

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori Pneumatik

Elektro-pneumatik merupakan suatu sistem operasi otomatis yang mengaplikasikan integrasi rangkaian pneumatik dalam elektro. Karena itu, tinjauan pustaka meliputi : (i) dasar teori pneumatik, dan (ii) dasar elektro-pneumatik.

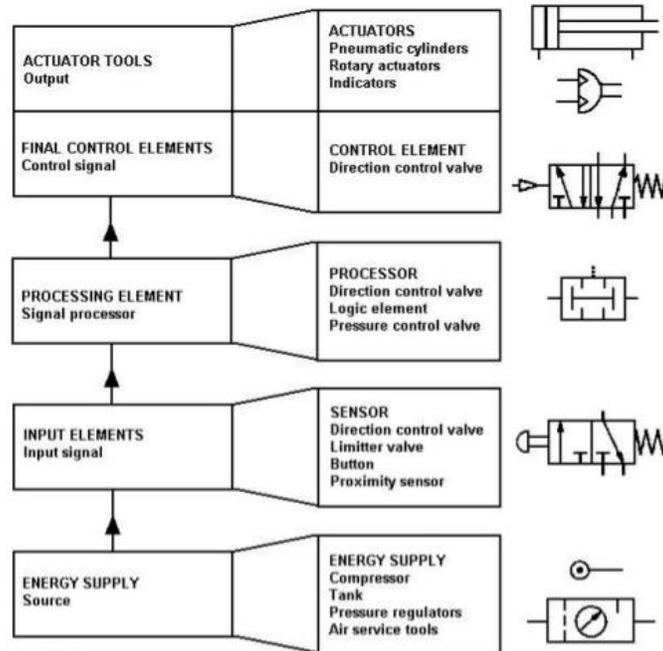
Pneumatik merupakan ilmu yang mempelajari teknik pemakaian udara bertekanan. Sejalan dengan pengenalan terhadap sistem keseluruhan pada pneumatik, secara individu elemen pneumatik pun mengalami perkembangan pesat, misalnya dalam pemilihan bahan/material, manufaktur dan proses disain. Contohnya silinder pneumatik memegang peranan penting sebagai elemen kerja, dimana silinder ini murah harganya, mudah pemasangannya, sederhana dan kuat konstruksinya serta tersedia dalam berbagai ukuran dan panjang langkah. Penggunaan silinder dan elemen pneumatik yang lain dapat digunakan untuk pengekleman, pengangkat, penepat, pengukur, pencari, orientasi, pengepak, pengatur gerakan, pengendali, pemutar, dan sebagainya.

Pada proses pneumatik dapat dipakai sebagai aktuator pada mesin bor, mesin milling, mesin bubut, mesin gergaji, mesin pembentuk, dan juga *quality control*. Komponen - komponen dalam pneumatik bisa dibagi dalam: aktuator, sensor, prosesor, sistem kontrol dan perlengkapan.

Untuk menjalankan fungsinya, sistem pneumatik dirancang dalam suatu rangkaian pneumatik yang terdiri dari komponen - komponen pneumatik yang diintegrasikan.

2.1.1 Rangkaian Dasar dalam Sistem Pneumatik

Suatu rangkaian pneumatik terdiri dari elemen – elemen rangkaian yang meliputi: (i) elemen suplai energi, (ii) elemen sinyal masukan, (iii) elemen pemroses, (iv) elemen akhir, dan (v) aktuator.



Gambar 2.1. Diagram kerja rangkaian pneumatik

Setiap elemen rangkaian pneumatik dapat terdiri dari atau lebih komponen pneumatik.

Untuk memudahkan penggambaran rangkaian pneumatik, setiap komponen pneumatik disimbolkan dalam suatu gambar simbol yang telah distandarkan pada ISO.

2.1.2 Komponen Pneumatik

a) Aktuator

Aktuator adalah bagian terakhir dari *output* suatu sistem kontrol pneumatik. *Output* biasanya digunakan untuk mengidentifikasi suatu sistem kontrol ataupun aktuator. Pada pneumatik, aktuator dikategorikan kedalam 2 kategori yaitu aktuator gerak linear dan aktuator gerakan rotasi.

1. Aktuator gerakan linier:

Aktuator gerakan linear berbentuk silinder dan disebut silinder pneumatik. Terdapat 2 jenis silinder pneumatik yaitu silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda. Kedua jenis silinder dan simbolnya dapat dilihat berturut-turut pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



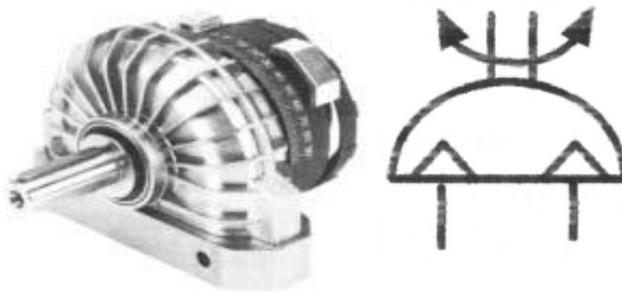
Gambar 2.2. Gambar dan simbol pada rangkaian untuk aktuator *single acting*



Gambar 2.3 Gambar dan simbol pada rangkaian untuk aktuator *double acting*

2. Aktuator gerakan berputar (*rotary*):

Aktuator gerakan berputar merupakan aktuator pneumatik yang bekerjanya dengan cara berputar. Aktuator berputar ganda disebut aktuator motor pneumatik. Terdapat 4 jenis motor pneumatik, yaitu *piston motors*, *sliding vane motors*, *gear motors*, dan turbin. Salah



satu contoh aktuator berputar ganda dapat dilihat pada Gambar 2.4

Gambar 2.4 Gambar dan simbol pada rangkaian untuk aktuator gerakan berputar

b) Sensor

Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi sesuatu (suhu, kecepatan, jarak, dll). Berikut ini merupakan macam – macam sensor beserta fungsinya :

1. Sensor elektronik

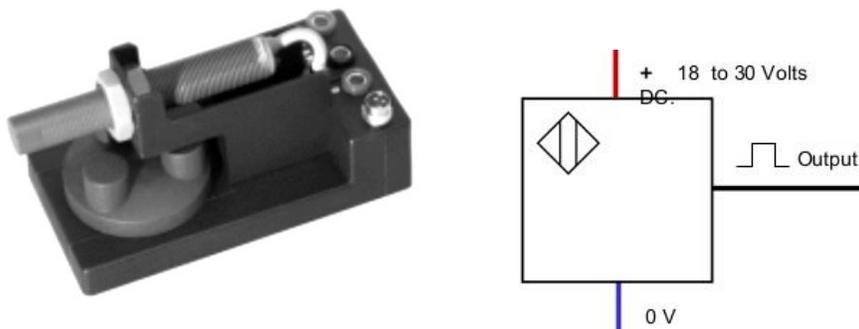
Sensor ini menggunakan tenaga elektrik dalam bentuk sinyal elektrik. Alat penerima dan perekamannya berupa pita magnetik atau detektor lainnya. Sinyal elektrik yang direkam pada pita magnetik ini kemudian diproses menjadi data visual maupun data digital yang siap dikomputerkan.

2. Sensor optik

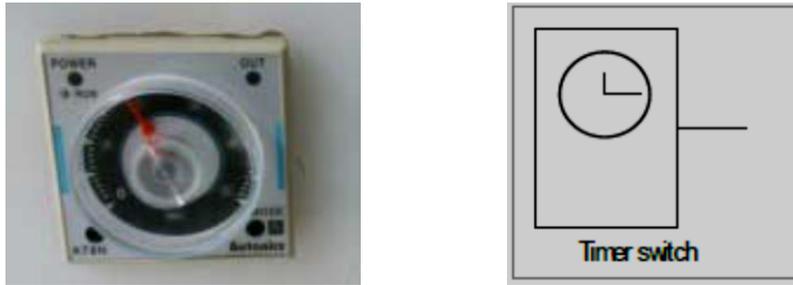
Sensor optik digunakan terhadap objek – objek yang memiliki bentuk warna atau cahaya yang diubah menjadi daya yang berbeda – beda.



Gambar 2.5 Gambar dan simbol pada rangkaian untuk sensor *optic capacitive proximity switch*



Gambar 2.6 Gambar dan simbol pada rangkaian untuk sensor *optic inductive proximity switch*



Gambar 2.7 Gambar dan simbol pada rangkaian untuk *timer*

Dengan menggunakan warna, indikator optik mewakili fungsi pada jaringan kerjanya. Di bawah ini tabel arti dari warna-warna sensor optik.

Tabel 2.1 Warna sensor optik dan pengertian

| WARNA | ARTI | CATATAN |
|--------------|-------------|--|
| MERAH | Bahaya | Status mesin dalam situasi membutuhkan pertolongan/bantuan dengan segera |
| KUNING | Perhatian | Pengertian atau minta perhatian |
| HIJAU | Aman | Operasi normal |
| BIRU | Info Khusus | |
| PUTIH | Info Umum | |

c) Katup

Katup pneumatik disimbolkan sesuai dengan standar ISO.

1. Katup pengarah (*Directional Control Valve*), terdiri dari 2 jenis katup:

- Katup *poppet*, yang bekerja dengan cara melepas dan menempelkan bola/piringan terhadap dudukannya yang terpasang ‘*seal*’ yang bersifat elastis namun kuat. Gaya

untuk menggerakkan katup poppet relatif besar karena harus melawan gaya pegas pada saat posisi kerja.

- Katup geser (*slide valve*), yang bekerja dengan menggeser silinder atau piringan. Berdasarkan DIN ISO 5599 - 3 *Fluid Technologies Pneumatik – 5 way* penomoran port pada katup dikualifikasikan sebagai berikut :

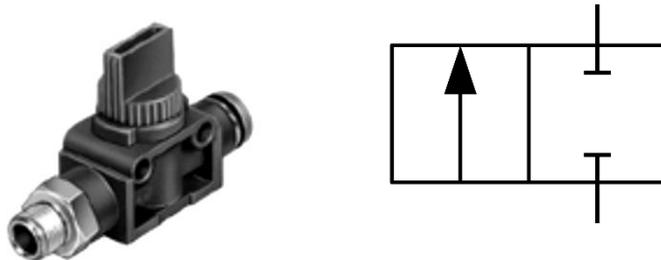
1 = *supply* udara bertekanan

2, 4 = *output* udara bertekanan

3,5 = buangan udara bertekanan (*exhaust*)

Ada beberapa jenis dari katup ini, yaitu :

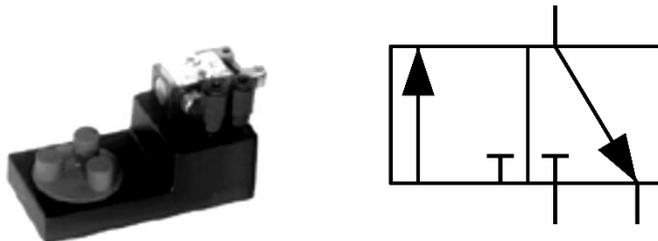
- *2/2 way valve* : mempunyai 2 port dan 2 ruang. Penggerak katup berupa udara



bertekanan dari sisi kiri dan kanan.

Gambar 2.8 Komponen dan simbol dari *2/2 way valve*

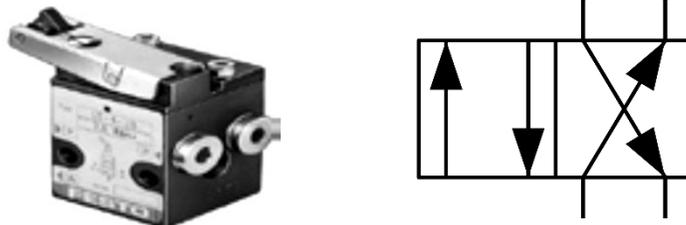
- *3/2 way valve* : mempunyai 3 port dan 2 ruang. Penggerak katup berupa udara



bertekanan dari sisi kiri dan kanan.

Gambar 2.9 Komponen dan simbol dari 3/2 way valve

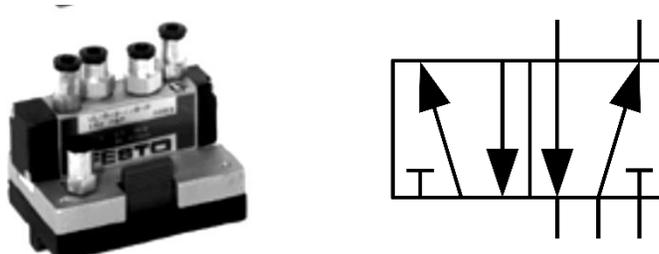
- *4/2 way valve* : mempunyai 4 port dan 2 ruang. Penggerak katup berupa udara bertekanan dari sisi kiri dan kanan.



bertekanan dari sisi kiri dan kanan.

Gambar 2.10 Komponen dan simbol dari 4/2 way valve

- *5/2 way valve* : mempunyai 5 port dan 2 ruang. Penggerak katup berupa udara bertekanan dari sisi kiri dan kanan.



Gambar 2.11 Komponen dan simbol dari 5/2 way valve

2. Katup searah (*Non return valve*), yang jenisnya antara lain:

- *Check valves*: hanya mempunyai 1 inlet dan 1 outlet, dapat menutup aliran pada satu arah aliran. Pada arah lainnya katup ini dengan bebas dapat mengalirkan aliran udara dengan tekanan rendah.
- *Two pressure valve*: mempunyai 2 inlet dan 1 outlet. Udara mampat mengalir melalui katup ini bila sinyal udara terdapat pada kedua sambungan inlet. (*Logic AND function*).

- *Shuttle valve*: Udara mampat dapat mengalir dari salah satu atau kedua saluran inlet menuju outlet. (*Logic OR function*)
- *Quick exhaust valve*: berfungsi sebagai penambah kecepatan silinder. Dengan ini memungkinkan waktu yang diperlukan untuk langkah kerja silinder terutama untuk

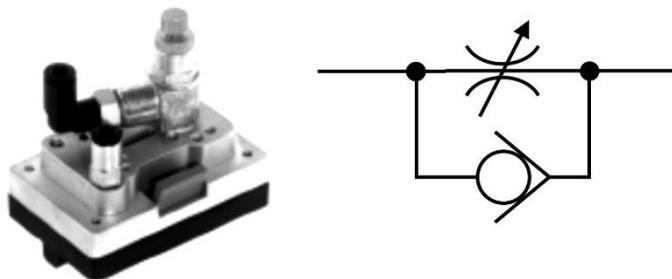


single act cylinder lebih singkat lagi.

Gambar 2.12 Gambar (a) *two pressure valve*, (b) *Quick exhaust valve*, (c) *check valve*

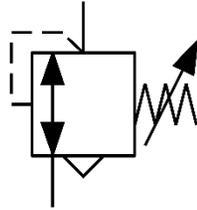
3. Katup pengatur aliran (*Flow control valve*), berfungsi mengatur aliran udara secara volumetrik.

- *Bi-directional flow control valve*, mengatur udara ke dua arah.
- *One way flow control valve*, mengalirkan udara ke satu arah untuk mengatur kecepatan aktuator.



Gambar 2.13 Gambar dan simbol pada rangkaian untuk *flow control valve*

4. Katup pengatur tekanan (*pressure valve*), fungsinya mengatur besarnya tekanan udara yang



diperlukan.

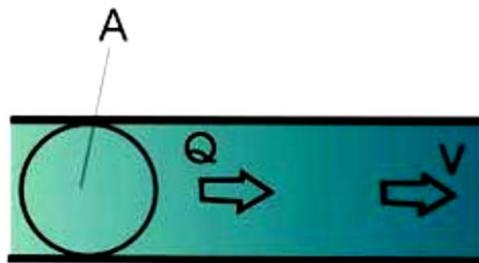
Gambar 2.14 Gambar dan simbol pada rangkaian untuk *pressure valve*

2.1.3 Perhitungan Pneumatik

Parameter yang terlibat dalam suatu sistem pneumatik diantaranya adalah lajur alir volumetris udara tekan, tekanan, kecepatan, dan gaya silinder. Parameter tersebut dapat ditetapkan atau dikalkulasi sesuai capaian yang diinginkan.

a) Laju Alir Volumetris Udara Tekan

Udara yang melewati saluran dengan luas penampang A (m^2) dengan kecepatan udara mengalir V (m/dtk), maka akan memiliki debit aliran Q (m^3/dtk) sebesar A (m^2) x V (m/dtk).



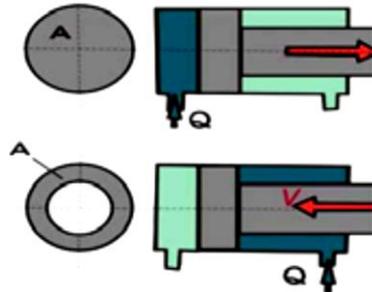
Gambar 2.15 Debit aliran udara dalam pipa

Debit Aliran Udara (Q) (Simulasi Aplikasi Elektro Pneumatik dan PLC Sebagai Kendali Pintu Geser, 2012):

$$Q (m^3/dtk) = A(m^2) \times V (m/dtk) \dots\dots 2.1$$

b) Kecepatan Silinder

Suatu silinder pneumatik terdiri dari kepala luar silinder, kepala dalam silinder,



batang silinder, rumah silinder, dan lubang silinder.

Gambar 2.16 Arah kecepatan piston pada saat maju dan mundur

Pengujian ini menggunakan rumus (Simulasi Aplikasi Elektro Pneumatik dan PLC

Sebagai Kendali Pintu Geser,2012):

$$V \text{ maju} = \frac{Q}{A} \text{ (m/s) }^{2.2}$$

$$V \text{ mundur} = \frac{Q}{A_n} \text{ (m/s) }^{2.3}$$

Dimana :

V = Kecepatan piston (m/s)

Q = Debit aliran udara (liter/menit)

A = Luas penampang silinder (m²)

A_n = A - A = (m²)

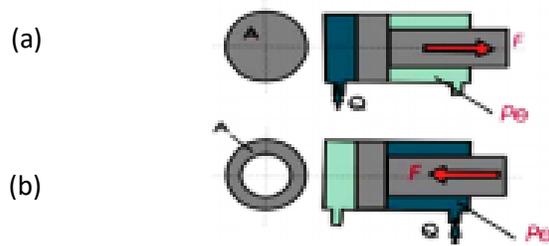
c) Gaya Silinder

Hukum *Pascal* yang diaplikasikan untuk menentukan gaya silinder disajikan dalam

persamaan $P = \frac{F}{A}$ penerapan tekanan kerja (kg/cm²), F adalah gaya yang ditimbulkan oleh

silinder (kg), dan A adalah luas penampang silinder (cm²)

Besarnya gaya yang ditimbulkan oleh silinder kerja ganda akan berbeda sesuai dengan arah gerakan silinder. Gaya silinder pada arah gerakan maju lebih besar dari pada arah gerakan mundur. Arah gerakan maju dan mundur silinder digambarkan pada Gambar 2.17. gaya maju dan mundur pada silinder kerja dikalkulasikan menggunakan persamaan –



persamaan berikut ini :

Gambar 2.17 Arah gaya piston pada saat (a) maju dan (b) mundur

Pengujian ini menggunakan rumus (Simulasi Aplikasi Elektro Pneumatik dan PLC

Sebagai Kendali Pintu Geser,2012):

$$F_{\text{maju}} = P_e \times A - F_r \text{ (N) } \dots\dots^{2.4}$$

$$F_{\text{mundur}} = P_e \times A_n - F_r \text{ (N) } \dots\dots^{2.5}$$

Dimana :

F = Gaya piston (N)

Pe = Tekanan kerja efektif ($\frac{N}{m^2}$)

A = Luas penampang silinder (m^2)

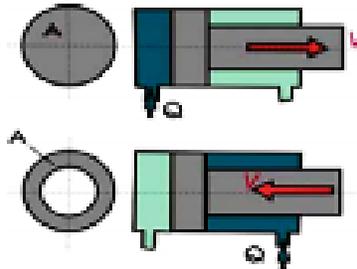
An = A - Ak = (m^2)

Ak = Luas batang piston (m^2)

FR = Gaya gesek batang piston (N)

d) Udara yang Diperlukan

Suatu silinder memerlukan jumlah debit udara tertentu untuk melakukan kerja sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 2.18 Arah aliran udara pada saat piston maju dan mundur

Pengujian ini menggunakan rumus (Simulasi Aplikasi Elektro Pneumatik dan PLC Sebagai Kendali Pintu Geser,2012):

$$Q \text{ maju} = A \times S \times n \left(\frac{P_e \times P_{atm}}{P_{atm}} \right) \text{ (litr/mnt) } \dots\dots 2.6$$

$$Q \text{ maju} = A_n \times S \times n \left(\frac{P_e \times P_{atm}}{P_{atm}} \right) \text{ (litr/mnt) } \dots\dots 2.7$$

Dimana :

S = Langkah (m)

Pe = Tekanan kerja efektif (N/m^2)

A = Luas penampang silinder (m^2)

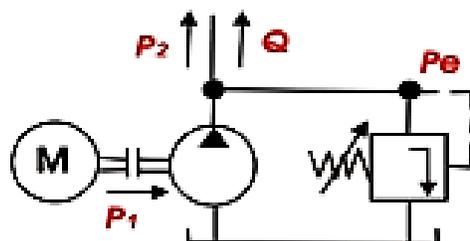
An = A-Ak = (m^2)

Ak = Luas batang piston (m^2)

n = Banyaknya langkah (kali/menit)

e) Perhitungan Daya Kompresor

Daya kompresor didapat dengan mengkalkulasikan jumlah udara yang harus dialirkan



kedalam silinder pneumatik, dapat dihitung dengan cara:

Gambar 2.19 Skema susunan motor dan kompresor

Pengujian ini menggunakan rumus (Simulasi Aplikasi Elektro Pneumatik dan PLC

Sebagai Kendali Pintu Geser,2012):

$$W_{komp} = \frac{Q \times (P_e + 2bar)}{60000} \text{ (KW) } \dots\dots 2.8$$

$$W_{mot} = \frac{W_{komp}}{\eta} \text{ (KW) } \dots\dots 2.9$$

Dimana :

W_{komp} = Daya *output* kompresor (KW)

W_{mot} = Daya motor (KW)

+ 2 bar = Untuk kerugian instalasi

2.2 Dasar Teori Elektro-Pneumatik

Elektropneumatik merupakan pengembangan dari pneumatik, dimana prinsip kerjanya memilih energi pneumatik sebagai media kerja (tenaga penggerak) sedangkan media kontrolnya mempergunakan sinyal elektrik ataupun elektronik. Sinyal elektrik dialirkan ke kumparan yang terpasang pada katup pneumatik dengan mengaktifkan sakelar, sensor ataupun sakelar pembatas yang berfungsi sebagai penyambung ataupun pemutus sinyal. Sinyal yang dikirimkan ke kumparan tadi akan menghasilkan medan elektromagnet dan akan mengaktifkan/mengaktuasikan katup pengatur arah sebagai elemen akhir pada rangkaian kerja pneumatik. Sedangkan media kerja pneumatik akan mengaktifkan atau menggerakkan elemen kerja pneumatik seperti motor-pneumatik atau silinder yang akan menjalankan sistem.

2.2.1 Komponen Elektro-Pneumatik

Bila energi listrik tersedia dan akan dipakai maka perlu diproses dan didistribusikan oleh komponen utama. Untuk mempermudah penunjukkannya maka komponen itu

digambarkan dalam bentuk simbol pada diagram rangkaiannya. Berikut ini adalah komponen utama dari elektro-pneumatik:

a) Sinyal Masukan Listrik (*Electrical Signal Input*)

Sinyal listrik pada teknik kontrol elektro-pneumatik diperlukan dan diproses tergantung pada gerakan langkah kerja elemen kerja. Sinyal listrik ini didapatkan bisa dengan cara mengaktifkan sakelar atau bisa juga dengan mengaktifkan sensor, misalkan sensor mekanik ataupun elektronik. Sinyal masukan listrik kerjanya tergantung kepada fungsi sinyal itu. Ada yang disebut “*Normally open*” (NO, pada kondisi tidak aktif sambungan tidak tersambung), “*Normally closed*” (NC, kondisi tidak aktif sambungan tersambung) dan “*Change Over*” (tersambung bergantian, kombinasi dari NO dan NC). Bagian-bagian dari komponen sinyal masukan listrik adalah sebagai berikut:

1. Sakelar tekan, dioperasikan manual

- Sakelar tekan biasa

Elemen sinyal masukan diperlukan untuk memungkinkan sebuah sistem kontrol dinyalakan. Yang paling umum dipakai adalah sakelar tekan (*Push-button switch*). Disebut sakelar tekan karena untuk mengalirkan sinyal, mengaktuasikannya dengan menekan tombol atau sakelar. Simbol yang digunakan:

- Sakelar tekan manual secara umum untuk kontak Sakelar tekan biasa NO (*General Push-button switch, NO*)
- Sakelar tekan manual, diaktifkan dengan cara Ditekan untuk kontak NO
- Sakelar tekan manual, diaktifkan dengan cara ditekan untuk kontak NC
- Sakelar tekan mengunci (*Latching Push-bottom Switches*)
- Sakelar tekan mengunci (*Latching Push-button switches*)

Sakelar ini diaktivasikan/diaktifkan dengan tombol yang mengunci. Adapun menguncinya sakelar ini disebabkan kerja mekanik. Untuk mengembalikan ke posisi semula (posisi tidak aktif) maka sakelar ini harus ditekan lagi. Penunjukkan sistem ini berdasarkan standardisasi Jerman, diatur dengan nomor DIN 43 065. Penunjukkan aktuasi: I tanda mengaktifkan, O tanda untuk mengembalikan ke posisi sebelum bekerja. Posisi penempatan sakelar:

- 1) Berjajar ke pinggir: pada posisi ini perlu diperhatikan bahwa tanda untuk mengaktifkan disimpan disebelah kanan.
- 2) Berjajar ke bawah: pada posisi ini tanda untuk mengaktifkan berada pada posisi atas.

Contoh sakelar tekan mengunci:

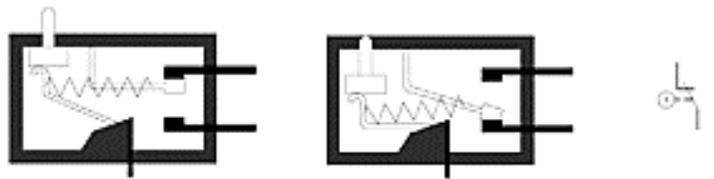


Gambar 2.20 Prinsip kerja sakelar tekan mengunci

Simbol-simbol yang digunakan:

- Sakelar mengunci manual, diaktifkan dengan cara ditekan untuk kontak NO
- Sakelar mengunci manual, diaktifkan dengan cara ditarik untuk kontak NC
- Sakelar mengunci manual, diaktifkan dengan cara diputar untuk kontak NO
- Sakelar Pembatas (Limit Switches)
 - Mekanik Tipe Sentuh (*Mechanical Limit Switches Contacting Type*)

Sakelar pembatas ini dipakai sebagai indikasi dalam kontrol otomasi yang menyatakan bahwa posisi ini merupakan posisi akhir baik itu untuk mesin ataupun untuk silinder. Biasanya sistem kontak yang dipakai adalah sistem tersambung bergantian (Change over). Sakelar pembatas ini akan bekerja bila tuas sakelar tertekan. Contoh konstruksi dan simbol sakelar pembatas mekanik:



Gambar 2.21 Konstruksi dan simbol sakelar pembatas mekanik

- Tipe tidak disentuh (Non-contacting Proximity Limit Switches)

Sakelar pembatas tipe ini biasanya dipakai bila sakelar pembatas mekanik tidak dapat digunakan. Macam sakelar pembatas tipe ini antara lain:

- i. Sakelar Pembatas (sensor)

Penggunaan sakelar ini biasanya dikarenakan keadaan sekitar yang tidak memungkinkan dipasangnya sakelar mekanik, misalnya karena banyaknya debu, pasir ataupun lembab. Sakelar ini diaktivasikan/diaktifkan dengan magnet yang terpasang pada silinder. Dengan adanya magnet maka kawat akan tersambung atau terputus bila magnet itu mendekati atau menjauhi kawat tersebut.

- ii. Sakelar Pembatas Induktif

Penggunaan sakelar ini biasanya saat pembatas mekanik ataupun tidak, tidak dapat digunakan. Biasa dipakai untuk sensor penghitung benda kerja yang terbuat dari logam, pada suatu mesin atau ban berjalan. Sakelar pembatas ini hanya akan beraksi atau terpakai untuk logam. Sakelar pembatas atau sensor ini

biasanya terdiri dari oscillator, pemicu tegangan dan penguat. Biasanya ada dua macam, yaitu yang dialiri arus bolak-balik dan arus searah, tapi keduanya mempunyai tegangan operasi antara 10–30 volt.

iii. Sakelar Pembatas Kapasitif

Sensor kapasitif ini mempunyai respons terhadap segala material, metal maupun non-metal. Tapi sensor ini terpengaruhi oleh adanya perubahan-perubahan yang diakibatkan keadaan sekelilingnya, misalnya dengan debu logam.

iv. Sakelar Pembatas Optik

Sensor ini memberi respons pada semua benda kerja. Sinyal masukannya berupa sinar.

b) Pengolah Sinyal Listrik

1. Relay

Relay adalah komponen untuk penyambung saluran dan pengontrol sinyal. Relay ini biasanya difungsikan dengan elektromagnet yang dihasilkan dari kumparan. Pada awalnya relay ini digunakan pada peralatan telekomunikasi yang berfungsi sebagai penguat sinyal. Tapi sekarang sudah umum didapatkan pada perangkat kontrol, baik pada permesinan ataupun yang lainnya.

Cara kerja relay :

Apabila pada lilitan dialiri arus listrik maka arus listrik tadi akan mengalir melalui lilitan kawat dan akan timbul medan magnet yang mengakibatkan pelat yang ada di dekat kumparan akan tertarik ataupun terdorong sehingga saluran dapat tersambung ataupun terputus. Hal ini tergantung apakah sambungannya NO atau NC. Bila tidak ada arus listrik maka pelat tadi akan kembali ke posisi semula karena ditarik dengan pegas.

Penunjukkan angka pada relay mempunyai arti sebagai berikut:

Angka yang pertama menunjukkan contactor yang beberapa sedangkan angka yang kedua selalu bernomor $\frac{3}{4}$ untuk relay NO dan $\frac{1}{2}$ untuk relay yang NC.

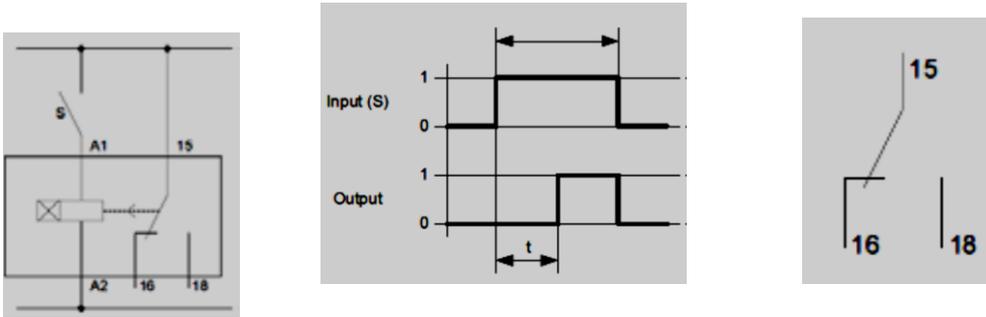
2. Relay Mengunci (*Latching relays*)

Latching relay adalah relay yang dikontrol dengan electromagnetic, dimana relay ini akan tetap berada pada posisi setelah diaktifkan walaupun sumber energi sudah diputuskan, seolah-olah terkunci pada posisi akhir. Sistem pengunci biasanya dengan mempergunakan kerja mekanik.

3. Relay Tunda Waktu

Berfungsi untuk menyambung kontaktor NO atau memutus kontaktor NC, dimana hubungan kontaktor diputuskan ataupun disambungkan tidak langsung seketika pada saat relay diaktifkan, melainkan perlu waktu. Waktu yang diperlukan untuk memutuskan ataupun menyambungkannya bisa diatur. Ada dua jenis relay tunda waktu, yaitu relay tunda waktu hidup (*time delay switch on*) dan relay tunda waktu mati (*time delay switch off*).

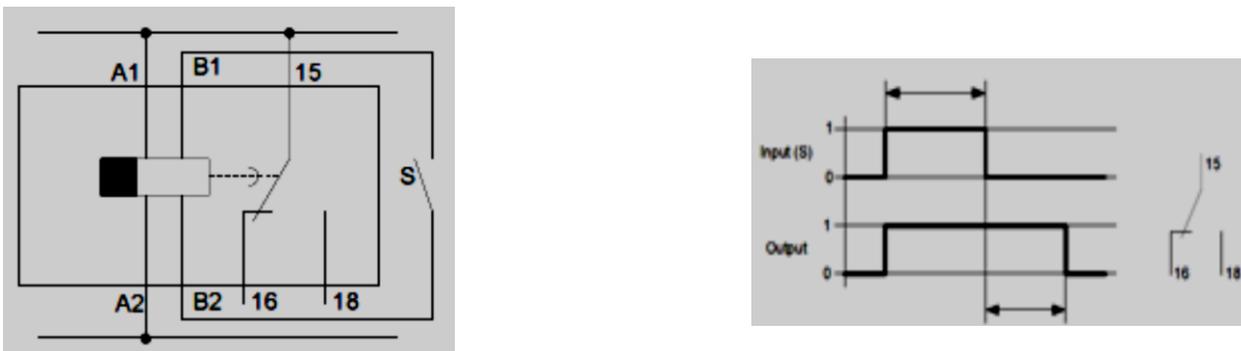
- *Time Delay Switch On Relay*



Gambar 2.22 Simbol dari *time delay switch on relay*

Bila sakelar S diaktifkan maka relay tunda waktu mulai bekerja. Ketika waktu yang ditentukan tercapai maka terminal 18 akan tersambungkan. Sinyal *output* (keluaran) akan ada selama sinyal *input* ada. Elemen tunda waktu digambarkan pada kotak yang dibatasi dengan garis strip.

- *Time Delay Switch Off Relay*



Gambar 2.23 Simbol dari *time delay switch off relay*

Bila sakelar S diaktifkan maka relay tunda waktu mulai bekerja. Sinyal *output* akan ada selama sinyal *input* ada. Tapi bila sinyal *input* diputus maka sinyal *output* tidak akan langsung hilang, melainkan tetap ada sampai batas waktu yang telah ditentukan. Elemen tunda waktu digambarkan pada kotak yang dibatasi dengan garis strip.

4. Solenoid

Solenoid yang sering digunakan pada Electro-pneumatik adalah Solenoid DC. Solenoid DC secara konstruktif selalu mempunyai inti yang pejal dan terbuat dari besi lunak. Dengan demikian mempunyai bentuk yang simple dan kokoh. Selain itu maksudnya agar diperoleh konduktansi optimum pada medan magnet. Bila solenoid DC diaktifkan (*switched on*) maka arus listrik yang mengalir meningkat secara perlahan. Ketika arus listrik dialirkan ke dalam kumparan akan terjadi elektromagnet. Selama terjadinya induksi akan menghasilkan gaya yang berlawanan dengan tegangan yang digunakan

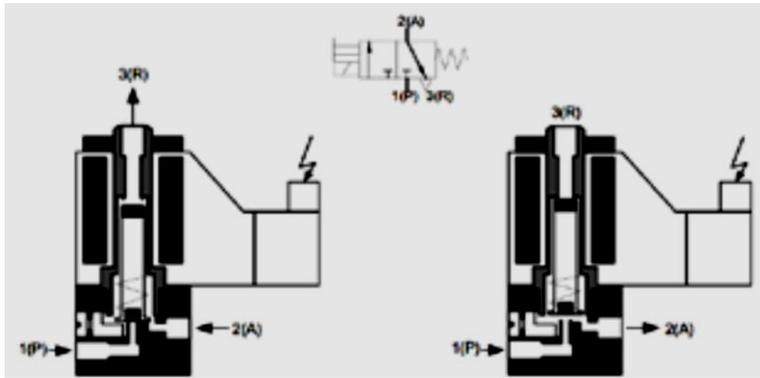
c) Elemen Akhir

Apabila suatu kontrol mempergunakan sinyal kontrolnya dengan sinyal listrik dan sinyal kerjanya mempergunakan pneumatik maka harus ada suatu alat yang dapat menggabungkan sinyal kontrol listrik dengan sinyal kerja pneumatik itu. Sistem yang menggabungkan sinyal kontrol dan sinyal kerja ini biasanya terdiri dari katup yang diaktuasikan dengan solenoid. Maksudnya adalah untuk menyalurkan sinyal kerja mempergunakan katup-katup pneumatik, sedangkan yang mengatur membuka atau menutup tersebut adalah arus listrik yang dialirkan ke kumparan kawat (solenoid).

1. Katup 3/2 diaktuasikan dengan sinyal listrik, kembali dengan pegas

- *Normally Closed 3/2*

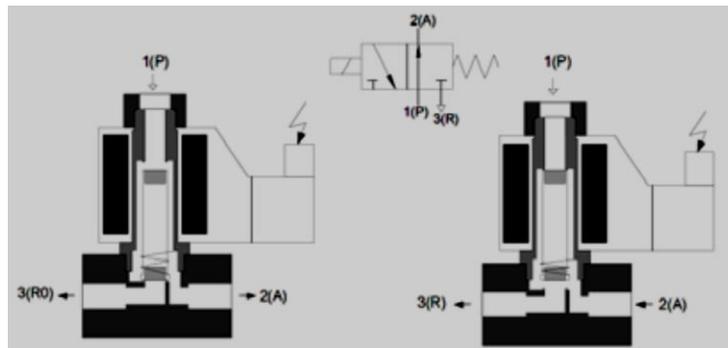
Katup 3/2 NC bekerja bila arus listrik dialirkan ke solenoid sehingga terbentuk elektromagnet yang mengakibatkan bergesernya armature dan selanjutnya udara dialirkan dari saluran masuk 1(P) ke saluran keluar 2(A). Sedangkan saluran 3(R) tertutup. Sebaliknya bila arus listrik diputuskan maka elektromagnet yang terbentuk pada solenoid menghilang dan berakibat saluran 1(P) tertutup sedangkan udara yang berada di saluran 2(A) akan dibuang melalui saluran buang 3(R).



Gambar 2.24 Konstruksi dan simbol *valve solenoid 3/2 normally closed*

- *Normally Open 3/2*

Katup ini kebalikan dari katup 3/2 NC. Jadi bila arus listrik tidak ada maka saluran 1(P) mengalirkan udara ke saluran 2(A) dan saluran 3(R) tertutup. Tapi bila solenoid dialiri



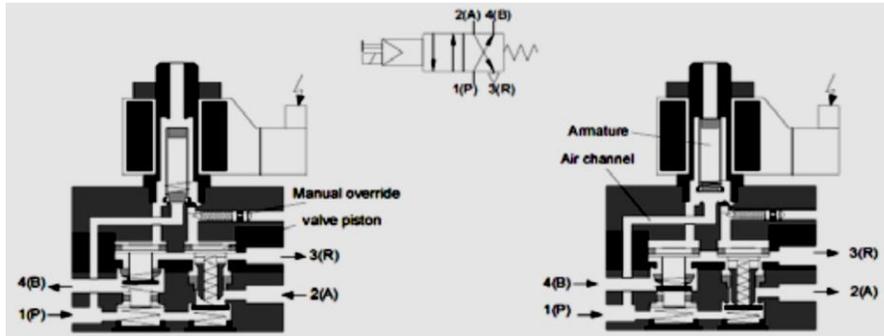
arus listrik, saluran 1(P) tertutup dan udara dari 2(A) dialirkan langsung ke 3(R).

Gambar 2.25 Konstruksi dan simbol *valve solenoid 3/2 normally open*

- Katup 3/2 Diaktuasikan Sinyal Listrik dan Kontrol Pneumatik, Kembali Dengan Pegas

Katup ini bila diaktifkan masih mempergunakan sinyal kontrol pneumatik. Sedangkan fungsi kumparan ini hanya untuk mengaktifkan sumbat yang ada pada katup, dengan demikian gaya elektromagnet yang diperlukan untuk mengaktifkan sumbat tidak terlalu besar. Dengan kata lain arus listrik yang diperlukan tidak terlalu besar pula. Prinsip

kerja saluran yang terdapat pada katup ini sama dengan prinsip kerja katup 3/2 yang telah dibahas di atas.



Gambar 2.26 Konstruksi dan simbol *valve solenoid 3/2* pengembali pegas

- Katup 4/2 diaktuasikan sinyal listrik dan kontrol pneumatik, kembali dengan pegas
Katup 4/2 pada prinsipnya terdiri dari 2 buah katup 3/2. Biasanya digunakan untuk mengaktuasikan silinder kerja ganda. Sinyal listrik digunakan seperti pada katup 3/2, berfungsi sebagai pembuka sumbat sedangkan yang mengatur katup piston adalah sinyal kontrol

2. Katup 4/2 diaktuasikan sinyal listrik dan kontrol pneumatik, kembali dengan pegas.

Katup 4/2 pada prinsipnya terdiri dari 2 buah katup 3/2. Biasanya digunakan untuk mengaktuasikan silinder kerja ganda. Sinyal listrik digunakan seperti pada katup 3/2, berfungsi sebagai pembuka sumbat sedangkan yang mengatur katup piston adalah sinyal kontrol.