

# ARJKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

Vol. 08, Nomor 1

Pebruari 2014

**PERANCANAAN PERSEDIAAN BARANG DAGANGAN  
MENGUNAKAN MODEL PERSEDIAAN *MULTI ITEM*  
PADA UD. NURLIA**

*Daniel B. Paillin*

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI  
UNTUK PENINGKATAN MUTU PRODUK OLAHAN IKAN**

*Novita Irma Diana Magrib*

**KAJI EKSPERIMEN PENYIMPANGAN SUDUT PENGAPIAN  
TERHADAP KINERJA MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH  
TOYOTA KIJANG 4K**

*Kristofol Waas*

**ANALISA PEMBEBANAN STATIK TERHADAP KEKUATAN  
*VELG RACING* SEPEDA MOTOR YAMAHA MATIC  
DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS**

*Nasir Suruali*

*Kristeferd N. Wuritimur*

**ANALISIS KANDUNGAN UNSUR HARA Ca, Mg, P, dan S  
PADA KOMPOS LIMBAH IKAN**

*H. Tehubijuluw,*

*I Wayan Sutapa*

*P. Patty*

**PERANCANGAN INSTALASI KONTROL GERAK  
SELINDER ELEKTROPNEUMATIK BERDASARKAN  
PRINSIP KERJA METODE CASCADE**

*Azmain Noor Hatuwe*

**ANALISIS VARIASIONAL DALAM MEMODELKAN RELASI  
DISPERSI PEMANDU GELOMBANG PLANAR STEP INDEKS  
MENGUNAKAN MEDAN LISTRIK COBAAN HIPERGEOMETRI**

*Richard R. Lokollo*

**VARIASI UKURAN BAHAN SUPERKONDUKTOR TERHADAP  
ENERGI BEBAS GIBBS**

*Grace Loupatty*

**DISAIN STATION PENERIMA SIGNAL AIS (Automatic Identification  
System) MENGGUNAKAN *RADIO GENERAL COVERANGE* DALAM  
RANGKA MONITORING DAN PENGENDALIAN KAPAL DI PERAIRAN  
MALUKU**

*Jacob D. C. Sihasale*

## PERANCANGAN INSTALASI KONTROL GERAK SELINDER ELEKTROPNEUMATIK BERDASARKAN PRINSIP KERJA METODE CASCADE

Azmain Noor Hatuwe

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon.

### ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang instalasi elektropneumatik yang dibuat berdasarkan metode cascade. Sedangkan metode cascade adalah metode yang digunakan untuk menyusun instalasi pneumatic. Untuk memanfaatkan Metode Cascade, diperlukan penggantian komponen pneumatic pada system kontrol signal input dan daya, dengan komponen elektrik yang memiliki fungsi yang sama di dalam instalasi, sehingga memungkinkan penggunaan Metode Cascade pada pembuatan instalasi elektropneumatik. Metode penelitian yang digunakan adalah perancangan. Hasil perancangan instalasi berdasarkan metode cascade perlu dilakukan pengujian terhadap kesesuaian gerak selinder. peralatan yang digunakan untuk pengujian instalasi adalah type 202 Festo. Dua buah model instalasi dibuat, yakni pneumatic dan elektropneumatik. Instalasi pneumatic dibutuhkan sebagai pembandingan hasil dari kerja instalasi elektropneumatik. Sedangkan gerak selinder ditetapkan pada level lanjut dengan urutan gerak  $A+ B+ A- A+ A- B-$ . Pengujian pada alat peraga pneumatic diketahui bahwa, selinder elektropneumatik metode cascade dapat menggerakkan selinder sesuai dengan urutan langkah kerja selinder. Proses pengolahan signal input pada instalasi elektropneumatik bersesuaian, dengan instalasi pneumatic, yakni selama proses langkah kerja hanya ada satu saluran saja mengandung aliran listrik. Dari segi keamanan operasional, perlu ditambahkan satu jalur system start (relay), sehingga jumlah relay yang dibutuhkan pada instalasi dapat menggunakan persamaan  $1 + n$ , dimana  $n$  adalah jumlah saluran. Pada masing-masing instalasi menggunakan saluran, 4 buah pada pneumatic, dan 5 buah pada instalasi elektropneumatik.

**Kata kunci:** Selinder, Elektropneumatik, Metode Cascade

### ABSTRACT

This study discuss the electropneumatik installation made based on the cascade method . While the cascade method is a method used to arrange the pneumatic installation. To take advantage of the Cascade method, it required replacement of pneumatic components in the control input signal system and power, with the electrical components that have the same function in installation, thus allowing the use of the Cascade method of making electropneumatic installation . The research method that used is design. The result of the installation design based on cascade method need to get test of the cylinder motion suitability. The equipment used for the installation testing is 202 Festo type . Two models of the installation is made , ie, pneumatic and electropneumatic . Pneumatic installation is needed as a result comparison of the electropneumatic installation work . While the cylinder motion is set at a further level with motion sequence  $A + B + A - A + A - B -$  . The test in that pneumatic props known as , electropneumatic cylinder cascade method is able to move the cylinder in accordance with the sequence of working steps cylinder . The processing of the input signal in the suitability electropneumatic installation, with pneumatic installations , ie during the process of working steps there is only one channel contain the flow of electricity. In terms of operational security, need to be added to the system path start ( relay ) , so the number of relays required in the installation allow the equation  $1 + n$  , where  $n$  is the number of channels . each installation using channel , 4 pieces in pneumatic , and 5 pieces on electropneumatic installation .

**Keywords :** cylinder , Elektropneumatik , Cascade Method

### PENDAHULUAN

Teknologi pneumatic saat ini telah digunakan secara luas oleh dunia industry dengan tujuan meningkatkan kapasitas produksi dan pengontrol kualitas produk. Mesin produksi yang dioperasikan dengan otomatisasi pneumatic antara lain; Drilling and Reaming Machine, Loading Station, Internal Grinding Machine, Assembly Unit, Cheking Station dan lain sebagainya. Teknologi pneumatic

selanjutnya berkembang menjadi teknologi elektropneumatik, seiring dengan penemuan bahwa peralatan pneumatic dapat diintegrasikan dengan peralatan listrik. Untuk membuat instalasi pneumatic tingkat lanjut dengan kerumitan kontrol signal (udara bertekanan), dapat diselesaikan dengan menggunakan metode cascade. Persoalannya apakah metode cascade ini dapat digunakan pula untuk menyusun komponen listrik elektropneumatik, karena untuk membuat instalasi elektropneumatik digunakan metode elektropneumatik yang memiliki perbedaan pada proses signal input dan kontrol daya.

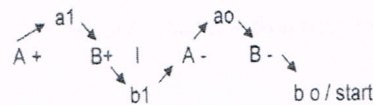
Pada proses pembuatan instalasi pneumatic, jika ditemui banyak terjadi trouble shouting pensuplaian signal pneumatic dapat menggunakan metode cascade, untuk menyusun elemen pneumatic, yang mengatur kerumitan pensuplaian signal. Prinsip kerja metode cascade diperkirakan dapat digunakan pada instalasi listrik elektropneumatik, dengan cara menggunakan peralatan listrik yang bersesuaian dengan kerja komponen pneumatic. Dimana komponen pneumatic yang berfungsi sebagai pensuplai signal dan pemroses signal input pada metode cascade diganti dengan komponen listrik yang memiliki prinsip kerja yang sama, dengan demikian metode cascade dapat digunakan untuk membuat instalasi elektropneumatik.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana teknik penggunaan metode cascade pada perencanaan instalasi elektropneumatik tingkat lanjut. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui teknik penggunaan metode cascade pada rangkaian instalasi elektropneumatik.

### LANDASAN TEORI

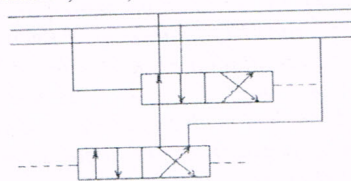
Sistem Kontrol Pneumatik Teknologi pneumatic di industri sangat membantu dalam pelaksanaan proses produksi terutama dalam bidang otomatisasi. Instalasi system control pneumatic dengan kerumitan yang tinggi dapat diselesaikan dengan metode Cascade. Pembuatan Instalasi pneumatic dengan system control metode Cascade, dilakukan melalui tahapan sebagai berikut (Isdwiyanudi, 1996):

- Pendefinisian langkah Kerja.
- Pembagian kelompok saluran udara.
- Katup control pembalik saluran.
- Katup control langkah kerja Hasil dari tahapan tersebut dapat dijelaskan pada contoh sebagai berikut:



Dari pendefinisian langkah kerja silinder di atas diketahui bahwa, jumlah saluran udara (n) sebanyak 2 buah, jumlah pembalik saluran (n-1), sebanyak 1 buah, katup control langkah kerja sebanyak 4 buah. Dan 1 buah katup start.

Persyaratan metode cascade, adalah sebagai berikut: bahwa posisi awal langkah kerja, saluran udara terakhir harus terisi udara bertekanan, pengisian udara bertekanan pada saluran udara dilakukan secara bergantian dan selama proses hanya boleh ada satu saluran yang berisi udara bertekanan. Saluran udara dan katup pembalik saluran udara dapat dilihat pada gambar 1 (Meixner, 1997).

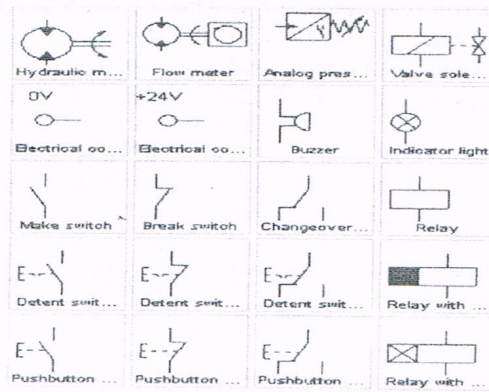


Susunan 3 Saluran Udara dengan 2 katup pembalik saluran

Sistem control Elektropneumatik. Tahapan proses pembuatan system control elektropneumatik, yakni: Pendefinisian langkah kerja dan Katup control langkah kerja Sedangkan prinsip kerja instalasi adalah sebagai berikut, posisi awal langkah kerja, seluruh relay tidak beraliran listrik, relay dialiri listrik secara bertahap dan akhir proses seluruh relay akan beraliran listrik dan relay terakhir berfungsi memutuskan aliran listrik pada system.

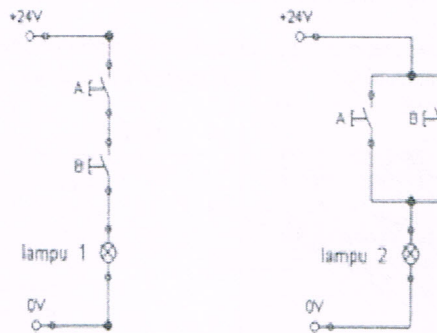
Jika persyaratan pembuatan system control metode cascade, digunakan untuk membuat instalasi elektropneumatik, maka terlebih dahulu menterjemahkan persyaratan tersebut kedalam komponen elektrik, sebagai berikut: hanya boleh satu relay saja selama proses langkah kerja dialiri listrik, dan pada akhir proses, relay terakhir beraliran listrik.

Terdapat persamaan prinsip kerja dari komponen pneumatic dengan komponen elektropneumatik, khususnya komponen yang berfungsi menyambung dan memutuskan aliran signal. pada komponen elektrik yakni saklar dikenal istilah normally open (NO) dan normally close (NC). Pemilihan saklar dan relay komponen elektrik teknologi elektropneumatik dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut Waller, (1996)



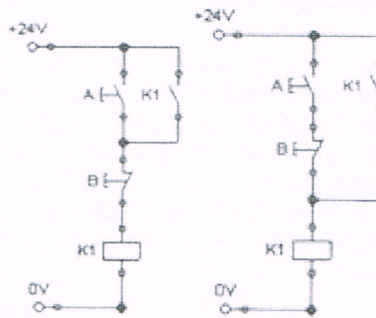
Komponen elektrik metode elektropneumatik

Teknik membuat Instalasi elektropneumatik dilakukan dengan berpatokan pada rangkaian dasar elektrik sebagai berikut



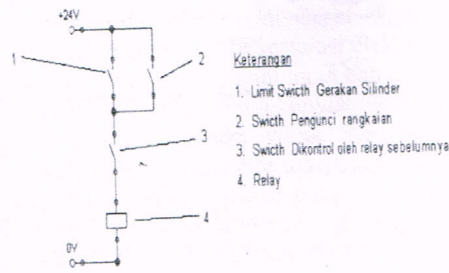
Rangkaian control AND dan OR

Rangkaian Control Dasar Elektrik Dominan Reset dan Dominan Set



Rangkaian dasar dominan set dan reset

Rangkaian dasar sistem control antara relay pada gerakan sekuens, dijelaskan pada gambar berikut ini.



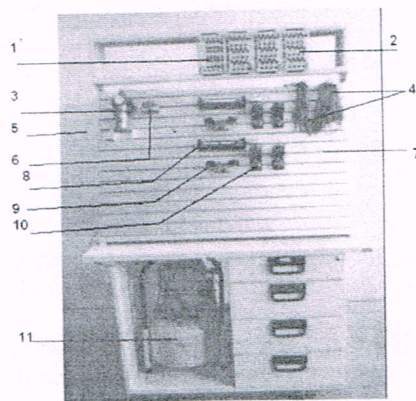
Rangkaian Dasar Gerakan Sekuens

Gambar 6, Rangkaian Dasar Gerakan Sekuens

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan, adalah perancangan, bertempat pada laboratorium Pneumatik-Hidrolik, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon. Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari literature yang mendukung objek penelitian.

Untuk menguji hasil rancangan instalasi dipersiapkan sarana pendukung yakni, alat peraga elektropneumatik type TP 202, Festo, sebagaimana diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Lampiran 2

### Instrumen Penelitian

Peralatan yang digunakan pada pelaksanaan eksperimen diperhatikan pada gambar berikut

1. Saklar close dan open Saklar open operasi tombol.
2. Relay
3. Air Service Unit.
4. Kabel 1 fase warna merah dan biru.
5. Selang udara bertekanan.
6. Distributor.
7. Meja Kerja Elektropneumatik.
8. Selinder Double acting selinder.
9. Katup 5/2 operasi solenoid.
10. Saklar close operasi roler.
11. Kompresor.

Perencanaan kegiatan penelitian, yang pelaksanaannya diawali dengan menyiapkan sarana pendukung, seperti referensi dan peralatan, kemudian menetapkan langkah kerja selinder tingkat lanjut, yakni  $A+ B+ A- A+ A- B$ . Dengan urutan gerak selinder ini dibuat instalasi pneumatic dan instalasi elektropneumatik. Instalasi pneumatic digunakan sebagai standart ukuran bahwa prinsip kerja instalasi elektropneumatik bersesuaian instalasi pneumatic. Pengujian masing-masing rancangan instalasi dilakukan dengan menggunakan alat peraga elektropneumatik type TP 202, Festo. Pengujian dimaksudkan untuk memastikan rancangan instalasi elektropneumatik dapat menggerakkan selinder sesuai dengan urtan langkah kerja selinder. Dan selanjutnya data dari hasil eksperimen dicantumkan dalam bentuk grafik dan gambar instalasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

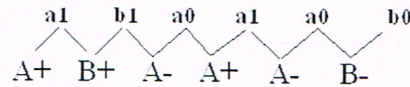
Metode cascade adalah metode yang digunakan untuk membuat instalasi pneumatic yang memiliki kerumitan dalam pengaturan signal input. Pada instalasi pneumatic, komponen yang berfungsi sebagai kontrol signal perlu diatur dengan teknik tertentu, sehingga dapat menggerakkan selinder pneumatic secara berkesinambungan (gerakan sequent).

Perbedaan media signal, pada pneumatic menggunakan udara bertekanan sedangkan elektropneumatik menggunakan aliran listrik, bukan suatu halangan untuk menggunakan metode cascade untuk menyusun komponen elektropneumatik. Pada dasarnya kedua instalasi terbagai menjadi 4 bagian pengontrolan, yakni control power suplay, control signal input, control daya, dan control actuator (selinder). Control signal input dan daya pada

instalasi pneumatic dengan elektropneumatik memiliki komponen yang berbeda. Pada pneumatic menggunakan katup control aliran udara, sedangkan elektropneumatik menggunakan saklar listrik (switch). Namun ke dua jenis komponen control signal input dan daya ini memiliki fungsi kerja yang sama, yakni meneruskan signal atau memutuskan signal yang dikenal istilah normally open (NO) dan normally close (NC). Selanjutnya penggunaan metode cascade dalam penyusunan instalasi pneumatic dan elektropneumatik, sebagai berikut:

**a. Instalasi Pneumatik**

Instalasi elektropneumatik level lanjut memiliki pengaturan control signal yang rumit, yang mana selinder melakukan gerakan berulang sehingga menimbulkan *trouble shouting signal*. Gerakan selinder yang ditetapkan adalah, Notasi Singkat:



Notasi singkat diatas menunjukkan urutan gerak selinder secara kesinambungan, yang mana gerakan selinder berikutnya tergantung pada gerakan selinder sebelumnya. Instalasi pneumatic dapat dibuat dengan memperhatikan persyaratan dari metode cascade. Dari notasi singkat diketahui jumlah kelompok saluran udara sebanyak 4 buah dan katup pembalik saluran 3 buah. Pada posisi awal dan akhir panjang langkah selinder dipasang katup 3/2 normally close dengan operasi roller, setiap kali selinder bergerak maju dan mundur maka kepala toraknya akan mengenai katup ini. Selanjutnya dapat dibuatkan diagram gerak selinder dan diagram kerja katup, sebagai berikut:

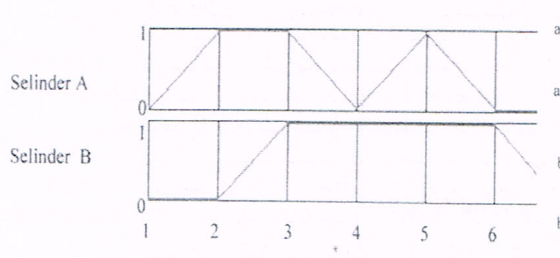


Diagram Gerak selinder

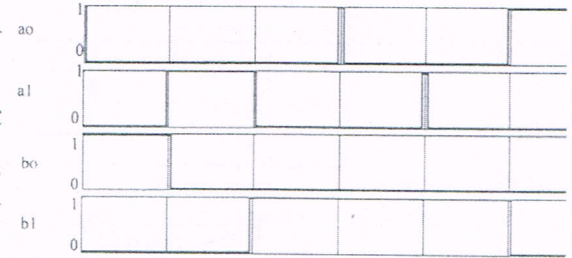
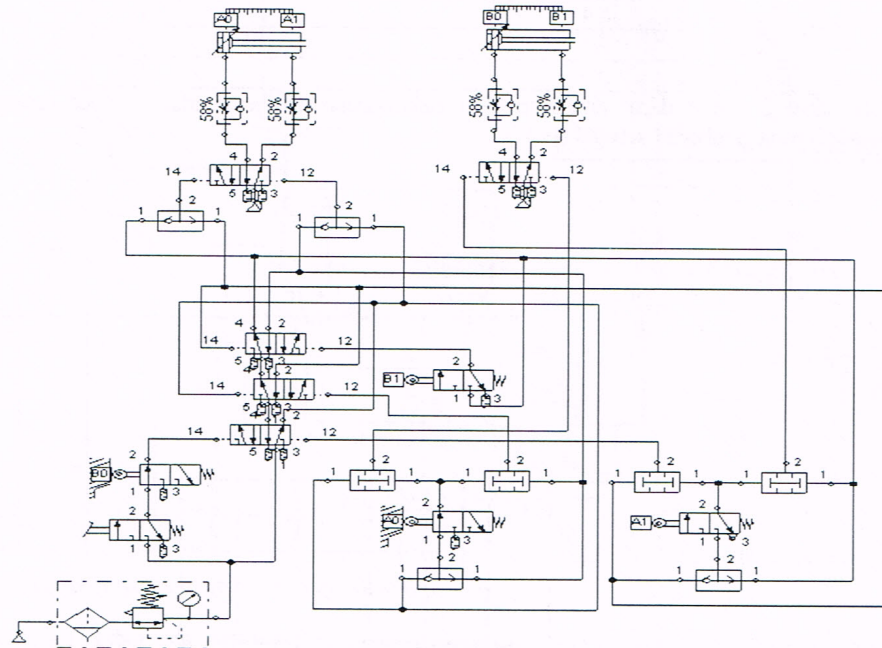


Diagram katup 3/2

Berdasarkan notasi singkat dan diagram gerak selinder dapat dibuatkan gambar instalasi pneumatic sebagai berikut:



instalasi pneumatik

**b. Instalasi Elektropneumatik**

Metode cascade dapat digunakan untuk membuat instalasi elektropneumatik, dengan cara menggantikan komponen yang memiliki fungsi yang sama untuk mengontrol signal input dan daya, seperti tertera pada table 1 berikut ini.

komponen pengganti pneumatic menjadi komponen elektrik

|   |  |
|---|--|
| Pneumatic   | Elektropneumatik   |
| Kelompok saluran (S1, S2,..... dstnya)                          | Riley (K1, K2,.....dstnya)   |
| Katup 3/2 operasi roller  | Saklar operasi roller  |
| Katup AND   | Dua saklar NO dipasang parallel  |
| Katup OR  | Dua saklar NO dipasang seri  |
| Katup pembalik saluran, yakni katup 5/2 operasi pneumatic       | Mekanisme dua riley yang mana riley pertama memberikan signal pada riley kedua, dan riley kedua memutuskan signal riley pertama. |
| kontrol actuator, menggunakan katup 5/2 operasi udara berteknan | Kontrol actuator, menggunakan katup 5/2 double solenoid  |

Dari diagram langkah selinder pneumatic dapat dibuat table logica kontrol signal input dan kontrol daya sebagai berikut:

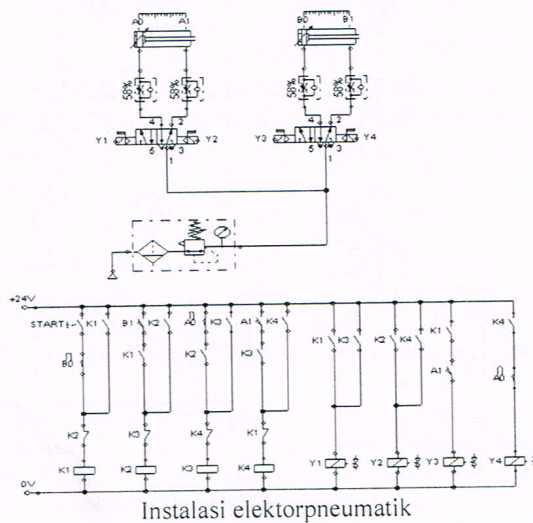
Kontrol signal input

| Saluran Riley | Saluran 1 | Saluran 2 | Saluran 3 | Saluran 4 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| K1            | 1         |           |           | 0         |
| K2            | 0         | 1         |           |           |
| K3            |           | 0         | 1         |           |
| K4            |           |           | 0         | 1         |

Kontrol daya

| Solenoid Switch | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 |
|-----------------|----|----|----|----|
| K1              | 1  |    | 1  |    |
| K2              |    | 1  |    |    |
| K3              | 1  |    |    |    |
| K4              |    |    |    | 1  |
| A1              |    |    | 1  |    |
| A0              |    |    |    | 1  |

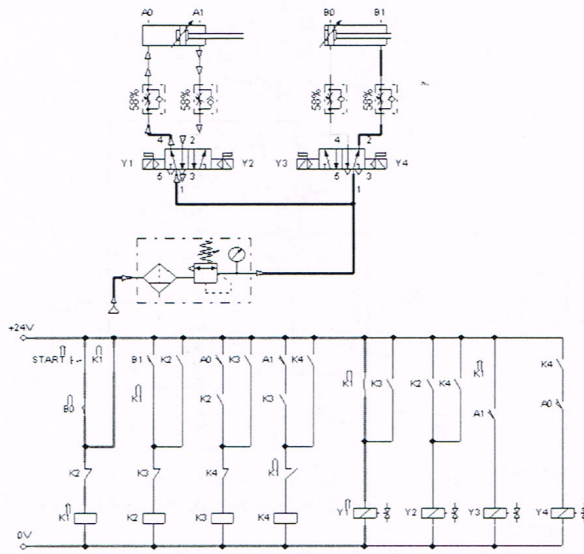
Dari tabel 2 dan 3 dapat dibuat instalasi elektropneumatik berdasarkan metode cascade, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 11 sebagai berikut:



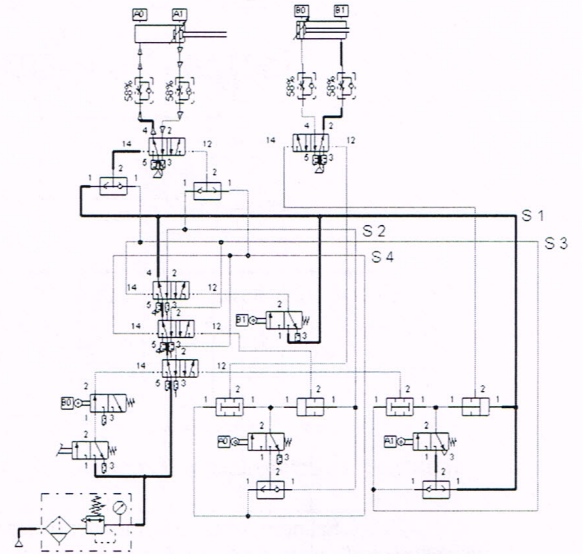
**c. Prinsip kerja elektropneumatik**

Prinsip kerja dari instalasi elektropneumatik yang dibuat berdasarkan metode cascade, pada bagian komponen kontrol signal input dan daya instalasi elektropneumatik bersesuaian kerjanya dengan prinsip kerja instalasi pneumatic. Lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram instalasi sebagai berikut.

a. Selinder A bergerak maju



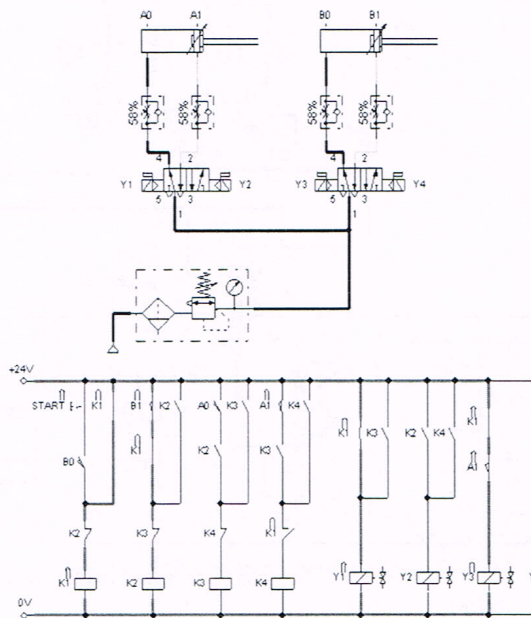
. Selinder A bergerak maju (Elektropneumatik)



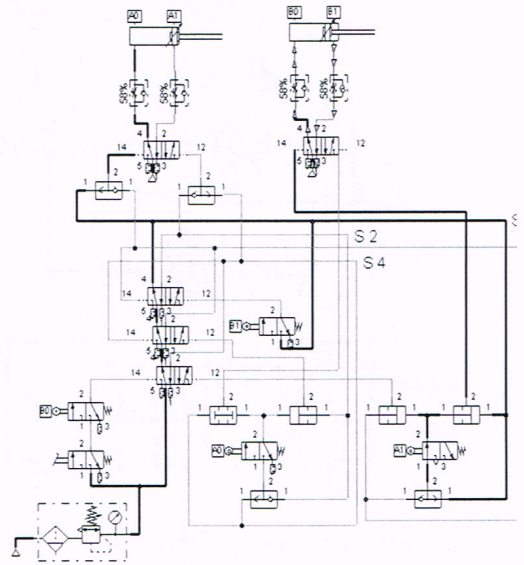
Selinder A bergerak maju (Pneumatik)

Gambar 11.a dan 11.b memberikan penjelasan, ketika tombol start ditekan, maka jalur 1 memproses signal dan meneruskan ke komponen kontrol daya. Signal ini diterima solenoid y1 untuk mengatur selinder A bergerak maju.

b. Selinder B bergerak maju



. Selinder B bergerak maju (Elektropneumatik)

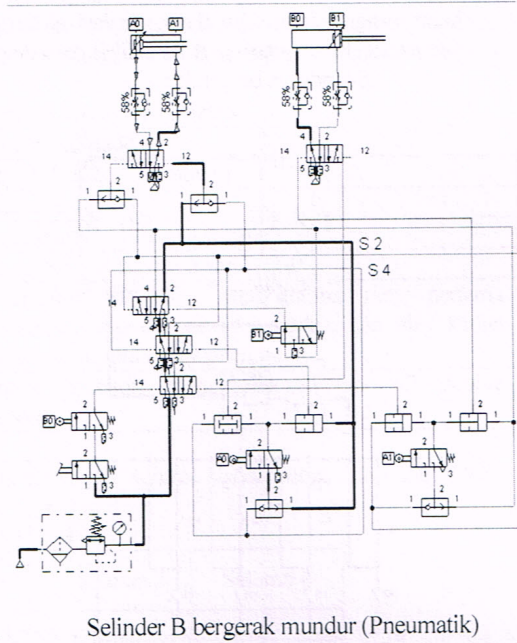
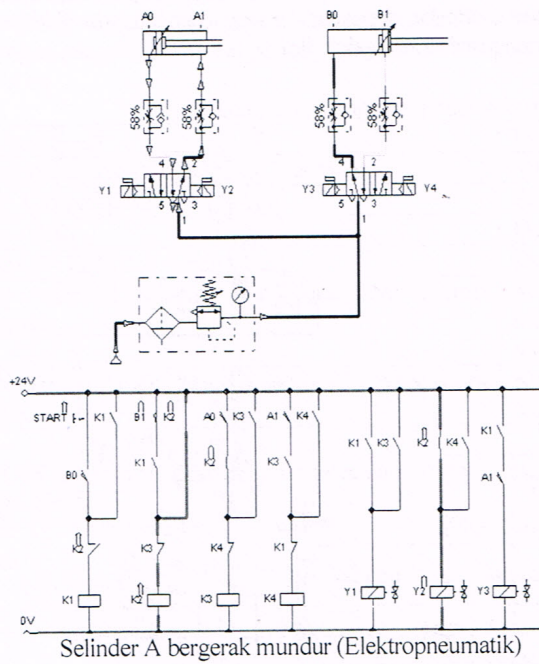


Selinder B bergerak maju (Pneumatik)

Pada gambar 12.a dan 12.b. memberikan penjelasan ketika selinder A bergerak maju sampai posisi akhir akan mengenai saklar A1, dan signal dari A1 memberikan signal pada Y3 untuk menggerakan maju selinder B.

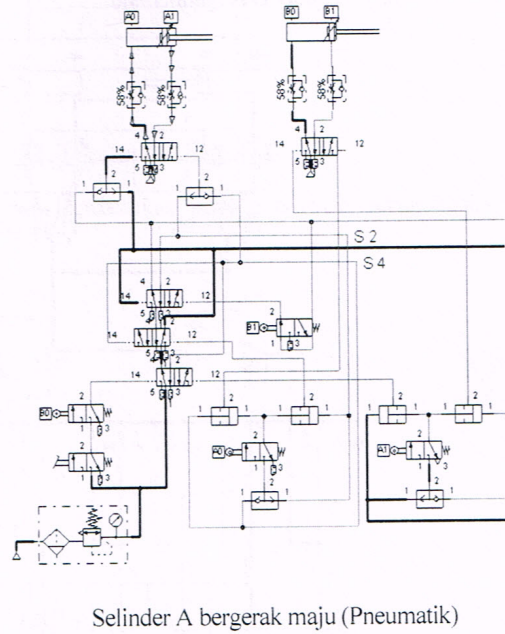
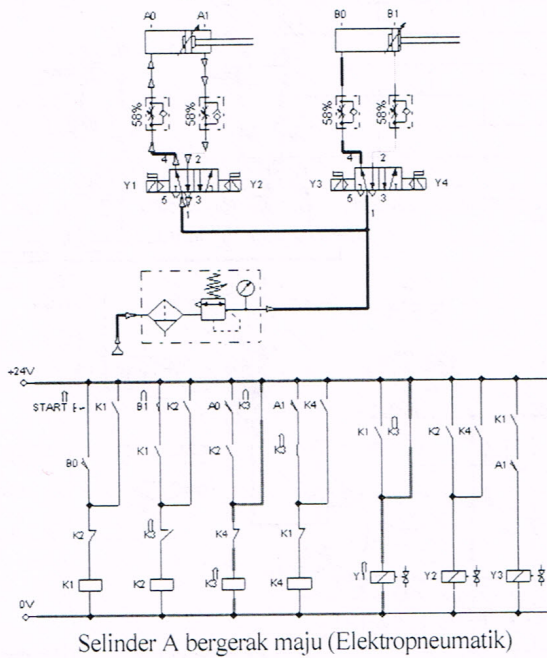


c. Selinder A bergerak mundur



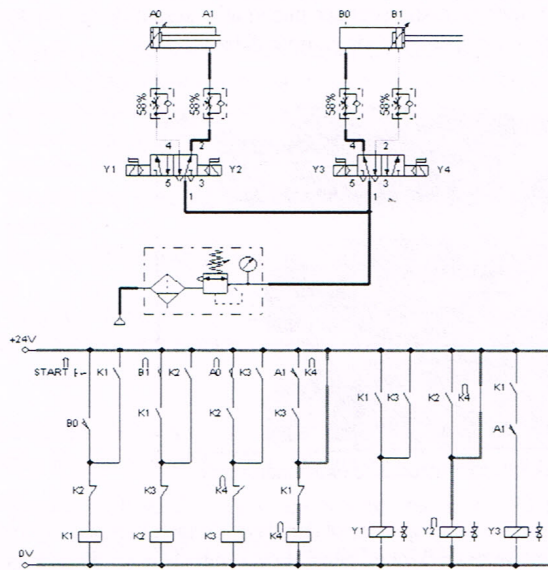
Pada gambar 13.a dan 13.b, memberikan penjelasan, ketika selinder B bergerak maju sampai posisi akhir akan mengenai saklar B1, dan signal dari B1 diproses di jalur 2 yang kemudian komponen jalur 2 memutuskan aliran signal di jalur 1, serta memberikan signal pada Y2 untuk menggerakkan mundur selinder A.

d. Selinder A bergerak maju

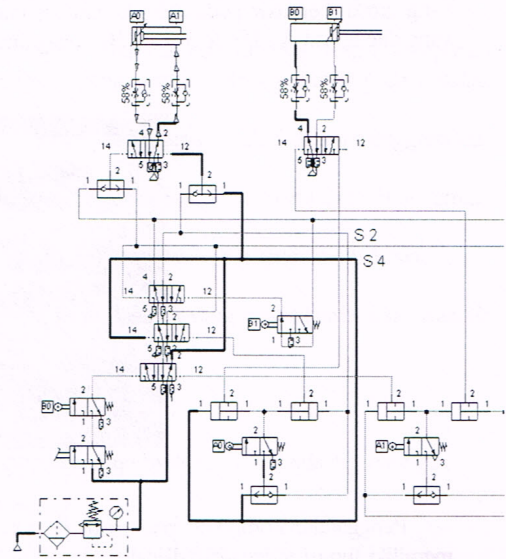


Pada gambar 14.a dan 14.b memberikan penjelasan, ketika selinder A bergerak mundur akan mengenai saklar A0. Signal input dari saklar A0 akan diproses pada jalur 3, yang kemudian komponen jalur 3 memutuskan aliran signal jalur 2, serta memberikan signal pada Y1 untuk menggerakkan maju selinder A.

e. Selinder A Bergerak mundur



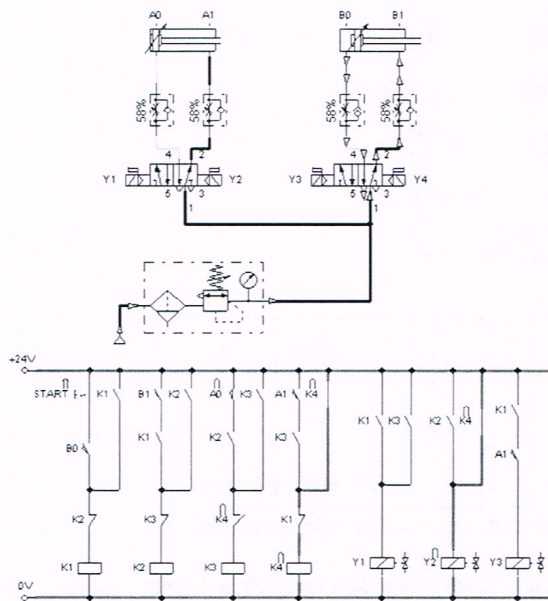
Selinder A bergerak mundur(Elektropneumatik)



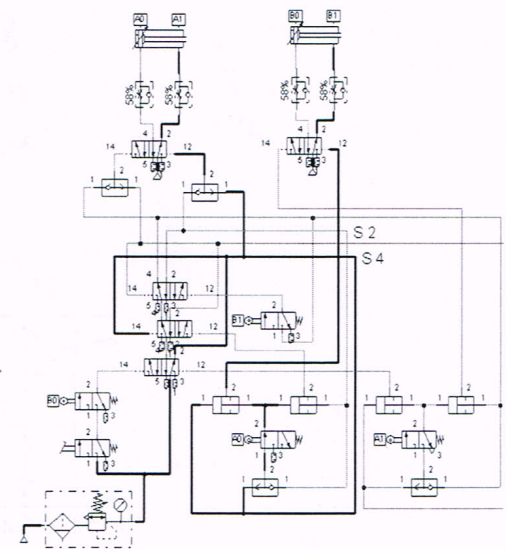
Selinder A bergerak mundur (Pneumatik)

Pada gambar 15.a dan 15.b memberikan penjelasan, ketika selinder A bergerak maju akan mengenai saklar A1. Signal input dari saklar A1 akan diproses pada jalur 4, yang kemudian komponen jalur 4 memutuskan aliran signal jalur 3, serta memberikan signal pada Y2 untuk menggerakkan mundur selinder A.

f. Selinder B bergerak mundur



Selinder B bergerak mundur (Elektropneumatik)

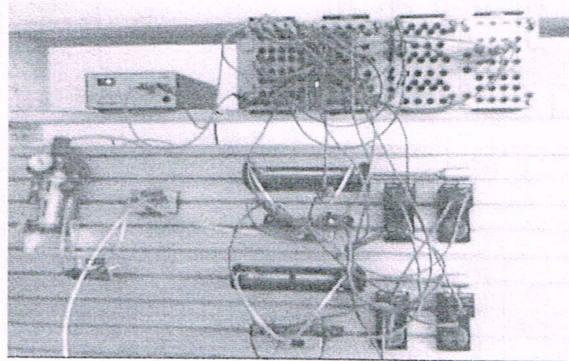


. selinder B bergerak mundur (Pneumatik)

Pada gambar 16.a dan 16.b. memberikan penjelasan ketika selinder A bergerak maju sampai posisi akhir akan mengenai saklar A0, dan signal dari A0 memberikan signal pada Y4 untuk menggerakkan mundur selinder B.

## PEMBAHASAN

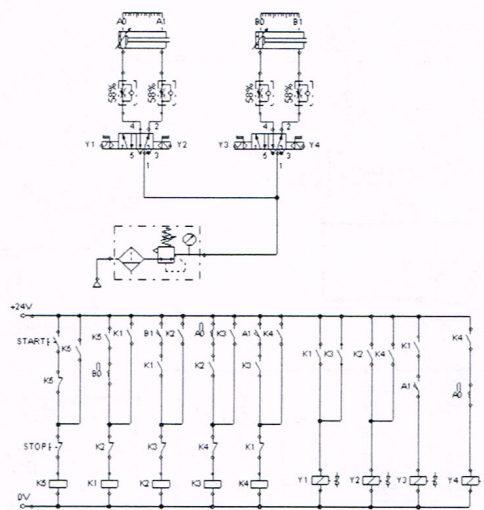
Dari hasil pengujian pada peralatan pneumatic type 202, Festo, diketahui bahwa instalasi elektropneumatik yang dibuat berdasar pada metode cascade dapat menggerakkan selinder pneumatic, sesuai dengan notasi singkat yang ditetapkan A+ B+ A- A+ A- B-, sebagaimana diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Pengujian gerak selinder instalasi elektropneumatik

Penggantian komponen pneumatic pada system kontrol signal input dan daya, dengan komponen elektrik yang memiliki fungsi yang sama di dalam instalasi, telah memungkinkan penggunaan metode cascade pada pembuatan instalasi elektropneumatik. Sehingga pada proses pengolahan signal input pada instalasi elektropneumatik bersesuaian dengan instalasi pneumatic, yakni selama proses langkah kerja hanya satu satu saluran saja mengandung aliran listrik.

System start pada rangkaian instalasi otomatisasi harusnya memenuhi persyaratan keamanan, yakni selama langkah kerja selinder, tombol start tidak boleh memberikan signal pada saluran 1 kecuali saluran terakhir dan selinder telah melaksanakan langkah yang terakhir, maka tombol start dapat memberikan signal pada saluran satu. Untuk maksud keamanan tersebut perlu kiranya system start berada pada saluran tersendiri atau menambahkan 1 relay lagi. Dan instalasi elektropneumatiknya seperti gambar berikut ini.



Tambahan system start pada instalasi elektropneumatik

Relay 5 berfungsi untuk system start, bila relay 5 aktif maka akan melakukan 3 fungsi, yakni saklar k5 akan mengunci suplay listrik pada relay k5, memutuskan aliran saklar start sehingga tidak dapat meneruskan signal pada relay 5, dan memberikan signal pada relay 1 (jalur1) untuk melakukan awal gerak selinder. Sehingga jumlah relay yang dibutuhkan pada instalasi dapat ditentukan menggunakan persamaan  $1 + n$ , dimana n adalah jumlah saluran. Dan jumlah saluran pada instalasi pneumatic adalah 4 buah, sedangkan pada instalasi elektropneumatik 5 buah.

**KESIMPLAN**

Dari uraian pembahasan dan hasil penelitian dapatlah ditarik beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut:

**Kesimpulan**

1. Teknik mengganti komponen pneumatic pada bagian kontrol signal input dan kontrol daya, dengan komponen elektrik yang memiliki prinsip kerja yang sama, memungkinkan penggunaan metode cascade pada instalasi elektropneumatik.
2. Penambahan system start diperlukan untuk meningkatkan keamanan proses kerja instalasi dalam menggerakkan selinder.
3. Jumlah relay yang digunakan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan  $1 + n$ , dimana  $n$  adalah jumlah saluran.
4. Jumlah saluran pada instalasi pneumatic adalah 4 buah, sedangkan pada instalasi elektropneumatik 5 buah.

**Saran**

Penelitian lanjutan diperlukan terhadap performance instalasi elektropneumatik yang dibuat berdasarkan metode cascade dengan metode elektropneumatik

**DAFTAR PUSTAKA**

- Meixner, H., and Kobler R., 1997, Maintenance Of Pneumatic Equipment And System, Festo Didactic, Eslingen .
- Isdwiyanudi, S., 1996, Praktek Sistem Kontrol Pneumatik, P4, Bandung.
- Waller, D., and Wenner, H., 1998, Elektropneumatics Basic Level, Festo Didactic, Denkendorf.
- Waller, D., Wenner, H., and Ocker, Th., 1999, Elektropneumatics Advanced Level, Festo Didactic, Denkendorf.
- Behrouz Najjari, Masoud Barakati S., Ali Mohammadi, Mohammad Javad Fotuhi, Saeid Farahat, and Mohammad Bostanian, Modelling and Controller Design of Electro-Pneumatic Actuator Based on PWM, International Journal of Robotics and Automation (IJRA) , Vol. 1, No. 3, September 2012, pp. 125~136, ISSN: 2089-4856.

