuk mengendalikan tekanan tangki pada oksigen konsentrator. Perancangan sistem kontrol menggunakan PLC sebagai komponen utama yang mengendalikan kerja dari katup untuk mengatur tekanan udara. Perancangan sistem monitor dan kontrol dimulai dengan menentukan *sequence* atau urutan proses dalam pengoperasian alat. Kemudian dilanjutkan dengan pemilihan komponen serta penugasan *input* dan *output*. Selanjutnya penulisan program dilakukan berdasarkan langkah-langkah operasi pada sistem kontrol. Program disimulasikan pada *software* PLC untuk memastikan program dapat berjalan dengan lancar sebelum dioperasikan pada alat. Kemudian program akan dimasukkan pada memori dan mulai pemasangan kabel *input* dan *output* yang benar sesuai dengan tugas I/O. Pada awal beroperasinya PLC, *debug* dan *fine tune* sistem kontrol mungkin diperlukan. Pengujian dijalankan secara menyeluruh sampai benar-benar amat untuk dioperasikan oleh siapapun terutama operator. Perancangan input oksigen konsentrator berupa tombol on dan off untuk memulai dan menghentikan alat oksigen konsentrator. Kemudian pada setiap tangki dipasangkan *pressure switch* yang berguna untuk membatasi tekanan dalam tangki selama proses presurisasi.

3.2 Alur Perancangan





Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan

3.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam sebuah proses perancangan. Identifikasi masalah dilakukan dengan melakukan *review* pada studi mengenai perancangan oksigen konsentrator. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Jee, Jung, Jee, Moon, & Lee, 2007), studi dilakukan pada oksigen konsentrator 3 bed dengan siklus VPSA. Siklus penyaringan oksigen memanfaatkan *vacuum pump* untuk melakukan regenerasi setelah proses penyaringan pada *bed zeolite*. Pada studi yang dilakukan oleh (Pan,2017), pembuatan prototipe oksigen

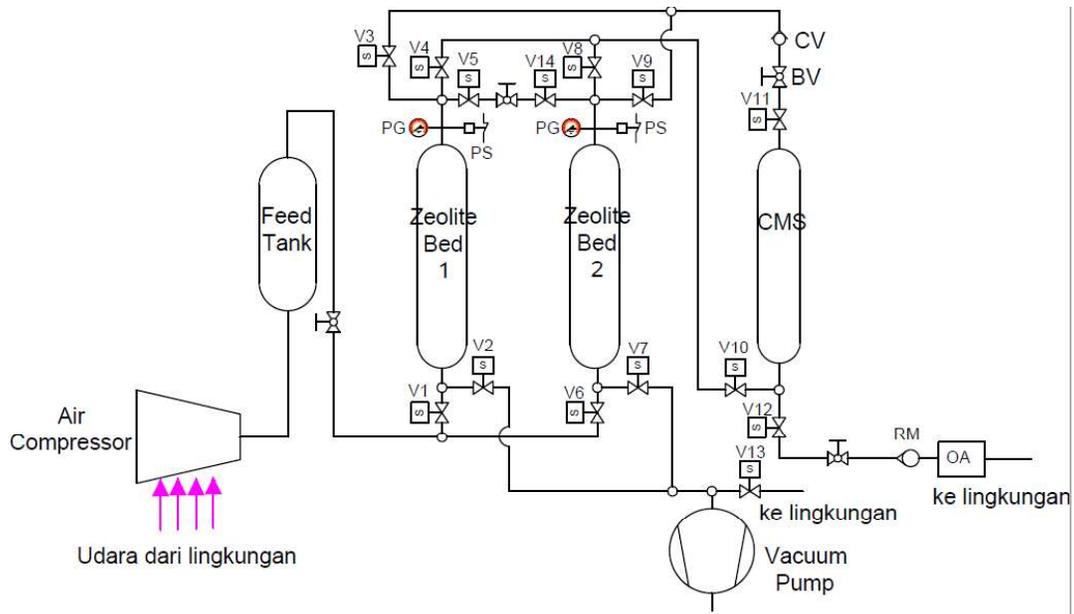
konsentrator dengan siklus PVSA 2 bed dilakukan dalam skala kecil menggunakan mikrokontroler. Siklus VPSA dengan 2 *bed* oleh (Pan,2017) menghasilkan konsentrasi oksigen antara 50% sampai 70% dengan konsentrasi tertinggi yang pernah dihasilkan sebesar 72,35%. Sedangkan pada penelitian oleh (Jee, Jung, Jee, Moon, & Lee, 2007) oksigen konsentrator dirancang dengan 3 *bed* terbukti bahwa konsentrasi oksigen yang dihasilkan memiliki kemurnian lebih tinggi yaitu sekitar 94%. Sedangkan oksigen konsentrator untuk kegunaan medis memiliki syarat kemurnian oksigen sebesar 82%. Kemurnian oksigen hasil alat dapat dikontrol menggunakan sistem kontrol pada parameter tekanan tangki dan lama proses adsorpsi udara yang terjadi pada tangki. Sistem kontrol menggunakan PLC Delta dengan *input switch* menggunakan tombol *on/off* dan *pressure switch* yang terpasang pada setiap tangki dan *output* berupa *solenoid valve* menggunakan *input* dari *pressure switch* dan digabung dengan *timer* yang diset pada pemrograman PLC sesuai dengan lama waktu yang diperlukan oleh setiap siklusnya.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur diperlukan dalam perancangan ini untuk mendapatkan parameter yang tepat. Pada studi literatur dilakukan studi mengenai siklus VPSA, parameter-parameter yang harus diperhatikan dan dikontrol, seperti waktu dan tekanan. Tekanan dan waktu berlangsungnya setiap siklus harus dimonitor untuk menjaga efisiensi *adsorbent* dalam menyaring udara. Perancangan sistem kontrol PLC untuk mengatur *solenoid valve* menggunakan gabungan parameter waktu dan tekanan seperti pada rancangan konsentrator oksigen 2 *bed* PSA oleh (Pan,2017), yang dimana setiap siklus dipasangkan *timer* untuk menjaga konsistensi proses penyaringan oksigen, dan pada setiap tangki terpasang satu buah *pressure switch* yang membatasi tekanan dalam tangki. Setelah tekanan tangki terpenuhi, *pressure switch* akan mengirimkan sinyal pada PLC untuk mematikan *solenoid valve* yang terhubung pada *supply* udara dari kompresor.

3.5 Membuat *Flowchart* Sistem Kontrol

Pembuatan *flowchart* sistem kontrol dilakukan sesuai konsep siklus VPSA pada penelitian (Jee, Lee, Kim, & Lee, 2005). *Flowchart* sistem kontrol berguna untuk menentukan jumlah *input* dan *output* yang akan digunakan dalam sistem monitor dan kontrol.



Gambar 3.2 Siklus VPSA untuk konzentrador oksigen tiga bed

PG = Pressure gauge

V = valve

PS = pressure switch

RM = Rotameter

CV = Check valve

Tabel 3.1

Timer untuk setiap step

Bed	Step(detik)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1st Zeolite	PR (40)	AD(40)		DPE(20)	VU(60)		BF(20)	PPE(20)
2st Zeolite	VU(60)		BF(20)	PPE(20)	PR (40)	AD(40)		DPE(20)
CMS	BD(40)	PR (20)	AD(20)	ID(20)	BD(40)	PR(20)	AD(20)	ID(20)

Keterangan :

PR = Presurisasi

VU = Vakum

BD = Blowdown

AD = Adsorpsi

BF = Backfill

DPE = Depressurisation

PPE = *Prepressurization*

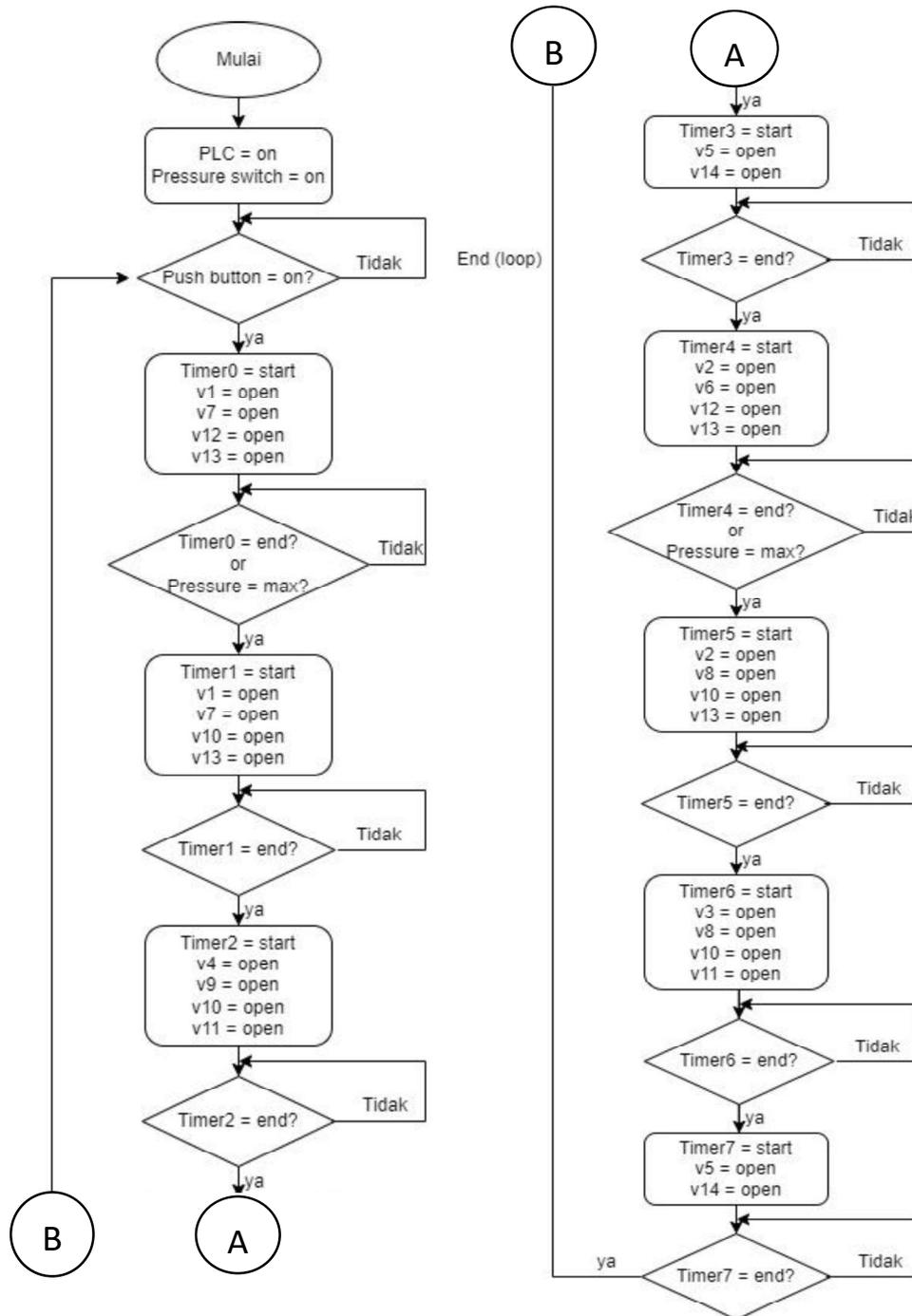
Tabel 3.2

Time diagram solenoid valve

	Time (s)									
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Valve 1	■	■								
Valve 2						■	■	■		
Valve 3									■	
Valve 4			■							
Valve 5					■					■
Valve 6						■	■			
Valve 7	■	■	■							
Valve 8								■		
Valve 9				■						
Valve 10			■					■		
Valve 11				■					■	
Valve 12	■	■				■	■			
Valve 13	■	■	■			■	■	■		
Valve 14					■					■

Skema perancangan digambarkan pada gambar 3.2 dengan proses setiap siklus dituliskan pada tabel 3.1. Diagram waktu pada tabel 3.2 menunjukkan waktu berapa lama *solenoid valve* menyala pada siklus ditunjukkan oleh warna hijau. Pada 40 detik pertama terjadi proses *blowdown* pada *bed CMS* yang dimana produk berupa oksigen dikeluarkan dengan membuka *valve 12*. Sementara proses *blowdown* terjadi, *bed 1* dipresurisasi, yaitu pemasukan udara lingkungan dengan menggunakan kompresor. Pada tahap ini, *valve 1* yang merupakan katup antara penghubung *bed 1* dengan kompresor dibuka. Tekanan presurisasi dibatasi hingga 3 bar dengan menggunakan *pressure switch* yang disambungkan ke PLC. Pada tahap ini juga *bed 2* divakum menggunakan pompa vakum. Target tekanan vakum yang ingin dicapai adalah 0.5 bar. Pada tahap kedua, *bed CMS* dipresurisasi oleh udara yang sudah bertekanan dan disaring pada *bed 1*. Pada proses ini, *valve 4* dan *7* dibuka untuk mengalirkan udara dari *bed 1* ke *bed CMS*. Selama udara mengalir dari *bed 1*, proses adsorpsi terjadi pada *bed 1*, sedangkan *bed 2* melanjutkan proses vakum. Total waktu yang diperlukan untuk mencapai tekanan vakum adalah 60 detik. Pada tahap ketiga, *valve 9* dan *11* dibuka sehingga udara dari *bed CMS* dialirkan sebagian ke *bed 2* yang sedang dalam tekanan vakum. Tahap ini disebut juga *backfill*, yang berguna untuk regenerasi tekanan pada *bed* yang telah divakum agar proses presurisasi berikutnya dapat tercapai. Selama udara mengalir dari *bed CMS* ke *bed 2*, proses adsorpsi terjadi

pada *bed CMS*. Pada tahap berikutnya, semua katup yang terhubung ke *bed CMS* ditutup, dan disebut proses *idle* karena tidak terjadi proses apapun. Sementara itu, *bed 1* dan *bed 2* mengalami *pressure equalization* dimana tekanan kedua *bed* diseimbangkan sebelum proses presurisasi berikutnya dilakukan. Pada tahap ini, *valve 5* dan *14* dibuka. Tahap-tahap berikutnya memiliki siklus yang sama, dimana kerja *bed 1* dan *bed 2* dilakukan secara bergantian.



Gambar 3.3 Flowchart sistem kontrol.

3.6 Penentuan I/O

Flowchart sistem kontrol berguna untuk menentukan jumlah *input* dan *output* yang akan digunakan dalam sistem monitor dan kontrol. Berdasarkan flowchart sistem kontrol, masing-masing tangki memiliki 2 input digital yaitu tekanan maksimum oleh *pressure switch* yang menjadi parameter untuk buka tutup katup *supply* udara dari kompresor. Terdapat 14 *solenoid valve normally closed* yang merupakan output digital pada PLC. Pembuatan alamat pada PLC menggunakan huruf “x” sebagai *input* dan huruf “y” sebagai *output* kemudian huruf “m” sebagai *memory* dan huruf “t” sebagai *timer*. Penentuan I/O dapat dilihat lebih detail pada tabel 3.3

Tabel 3.3
Penentuan I/O dan pengalamatannya

I/O	Address	Comment
Digital input	x0	Start button
Digital input	x1	Stop button
Digital input	x2	Pressure switch 1
Digital input	x3	Pressure switch 2
Digital output	y0	valve 1
Digital output	y1	valve 2
Digital output	y2	valve 3
Digital output	y3	valve 4
Digital output	y4	valve 5
Digital output	y5	valve 6
Digital output	y20	valve 7
Digital output	y21	valve 8
Digital output	y22	valve 9

<i>Digital output</i>	y23	<i>valve 10</i>
<i>Digital output</i>	y24	<i>valve 11</i>
<i>Digital output</i>	y25	<i>valve 12</i>
<i>Digital output</i>	y26	<i>valve 13</i>
<i>Digital output</i>	y27	<i>valve 14</i>

Tabel 3.4

Alamat *timer* pada PLC

T	Timer	100 ms (M1028 = on, T64~T126 : 10ms)	T0-T126, 127 points	Total 256 points
			T128-T183, 56 points	
			T184-T199 for subroutines, 16 points	
			T250-T255 (accumulative), 6 points	
		10ms (M1038=on, T200-T245 : 1ms)	T200-T239, 40 points	
			T240-T245, 6 points	
1 ms	T127, 1 points			
	T246-T249 (Accumulative), 4 points			

Sumber : Delta Electronics.Inc. (2018). DVP-ES2/EX2/SS2/SA2/SX2/SE&TP Operation manual – Programming, p.2-4

Pada pemrograman PLC terdapat 2 jenis penggunaan *timer* yaitu *timer* biasa dan *accumulative* timer dapat dilihat pada tabel 3.4. Pada timer biasa, apabila *timer* sedang berjalan dan kontak untuk *timer* terputus, maka *timer* akan kembali menjadi 0 dan akan mengulang perhitungan dari 0 saat timer dinyalakan kembali. Sedangkan untuk *accumulative timer*, *value* pada *timer* tetap disimpan meski *timer* dimatikan dan perhitungan *timer* akan dilanjutkan ketika timer dinyalakan. Pada Perancangan ini, digunakan *accumulative* timer, dengan tujuan untuk menghindari pengulangan siklus pada saat proses VPSA diberhentikan pada pertengahan proses.

Hal ini juga untuk mencegah presurisasi diulang dari 0 detik pada tangki yang sudah bertekanan dan mengakibatkan kelebihan tekanan pada tangki.

3.6.1 Double Push Button

Double push button digunakan sebagai input pada PLC untuk memulai dan mengakhiri proses. *Double push button* terdiri dari dua tombol yaitu tombol *on* dan tombol *off*. Tombol *on* bersifat *normally open* sedangkan tombol *off* bersifat *normally closed*. Pada pengalamatan untuk PLC, tombol *on* berfungsi sebagai tombol untuk memulai siklus, diberikan alamat X0, sedangkan tombol *off* berfungsi untuk menghentikan alat dan diberikan alamat X1. *Double push button* dialiri tegangan 24 V DC dari PLC dan kemudian disambungkan kepada *input* PLC. *Double push button* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 *double push button*

3.6.2 Solenoid valve

Solenoid valve digunakan sebagai pengendali aliran udara yang akan masuk ke *bed* ataupun keluar dari *bed*. Pada rancangan ini dibutuhkan 11 *solenoid valve*. *Solenoid valve* yang digunakan memiliki spesifikasi tekanan kerja 0,0 hingga 10,0 bar, dengan tegangan 24V DC dan *port size* ¼". Pada perancangan prototipe ini, digunakan *solenoid valve* merk E.MC yang merupakan produksi Taiwan. Pemilihan *solenoid valve* tersebut karena memiliki kemampuan menahan tekanan kompresor yang disetting pada 7,5 bar. *Solenoid valve* ini juga sesuai dengan spesifikasi *output* dari PLC yaitu 24V DC. *Solenoid valve* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.5 dan katalog pemilihan pada gambar 3.6.



Gambar 3.5 Solenoid valve E.MC

VX2120 Series 2/2 Solenoid Valve (Normal Close)



How to Order?

VX2120 -- [] -- 06 -- E1

VX2120 Series Blank: NBR
V: VITON

Port Size
06: 1/8"
08: 1/4"
10: 3/8"
15: 1/2"

Voltage
E1: AC110V
E2: AC220V
E3: AC380V
E4: DC24V
E5: DC12V
E6: AC36V
E7: AC24V

Order example:
* VX2120 series, 2 position, 2 port, NBR seal, 1/2" port size, voltage AC220V,
Model: VX2120-15E2

Specifications

Model	VX2120-06E2	VX2120-08E2	VX2120-10E2	VX2120-15E2
Working Medium		Air, Water	Steam	
Motion Pattern		Direct Drive	Type	
Type		Normal Close	Type	
Working pressure(bar)		0-10		
Aperture of Flow Plate(mm)			10	13
Port Size	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"
Operating Temperature Range(°C)		-5-80(150 is optional)		
Seal Material		NBR(VITON is optional)		

* With Voltage AC220V

Gambar 3.6 Katalog E.MC

Menurut standar AIGA097/17, penggunaan *solenoid valve* untuk kegunaan medis harus berbahan *chrome* untuk alasan keamanan. Penggunaan bahan *chrome* ini digunakan untuk mencegah terjadinya oksidasi dalam *solenoid valve*. Tetapi pada perancangan prototipe ini, digunakan *solenoid valve* berbahan kuningan dengan pertimbangan ketersediaan bahan dan harga. Pemilihan *solenoid valve* berbahan kuningan bahan kuningan yang kuat dan tahan terhadap korosi dan oksidasi, sehingga pada perancangan ini, kemungkinan terjadinya oksidasi sangat kecil.

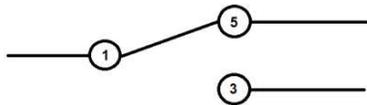
Pada proses vakum digunakan *solenoid valve* merk Autotech dengan spesifikasi tekanan kerja 0,0 bar hingga 0.7 MPa tekanan absolut dengan tegangan 24 V DC seperti pada gambar 3.7.



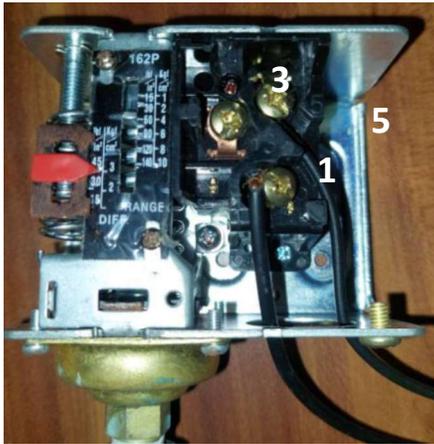
Gambar 3.7 solenoid valve untuk vacuum

3.6.3. Pressure Switch

Pressure switch diperlukan untuk membatasi tekanan yang masuk ke *bed zeolite*. *Pressure switch* yang digunakan memiliki *range* tekanan hingga 10,0 bar dengan diferensial maksimum 3 bar. Pemilihan *pressure switch* ini karena tekanan yang terjadi pada proses VPSA tidak terlalu tinggi sehingga tidak membutuhkan *pressure switch* yang memiliki *range* pengukuran yang tinggi. *Pressure switch* memiliki spesifikasi kelistrikan 250V AC sehingga bisa dialirkan melalui listrik dari PLN. Perancangan menggunakan *pressure switch* yang memiliki *range* pengukuran dari 0.0 hingga 10.0 bar, karena pada perancangan, tekanan adsorpsi tidak terlalu tinggi yaitu hanya sampai 4.5 bar. Selain itu, *pressure switch* menggunakan sinyal digital sebagai *input* pada PLC.



Gambar 3.8 Diagram kabel *pressure switch*



Gambar 3.9 Pemasangan kabel pada *pressure switch*

Gambar 3.8 menggambarkan sambungan kabel 1-5 yaitu *normally closed*, sedangkan 1-3 merupakan *normally open*. Pada rancangan ini menggunakan *switch normally closed* yang berarti selama tekanan belum memenuhi batas, listrik akan terus mengalir dan diputuskan setelah mencapai tekanan *setting*. Listrik *supply* disambungkan ke nomor 1 dan nomor 5 akan disambungkan ke PLC sebagai *input*.



Gambar 3.10 Pemasangan *Pressure Switch* pada *pressure gauge*

Untuk memastikan bahwa tekanan yang dibaca oleh *pressure switch* benar dan sesuai, maka dipasangkan sebuah *pressure gauge* didekat *pressure switch* dipasang seperti pada gambar 3.9 dan 3.10. *Pressure gauge* yang digunakan memiliki resolusi 0.1 bar dengan range 0,0-6,0 bar

3.6.4 Delta DVP Series

Pemilihan PLC menggunakan merk delta dengan seri delta DVP-14SS2 dan modul ekstensi DVP 16SP. Pemilihan PLC berdasarkan pertimbangan *input* dan *output* yang digunakan, dimana pada perancangan terdapat 4 *input* dan 14 *output*. Maka dipilih PLC delta DVP-14SS2 yang memiliki 8 *input* dan 6 *output*, kemudian ditambahkan 1 modul ekstensi DVP 16SP yang memiliki 8 *input* dan 8 *output*. Pemilihan delta DVP-14SS2 juga berdasarkan bahasa pemrograman PLC yang mendukung perancangan, yaitu *sequential function chart*, yang mana tidak semua seri PLC bisa menggunakan bahasa tersebut. Kemudian *software* untuk *programming* PLC yaitu ISPsoft disediakan secara gratis dan dapat diunduh pada *website* resmi *delta electronics*. Ditambah lagi, pertimbangan lainnya yaitu harga yang ditawarkan oleh PLC produksi Taiwan ini lebih murah dibandingkan PLC lain seperti siemens atau omron.

3.7 Programming PLC

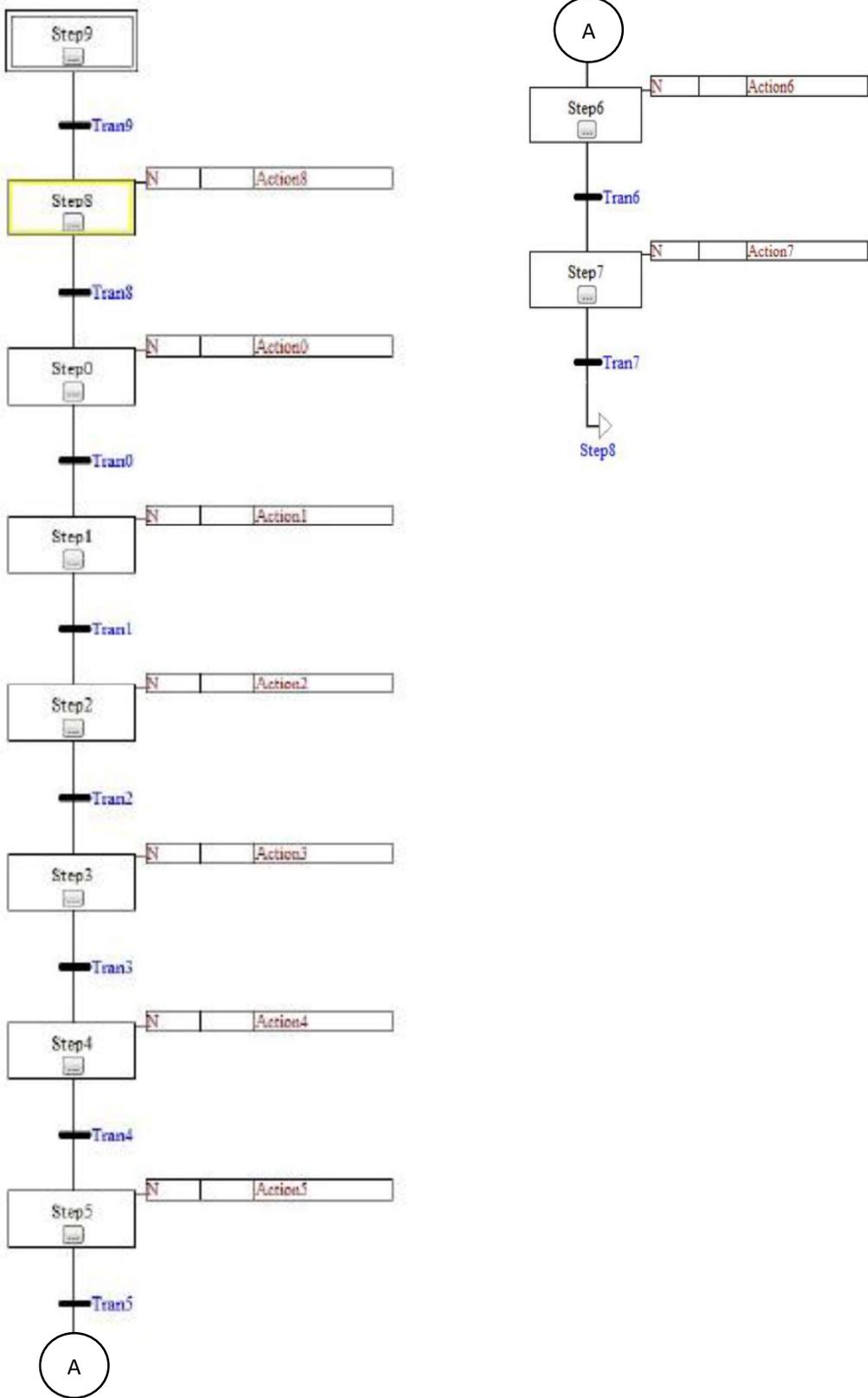
Berdasarkan IEC (International Electrotechnical Commission) 61131-3, standar untuk pemrograman berbagai macam merk PLC dibagi menjadi 5, yaitu *ladder diagram*, *function block diagram*, *structured text*, *instruction list*, dan *sequential function chart*. Pada perancangan ini akan menggunakan bahasa pemrograman *sequential function chart* untuk mewakili setiap siklus dan pada setiap siklus menggunakan *action* dengan *ladder diagram*. *Ladder diagram* merupakan bahasa *programming* dengan konstruksi logika paling sederhana, sehingga mudah dipelajari dan dibaca programnya. Selain itu, setiap simbol pemrograman melambangkan tindakan tertentu, sehingga mudah dalam menemukan letak kesalahan program.

Tabel 3.5

Peng-alamat-an Siklus SFC

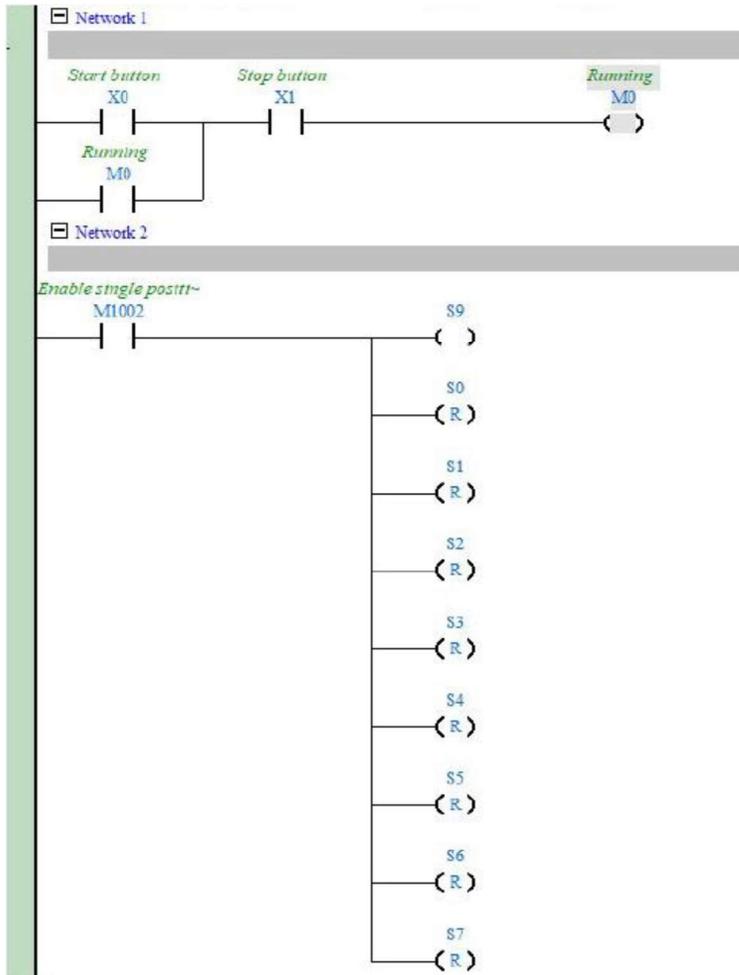
No	Identifiers	Address	Type	Initial value	Identifier Comments
1	Step0	S0	Step	False	Blowdown
2	Step1	S1	Step	False	Presurisasi
3	Step2	S2	Step	False	Adsorpsi
4	Step3	S3	Step	False	Idle
5	Step4	S4	Step	False	Blowdown
6	Step5	S5	Step	False	Presurisasi
7	Step6	S6	Step	False	Adsorpsi
8	Step7	S7	Step	False	Idle
9	Step8	S8	Step	False	Timer reset
10	Step9	S9	Step	False	

Tabel 3.5 menunjukkan siklus SFC berisi 10 *step* yang memiliki peran masing-masing. Siklus VPSA dimulai pada *step0* hingga *step7* yang berisi siklus VPSA 3 bed yang terdiri dari proses *blowdown*, *presurisasi*, *adsorpsi*, dan *idle*. Pada *step8* berisi perintah *reset* untuk setiap *timer* pada *step0* hingga *step7* agar siklus dapat diulang secara terus menerus. Semua siklus diberikan *initial value false* dikarenakan kondisi awal setiap proses adalah *off* atau mati dan akan mulai dieksekusi ketika PLC dijalankan dan tombol *on* dinyalakan.



Gambar 3.11 Sequential Function Chart Perancangan

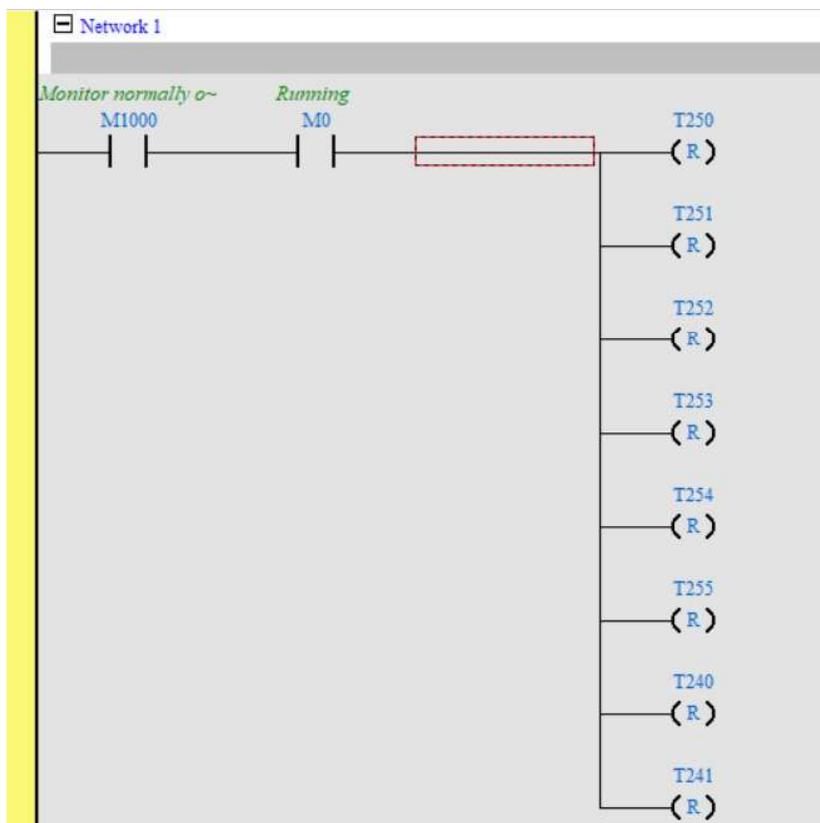
Gambar 3.11 menunjukkan *sequential function chart* menggunakan 8 *step* sebagai siklus VPSA, yaitu dari *step0* hingga *step7*. Masing-masing *step* berisi program yang berdiri sendiri sesuai dengan siklus yang sedang dijalankan. Program tersebut diberi nama *action* dan setiap *action* berisi *ladder diagram* yang diprogram sesuai dengan rancangan sistem kontrol untuk setiap siklus. Pada *step 9* tidak diberikan program apapun dan hanya berfungsi sebagai program transisi antara program awal dan SFC. Untuk setiap *step* pada *sequential function chart* diberikan transisi yang berisi syarat untuk PLC untuk melanjutkan eksekusi *step* selanjutnya pada SFC.



Gambar 3.12 *Ladder diagram* untuk program start

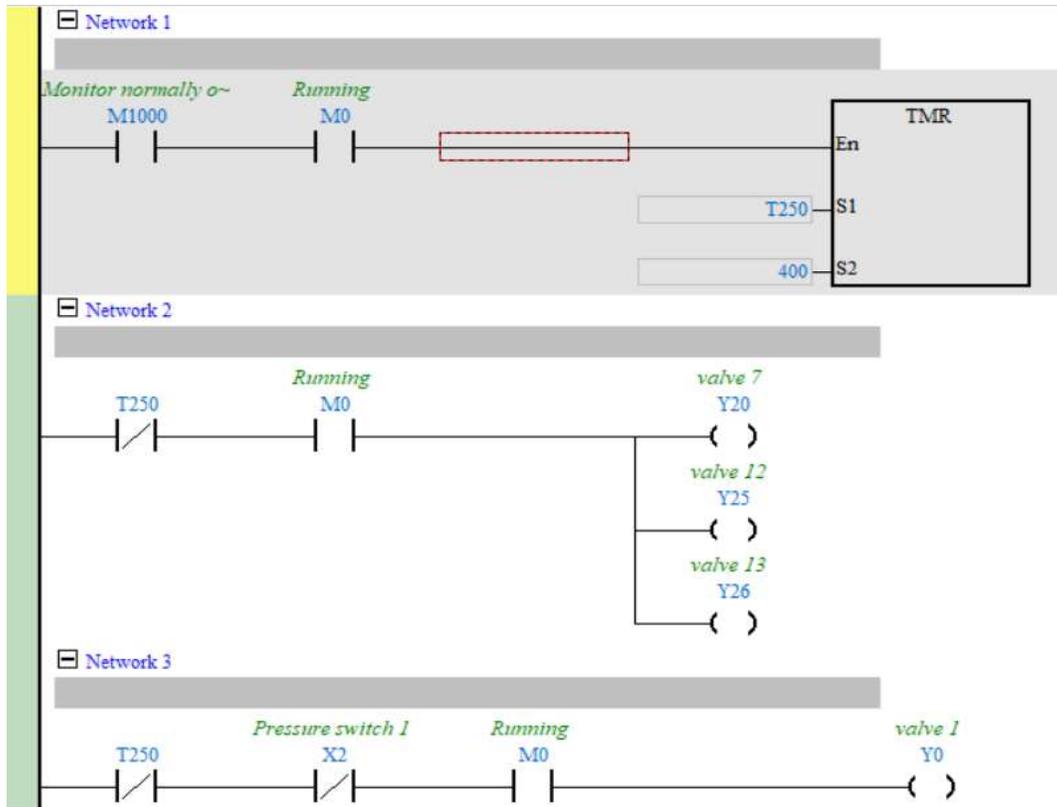
Sesuai dengan gambar 3.12, dapat dilihat bahwa terdapat dua input yaitu tombol *on* dan *off* yang disusun secara seri atau logika *and*. Tombol *start* menggunakan *normally open contact* yang dimana listrik baru akan dialirkan apabila tombol *on* ditekan. Sedangkan *stop* menggunakan *normally open contact* tetapi rangkaian listrik pada fisik *push button* sudah *closed contact*, yang dimana kondisi awal rangkaian adalah listrik akan terus tersambung tanpa

menekan tombol apapun dan akan terputus apabila tombol off ditekan. Proses VPSA akan dimulai apabila tombol *start* ditekan dan akan menyalakan M0 yang berfungsi sebagai memori koil. Kemudian M0 digunakan sebagai kontak yang disusun secara paralel pada tombol *start* untuk menggantikan tombol *start* setelah dinyalakan. Kemudian pada *ladder* berikutnya terdapat kontak M1002 yang berfungsi sebagai *setting* awal yang akan nyala apabila tombol *run* pada PLC dinyalakan dan akan tetap mati setelah *scan time* selesai. Kontak M1002 akan mulai menjalankan *step9* pada SFC dan melakukan *reset* terhadap siklus VPSA, yaitu pada *step0* hingga *step7*. Setelah tombol *run* pada PLC dinyalakan dan tombol *on* ditekan, maka proses akan langsung masuk ke siklus *sequential function chart step9*. Karena *step9* tidak diberikan program, maka proses akan langsung berlanjut ke *step8*



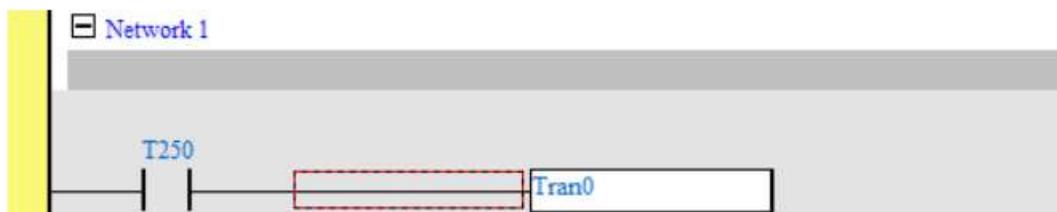
Gambar 3.13 *Ladder diagram Step 8*

Pada *step8* yang ditunjukkan pada gambar 3.13 berisi kontak *normally open* untuk M1000 dan M0. Kontak M1000 merupakan kontak memori pada saat tombol *run* pada PLC ditekan, sementara M0 adalah memori saat tombol *on* ditekan dan tombol *off* yang masih tersambung. Proses transisi untuk *step8* tidak diberikan kondisi apapun sehingga proses langsung berlanjut ke *step0*.



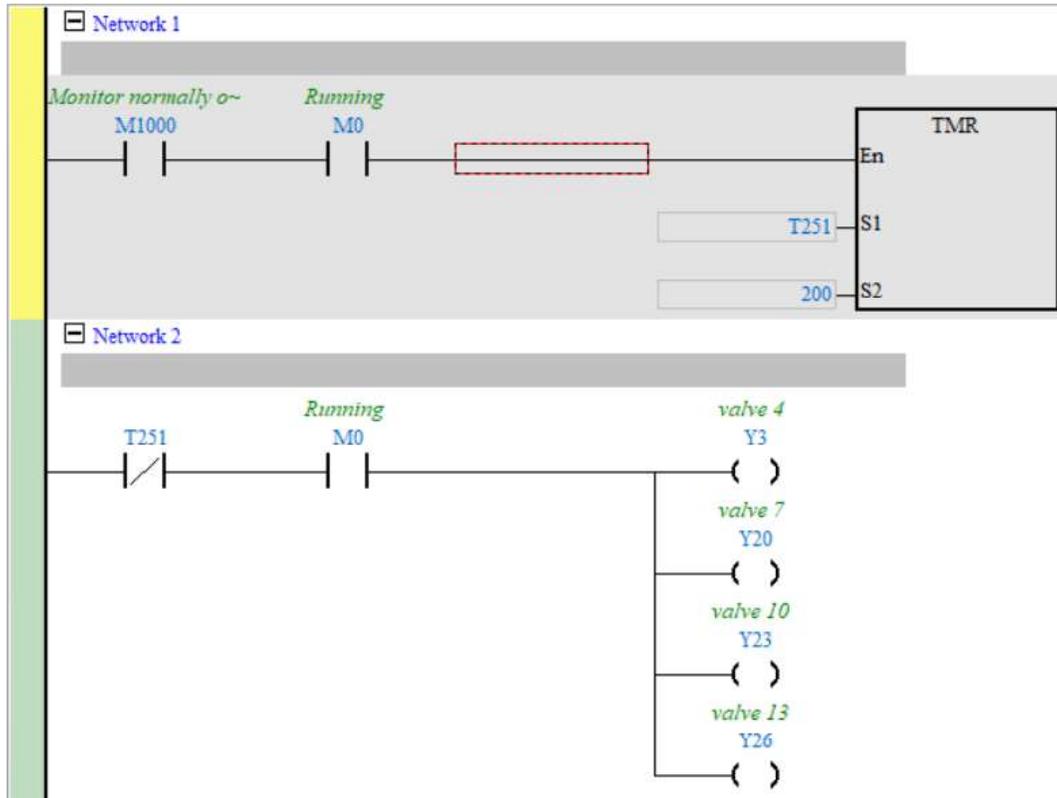
Gambar 3.14 ladder diagram step 0

Step0 adalah proses blowdown pada bed CMS, presurisasi pada bed 1 dan vakum pada bed 2 dapat dilihat pada gambar 3.14. Berdasarkan tabel 3.1, proses berlangsung selama 40 detik. Pengalamatan waktu menggunakan T250, yang berdasarkan tabel pengalamatan timer, merupakan alamat untuk *accumulative timer*. Kemudian berdasarkan tabel waktu, proses blowdown diberikan waktu 40 detik. Karena perhitungan waktu pada PLC setiap 100 mili detik, maka input waktu yang digunakan adalah 400. Selama T250 masih berlangsung, dan kontak M0 tetap menyala, valve 7 dan valve 13 akan terbuka untuk proses vakum pada bed 2, dan valve 13 dibuka untuk blowdown hasil oksigen dari bed CMS. Kemudian pada valve 1 diberikan input dari pressure switch yang berfungsi sebagai pengaman untuk menjaga tekanan pada tangki. Input dari pressure switch hanya diberikan pada valve 1 untuk menutup aliran supply udara dari kompresor kepada bed zeolite apabila tekanan bed sudah terpenuhi.



Gambar 3.15 *ladder diagram* transisi *step 0*

Pada transisi diberikan kontak T250, yaitu *timer* pada *step0* seperti ditunjukkan pada gambar 3.15. Yang berarti bahwa *step1* akan dijalankan apabila kontak T250 menyala, atau *timer* T250 telah berakhir yaitu setelah 40 detik proses *blowdown*.



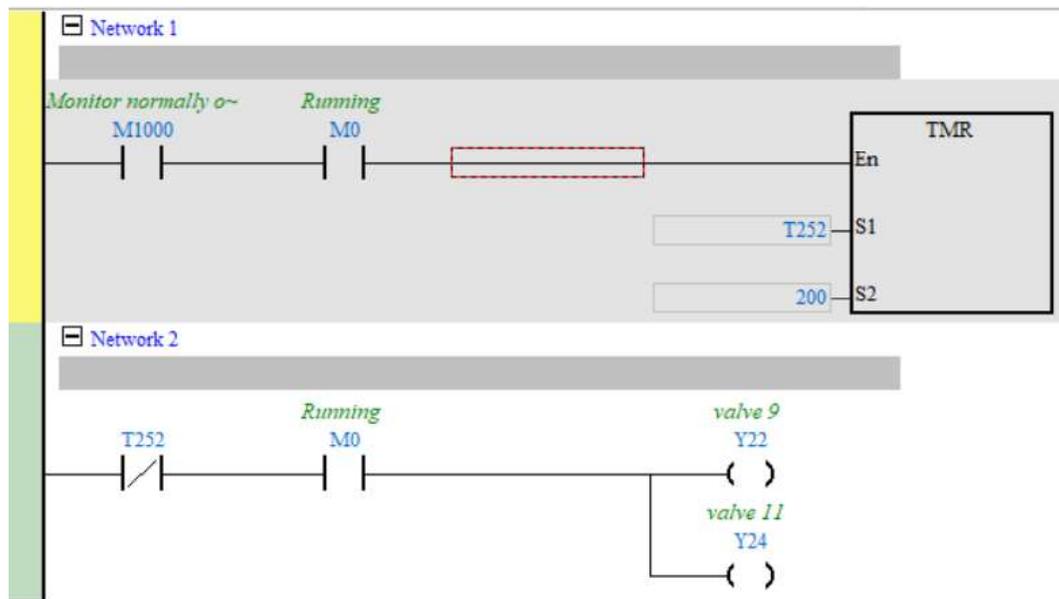
Gambar 3.16 *ladder diagram* *step 1*

Gambar 3.16 menggambarkan bahwa pada *step1* terjadi proses presurisasi pada *bed CMS*, yang berarti *bed CMS* diberikan *supply* udara hasil penyaringan dari *bed 1*. *Valve 4* dan *valve 10* yang merupakan katup pada saluran *bed 1* menuju *bed CMS* akan dibuka selama proses berlangsung. Selama proses presurisasi berlangsung, *bed 2* masih mengalami vakum sehingga *valve 7* dan *valve 13* masih terbuka. *Step1* berlangsung selama 20 detik, yang mana total vakum yang dialami oleh *bed 2* adalah 60 detik, terhitung dari proses *blowdown*.



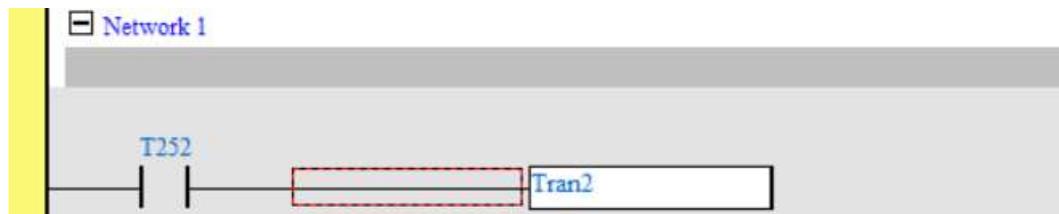
Gambar 3.17 *ladder diagram* transisi untuk *step 1*

Gambar 3.17 menggambarkan bahwa transisi untuk *step1* menggunakan *timer* yang digunakan untuk proses presurisasi *bed CMS* yaitu T251 selama 20 detik.



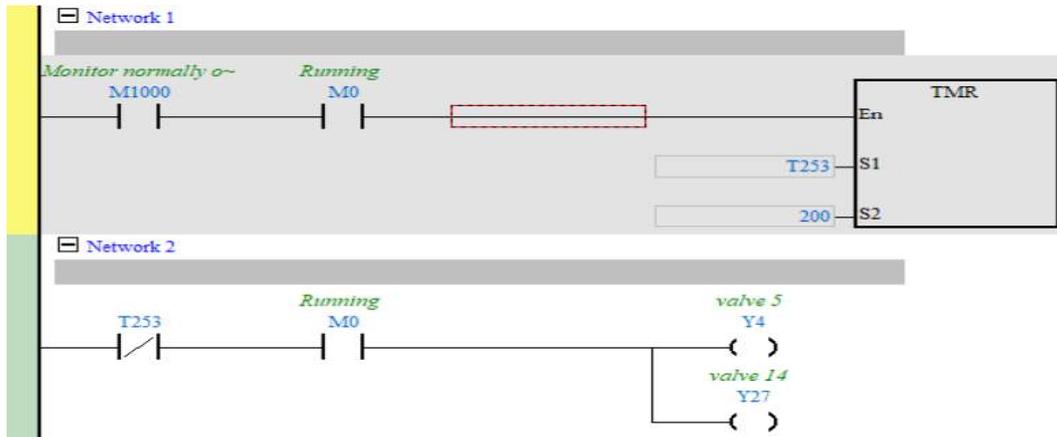
Gambar 3.18 *ladder diagram* *step 2*

Pada gambar 3.18, proses *adsorpsi* pada *bed CMS* dilakukan bersamaan dengan proses *backfill* yang merupakan proses *recovery* tekanan pada *bed 2* yang pada proses sebelumnya mendapat tekanan vakum. Hal ini berguna untuk membantu mengembalikan tekanan sebelum memulai proses presurisasi untuk *bed 2*. Pada *step2* ini, proses berlangsung selama 20 detik dan *valve 9* dan *11* dibuka selama proses ini.



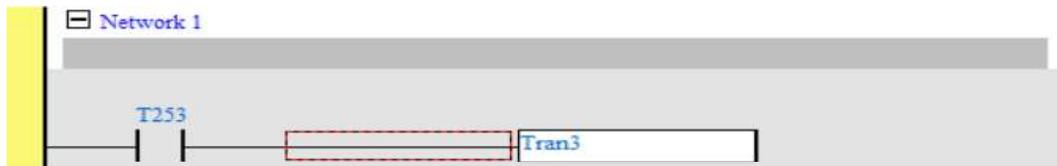
Gambar 3.19 *ladder diagram* transisi untuk *step 2*

Gambar 3.19 menunjukkan transisi untuk *step2* menggunakan *timer* yang digunakan untuk proses *adsorpsi bed CMS* yaitu T252 selama 20 detik.



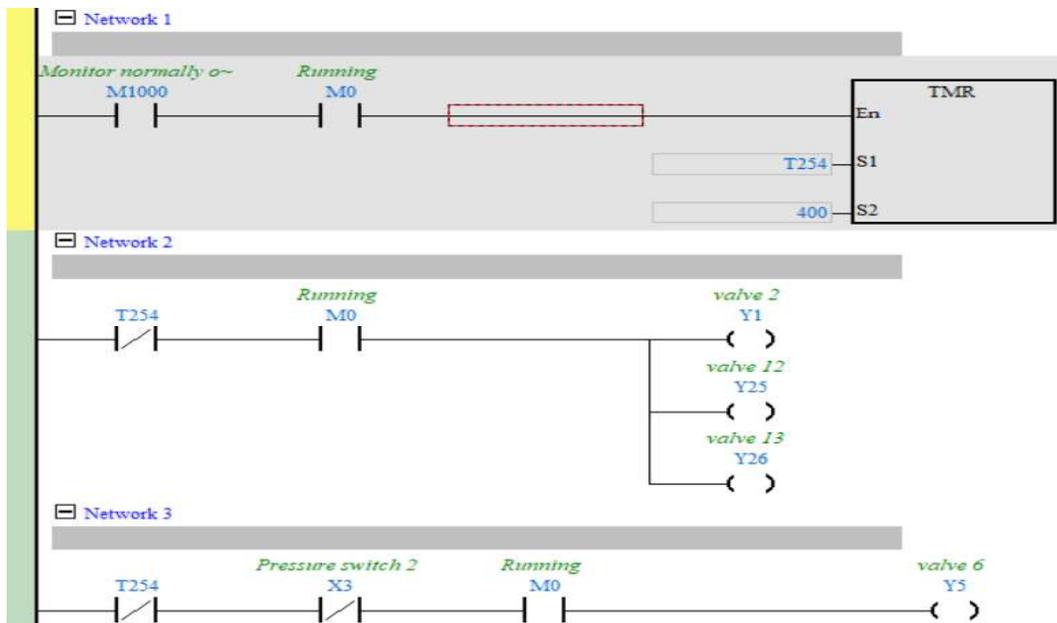
Gambar 3.20 ladder diagram step 3

Step pada gambar 3.20 menunjukkan *bed CMS* mengalami proses *idle* dan tidak terjadi proses apapun. Sementara *bed 1* dan *bed 2* terjadi *pressure equalization*, yaitu proses penyeimbangan tekanan antara *bed 1* dan *bed 2*. Maka pada proses tersebut, *valve 5* dan *valve 14* dibuka selama 20 detik.



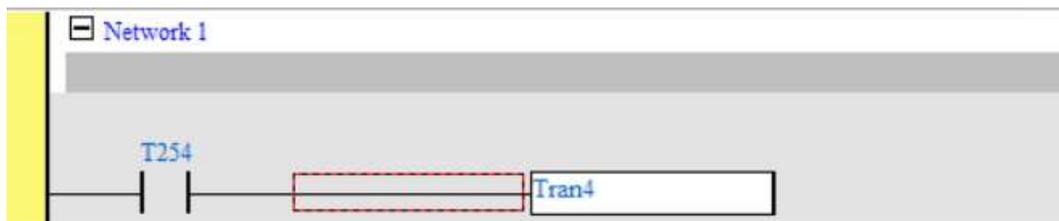
Gambar 3.21 ladder diagram transisi untuk step 3

Transisi untuk *step3* sebagaimana dapat dilihat pada gambar 3.21 menggunakan *timer* yang digunakan untuk proses *idle bed CMS* yaitu T253 selama 20 detik.



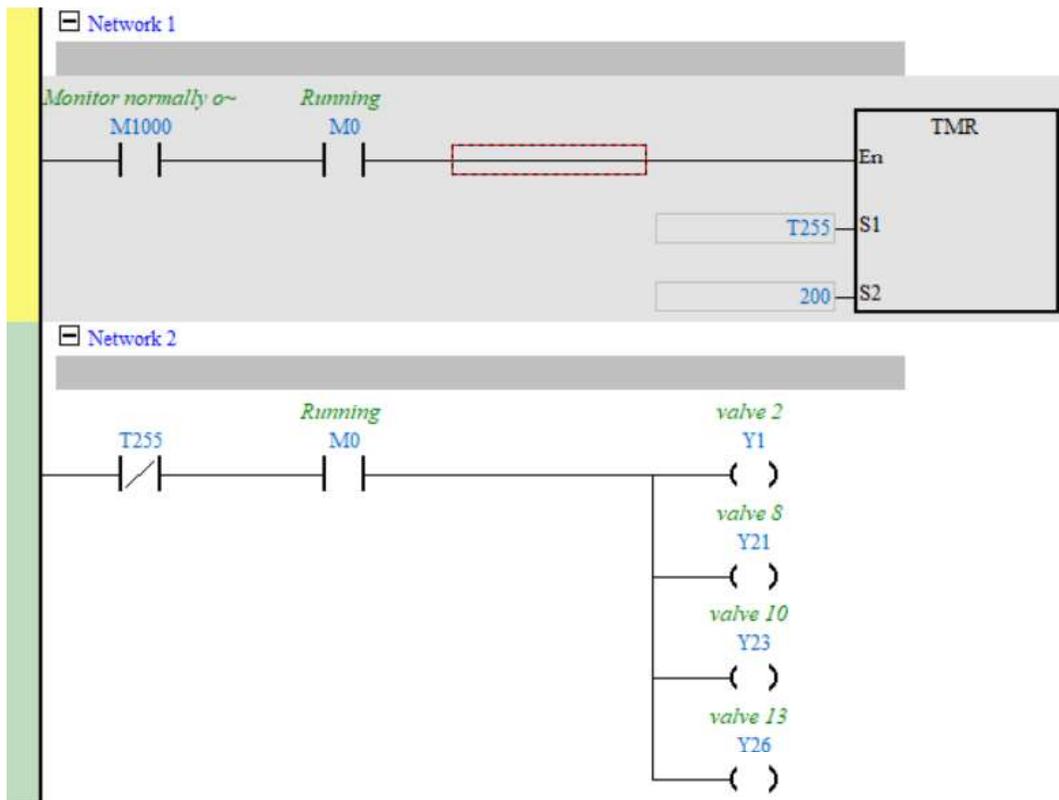
Gambar 3.22 *ladder diagram step 4*

Pada gambar 3.22, proses *blowdown* diulangi pada *bed CMS*, sementara presurisasi terjadi pada *bed 2* dan *bed 1* divakum. Sama seperti proses *blowdown* sebelumnya, siklus ini berlangsung selama 40 detik. Pada *step* ini, *valve 6* yang merupakan katup menghubungkan *bed 2* dengan *supply* udara dari kompresor dibuka untuk proses presurisasi dan dipasang kontak dari *pressure switch* untuk menjaga tekanan dari *bed 2*. Kemudian *valve 2* dan *valve 13* yang terhubung pada pompa vakum terbuka untuk menghisap sisa penyaringan pada *bed 1* dan *valve 12* dibuka untuk mengeluarkan produk dari *bed CMS*.



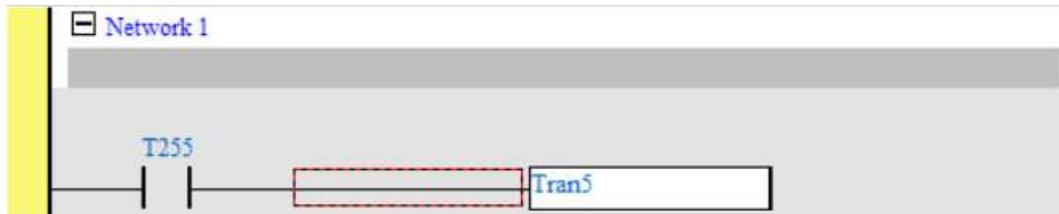
Gambar 3.23 *ladder diagram transisi untuk step 4*

Pada gambar 3.23, transisi untuk *step4* pada gambar 3.23 menggunakan *timer* yang digunakan untuk proses *blowdown bed CMS* yaitu T254 selama 40 detik.



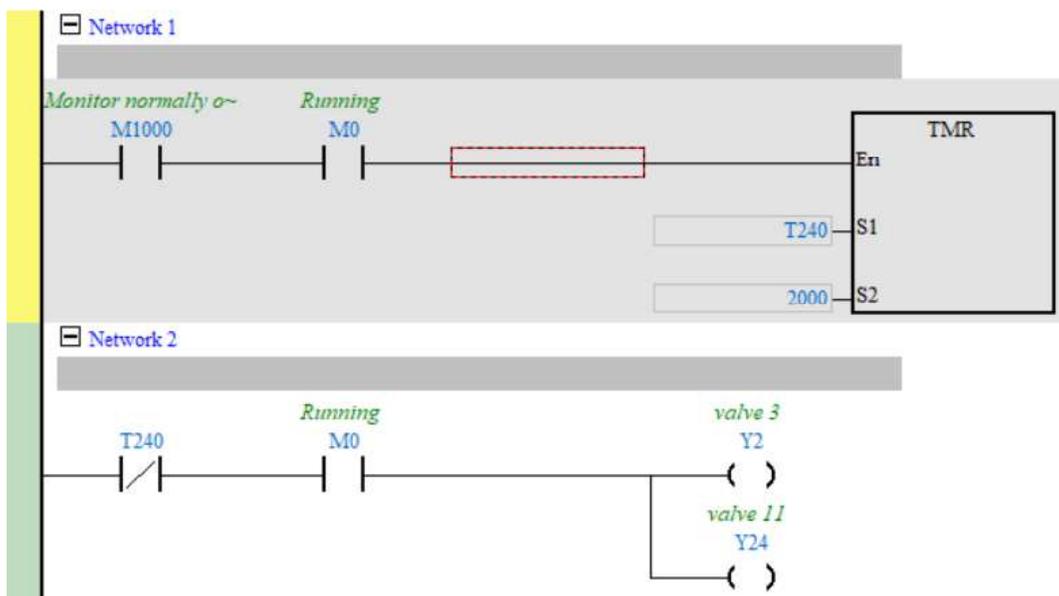
Gambar 3.24 *ladder diagram step 5*

Menurut gambar 3.24, seperti pada *step1*, *step 5* terjadi proses presurisasi pada *bed CMS*, yang berarti *bed CMS* diberikan *supply* udara hasil penyaringan dari *bed 2*. *Valve 8* dan *valve 10* yang merupakan katup pada saluran *bed 2* menuju *bed CMS* akan dibuka selama proses berlangsung. Selama proses presurisasi *bed CMS* berlangsung, *bed 1* masih mengalami vakum sehingga *valve 2* dan *valve 13* masih terbuka. *Step 5* berlangsung selama 20 detik.



Gambar 3.25 *ladder diagram* transisi untuk *step 5*

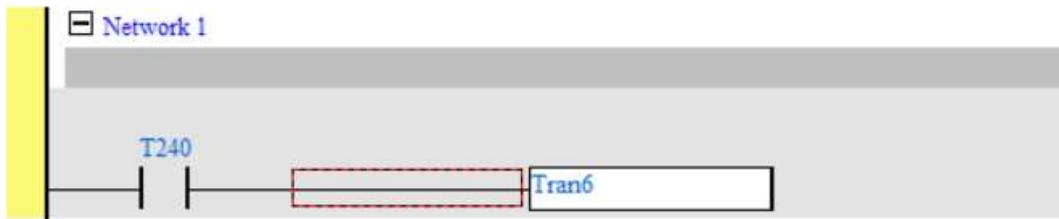
Pada gambar 3.25, transisi untuk *step5* menggunakan *timer* yang digunakan untuk proses presurisasi *bed CMS* yaitu T255 selama 20 detik.



Gambar 3.26 *ladder diagram* *step 6*

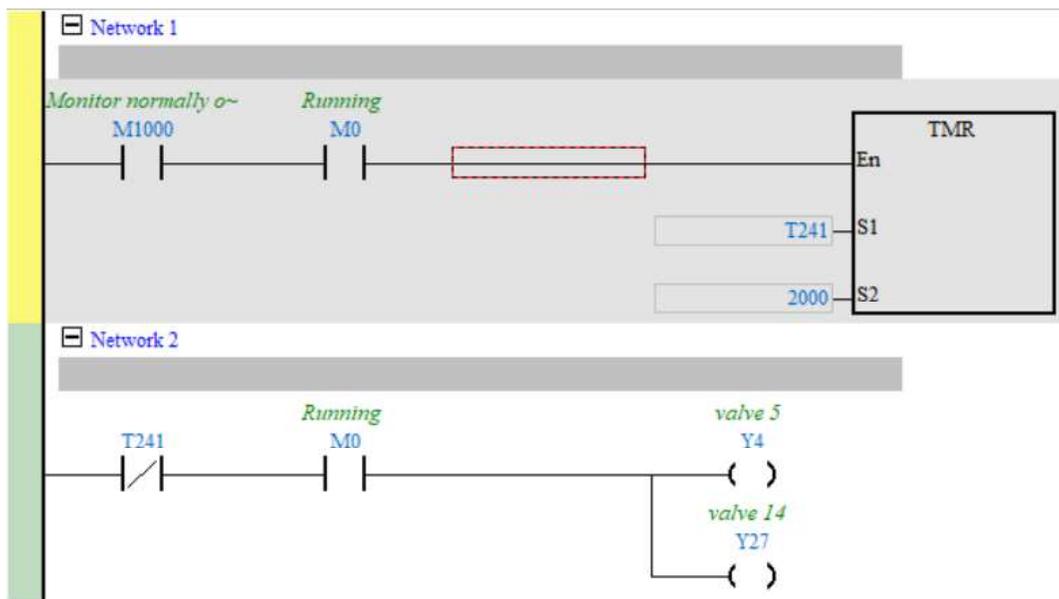
Pada gambar 3.26, proses *backfill* terjadi untuk *recovery bed 1*. Pada proses ini, *valve 3* dan *valve 24* terbuka untuk mengantarkan oksigen kepada *bed 1* selama 20 detik. Pada *step* ini, alamat *timer* menggunakan T240 dengan perhitungan waktu sebesar 10 mili detik. Alamat yang digunakan berbeda pada proses sebelumnya karena pada PLC ini, pengalamatan *accumulative timer* dengan perhitungan waktu 100 mili detik hanya 6 kali, yaitu T250 sampai T255. Maka dari

itu, digunakan alternatif lain yaitu T240 dengan perhitungan waktu sebesar 10 mili detik sehingga timer diset dengan *value* 2000 untuk 20 detik..



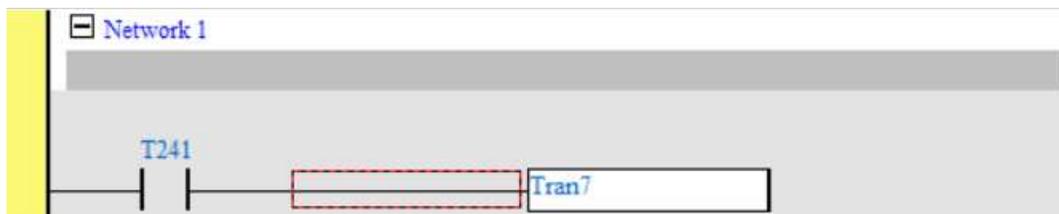
Gambar 3.27 ladder diagram transisi untuk step 6

Transisi untuk *step6* yang dapat dilihat pada gambar 3.27, menggunakan *timer* yang digunakan untuk proses adsorpsi *bed CMS* yaitu T255 selama 20 detik.



Gambar 3.28 ladder diagram step 7

Pada gambar 3.28 ini, *bed CMS* mengalami proses *idle* dan tidak terjadi proses apapun. Sementara *bed 1* dan *bed 2* terjadi *pressure equalization*, yaitu proses penyeimbangan tekanan antara *bed 1* dan *bed 2*. Maka pada proses tersebut, *valve 5* dan *valve 14* dibuka selama 20 detik



Gambar 3.29 ladder diagram transisi untuk step 7

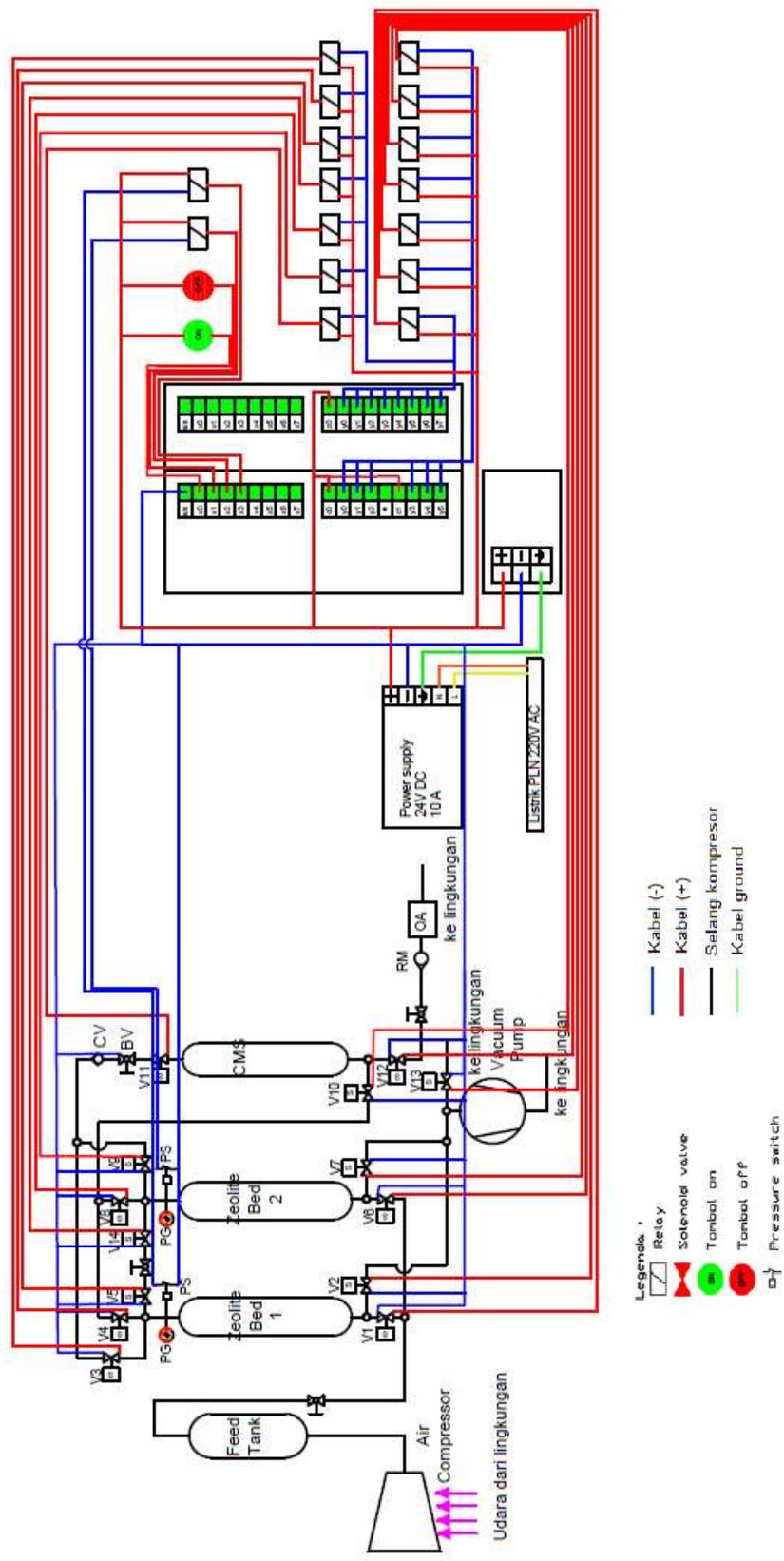
Pada gambar 3.29, transisi untuk *step7* menggunakan *timer* yang digunakan untuk proses *idle bed CMS* yaitu T241 selama 20 detik.

3.8 Simulasi Program

Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan maka semua kondisi input-output harus diuji apakah berjalan sesuai yang diharapkan, apabila program berjalan sesuai siklus, program akan dimasukkan ke *memory* PLC, bila tidak maka diadakan koreksi program kembali. Simulasi dijalankan untuk melihat *sequence* dari sistem kontrol, dan diperiksa apakah urutan *programming-nya* sudah sesuai dengan siklus yang dirancang.

3.9 Perakitan Software dan Hardware

Hasil simulasi program yang lancar akan dimasukkan ke PLC untuk dijalankan. Pada tahap ini, harus benar dipastikan bahwa kabel input dan output tersambung dengan benar sesuai dengan tugas I/O.



Gambar 3.30 Skematik wiring PLC pada perancangan oksigen konsentrator



Gambar 3.31 Pemasangan kabel PLC

Pemasangan kabel PLC berdasarkan pada skematik pada gambar 3.30, dimana pada bagian *input*, tegangan negatif disambungkan ke bagian *common* sedangkan tegangan positif disambungkan ke komponen *input* seperti *switch* dan *push button*, kemudian disambungkan ke modul input PLC dengan alamat input X. Kemudian pada bagian *output* yaitu *solenoid valve*, PLC disambungkan kepada relay terlebih dahulu, kemudian disambungkan ke *solenoid valve*. Hasil perkabelan dapat dilihat pada gambar 3.31.

3.10 Uji Coba Alat

PLC dan komponennya mulai dipasang pada rancangan. Alat dijalankan untuk pertama kalinya, dilakukan pengamatan pada kinerja alat. Pengamatan dilakukan pada proses penyaringan, dan tekanan tangki, dan menilai hasil kerja selama beberapa saat. Apabila alat bekerja sesuai dengan rancangan, maka akan dilanjutkan dengan penulisan laporan, namun jika tidak, maka proses harus diulangi, melalui pemilihan I/O dan seterusnya.