

MODUL ELEKTRONIKA DAN MEKATRONIKA

PNEUMATIK DENGAN APLIKASINYA

OLEH MARYADI



MODUL PNEUMATIK DENGAN APLIKASINYA

Untuk Sekolah Menengah Kejuruan
Edisi Tahun 2017



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

MODUL PNEUMATIK DENGAN APLIKASINYA

Copyright © 2017, Direktorat Pembinaan SMK

All rights Reserved

Pengarah

Drs. H. Mustaghfirin Amin, M.BA

Direktur Pembinaan SMK

Penanggung Jawab

Arie Wibowo Khurniawan, S.Si. M.Ak

Kasubdit Program dan Evaluasi, Direktorat Pembinaan SMK

Ketua Tim

Arfah Laidiah Razik, S.H., M.A.

Kasi Evaluasi, Subdit Program dan Evaluasi, Direktorat Pembinaan SMK

Penyusun

Maryadi, S.Pd

(SMKN 3 Yogyakarta)

Desain dan Tata Letak

Rayi Citha Dwisendy, S.Ds

ISBN

Penerbit:

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Komplek Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Gedung E, Lantai 13

Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270

KATA PENGANTAR KASUBDIT PROGRAM DAN EVALUASI



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh
Salam Sejahtera,

Melalui Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 9 Tahun 2016 tentang Revitalisasi Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), dunia pendidikan khususnya SMK sangat terbantu karena akan terciptanya sinergi antar instansi dan lembaga terkait sesuai dengan tugas dan fungsi masing-masing dalam usaha mengangkat kualitas SMK. Kehadiran Buku Serial Revitalisasi SMK ini diharapkan dapat memudahkan penyebaran informasi bagaimana tentang Revitalisasi SMK yang baik dan benar kepada seluruh stakeholder sehingga bisa menghasilkan lulusan yang terampil, kreatif, inovatif, tangguh, dan sigap menghadapi tuntutan dunia global yang semakin pesat.

Buku Serial Revitalisasi SMK ini juga diharapkan dapat memberikan pelajaran yang berharga bagi para penyelenggara pendidikan Kejuruan, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan untuk mengembangkan pendidikan kejuruan yang semakin relevan dengan kebutuhan masyarakat yang senantiasa berubah dan berkembang sesuai tuntutan dunia usaha dan industri.

Tidak dapat dipungkiri bahwa pendidikan kejuruan memiliki peran strategis dalam menghasilkan manusia Indonesia yang terampil dan berkeahlian dalam bidang-bidang yang sesuai dengan kebutuhan.

Terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada semua pihak yang terus memberikan kontribusi dan dedikasinya untuk meningkatkan kualitas Sekolah Menengah Kejuruan. Buku ini diharapkan dapat menjadi media informasi terkait upaya peningkatan kualitas lulusan dan mutu Sumber Daya Manusia (SDM) di SMK yang harus dilakukan secara sistematis dan terukur.

Wassalamu`alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 2017

Kasubdit Program Dan Evaluasi
Direktorat Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR PENULIS

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya modul ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai modul untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) khususnya kompetensi keahlian Teknik Mekatronika. Diharapkan modul ini dapat menjadi acuan untuk pengembangan kompetensi siswa sebagai upaya dalam peningkatan daya saing di dunia usaha dan industri.

Modul Pneumatik ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian Modul Pneumatik ini disusun dengan tujuan agar supaya siswa dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan eksperimen ilmiah (penerapan *scientific*), dengan demikian siswa diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan paradigma baru secara mandiri.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya Modul Pneumatik di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Stuttgart, 8 April 2017

Penyusun

Maryadi, S.Pd

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR KASUBDIT PROGRAM DAN EVALUASI.....	i
KATA PENGANTAR PENULIS.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	viii
PETA KEDUDUKAN MODUL.....	ix
GLOSARIUM	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Standar Kompetensi	1
B. Deskripsi.....	1
C. Waktu.....	1
D. Prasyarat	2
E. Petunjuk Penggunaan Modul.....	2
F. Tujuan Akhir	2
G. Cek Penguasaan Standar Kompetensi.....	2
 BAB II PEMBELAJARAN.....	 6
A. Rencana Belajar Siswa	6
B. Kegiatan Belajar.....	6
1. Kegiatan Belajar 1 : Prinsip Dasar Pneumatik	6
2. Kegiatan Belajar 2 : Komponen Sistem Pneumatik.....	34
3. Kegiatan Belajar 3 : Penggambaran Diagram Rangkaian	72
 BAB III EVALUASI	 95
BAB IV PENUTUP.....	108
DAFTAR PUSTAKA	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Klasifikasi Elemen Sistem Pneumatik.....	9
Gambar 1.2. Simbol dan gambar Kompresor	10
Gambar 1.3. Klasifikasi Kompresor.....	11
Gambar 1.4. Kompresor Torak.....	12
Gambar 1.5. Kompresor Torak Dua Tingkat Sistem Pendingin Udara.....	13
Gambar 1.6. Kompresor Diafragma.....	14
Gambar 1.7. Kompresor Rotari Baling-baling Luncur	15
Gambar 1.8. Kompresor Sekrup	15
Gambar 1.9. Kompresor Model <i>Root Blower</i>	16
Gambar 1.10. Kompresor Aliran Radial	17
Gambar 1.11. Kompresor Aliran Aksial	18
Gambar 1.12. Tangki Udara	18
Gambar 1.13. Filter Udara	19
Gambar 1.14. Pemisah Air	20
Gambar 1.15 Tabung Pelumas	21
Gambar 1.16. <i>Regulator</i>	22
Gambar 1.17. Unit Pengolahan Udara Bertekanan	22
Gambar 1.18. Macam-macam jenis konduktor	24
Gambar 1.19. Macam-macam konektor	25
Gambar 1.20. Manometer	26
Gambar 2.1. Detail Pembacaan Katup 5/2	35
Gambar 2.2. Katup Bola	36
Gambar 2.3. Katup Piringan.....	36
Gambar 2.4. Prinsip Kerja Katup 3/2-Way NC	37
Gambar 2.5. Prinsip Kerja Katup 3/2-Way NO	38
Gambar 2.6. Prinsip Kerja Katup 4/2-Way	38
Gambar 2.7. Katup Non-Balik (<i>Non-Return Valve</i>).....	39
Gambar 2.8. Katup Pengontrol Aliran Dua Arah (<i>Two Way Flow Control</i>).....	39
Gambar 2.9. Katup Pengontrol Aliran Satu Arah (<i>One Way Flow Control</i>)	41
Gambar 2.10. <i>Shuttle Valve</i>	41

Gambar 2.11. <i>Shuttle Valve</i> Beserta Table Logika	42
Gambar 2.12. Katup Pembuangan Cepat (<i>Quick-Exhaust Valve</i>).....	43
Gambar 2.13. Katup Dua Tekanan (<i>Two-Pressure Valve</i>).....	44
Gambar 2.14. Katup Dua Tekanan (<i>Two-Pressure Valve</i>) beserta Simbol logika	44
Gambar 2.15. Katup Pengatur Tekanan.....	45
Gambar 2.16. Katup Rangkaian (<i>Sequence Valve</i>).....	46
Gambar 2.17. Katup Buka-Tutup (<i>Shut –Off Valve</i>).....	47
Gambar 2.18. Katup Penunda Waktu (<i>Time Delay Valve</i>)	48
Gambar 2.19. Katup Sekuen (<i>Pressure Sequence Valve</i>)	49
Gambar 2.20. Silinder Kerja Tunggal.....	57
Gambar 2.21. Silinder Membran (<i>Diapragma</i>)	58
Gambar 2.22. Silinder Rol Membran	58
Gambar 2.23. Silinder Kerja Ganda (<i>Double Acting Cylinder</i>).....	59
Gambar 2.24. Silinder kerja ganda <i>with Cushion</i>	60
Gambar 2.25. Motor Piston Radial dan Motor Axial.....	62
Gambar 2.26. Rotary Van Motor.....	62
Gambar 2.27. Aktuator Yang Berputar (<i>Rotary Actuator</i>).....	63
Gambar 3.1. Diagram rangkaian pneumatik	74
Gambar 3.2. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder pneumatik kerja tunggal secara langsung oleh sebuah <i>Push Button</i> (PB)	75
Gambar 3.3. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder pneumatik kerja tunggal secara langsung, dan memanfaatkan katup pembuangan cepat untuk maksud Go- lebih cepat dari pada Go+.....	76
Gambar 3.4. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda secara tidak langsung.....	78

Gambar 3.5. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja tunggal atau ganda secara tak langsung oleh dua buah push button (PB).....	79
Gambar 3.6. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja tunggal atau ganda secara tak langsung oleh tiga buah PB, dua PB untuk Go+, sebuah PB untuk Go	80
Gambar 3.7. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja tunggal atau ganda secara tak langsung oleh tiga buah PB, dua PB untuk Go+ lewat katup logika AND, sebuah PB untuk Go-.....	82
Gambar 3.8. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja tunggal atau ganda secara tak langsung sebuah PB, dan sebuah LS sebagai pengembali otomatis.	83
Gambar 3.9. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja ganda secara langsung oleh sebuah PB, dan dua buah LS sebagai pengembali otomatis.	85
Gambar 3.10. Alat penyortir (<i>Sorting Device</i>).....	86
Gambar 3.11. Rangkaian Kontrol Langsung Silinder	87
Gambar 3.12. Alat Penuang.....	88
Gambar 3.13. Rangkaian Kontrol Tidak Langsung.....	89
Gambar 3.14. Mesin Perakit	90
Gambar 3.15. Rangkaian fungsi logika DAN silinder tunggal.....	90
Gambar 3.16. Rangkaian fungsi logika DAN silinder ganda.....	91
Gambar 3.17. Kontrol penutup	91

Gambar 3.18. Rangkaian fungsi logika ATAU silinder ganda 92

Gambar 3.19. Alat penekuk..... 93

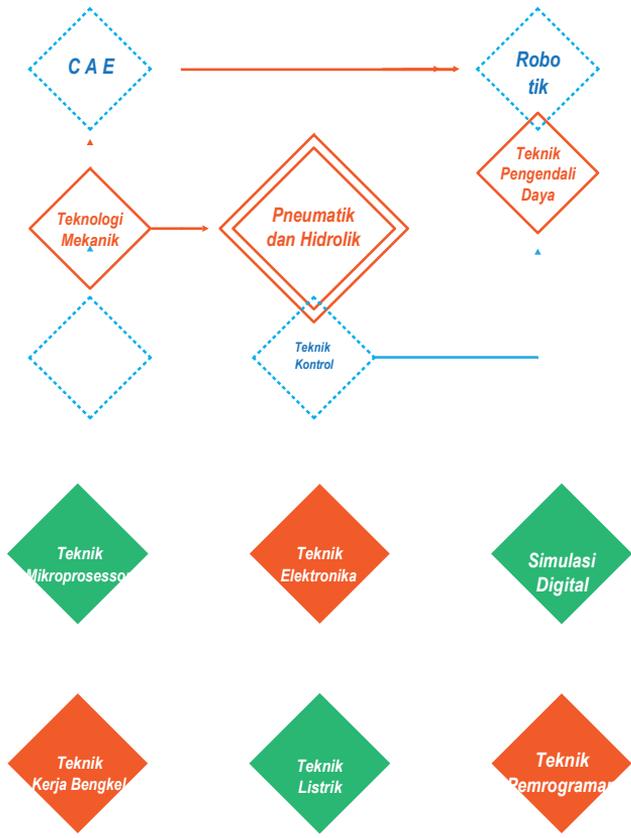
Gambar 3.20. Rangkaian pneumatik alat penekuk 94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis Simbol Katup Pengontrol Aliran Dua Arah (<i>Two Way Flow Control</i>)	40
Tabel 2.2. Cara Menggambar Dan Membaca Simbol Katup Pneumatik	49
Tabel 2.3. Cara pembuangan udara dari katup pneumatic	51
Tabel 2.4. Tanda-tanda dan Penomeran pada lubang katup pneumatic.....	51
Tabel 2.5. Ringkasan katup pengarah dari macam-macam katup	52
Tabel 2.6. Pengaktifan katup pneumatik secara mekanik.....	53
Tabel 2.7. Pengaktifan katup pneumatik secara pneumatis.....	53
Tabel 2.8. Pengaktifan katup pneumatik secara listrik dan kombinasi.....	54
Tabel 2.9. Pontoh penggambaran katup secara operasional.....	54
Tabel 2.10. Simbol-Symbol Gerak Lurus (<i>Linier Actuator</i>)	55
Tabel 2.11. Simbol-Symbol Gerak Putar (<i>Rotary Actuator</i>)	56
Tabel 2.12. Macam-Macam Silinder Kerja Ganda	61
Tabel 2.13. Jenis-Jenis Pemasangan Silinder Pneumatik.....	64

PETA KEDUDUKAN MODUL

Struktur kurikulum bidang keahlian Teknologi dan Rekayasa program keahlian Teknik Elektronika paket keahlian Teknik Mekatronika.



 **Kimia**  **Fisika**  **Gambar Teknik**

GLOSARIUM

Aktuator	: Bagian keluaran untuk mengubah energi suplai menjadi energi kerja yang dimanfaatkan.
Aktuator linier	: Aktuator yang keluarannya berbentuk gerakan linier (lurus).
Aktuator putar	: Aktuator yang keluarannya berbentuk gerakan putar (berayun).
<i>Control valve</i>	: Katup pengontrol
<i>Filter</i>	: Penyaring/Pemisah.
Pengering udara	: Suatu peralatan yang berfungsi mengeringkan udara dari kompresor yang dibutuhkan oleh sistem.

BAB I PENDAHULUAN

A. Standar Kompetensi

Standar Kompetensi : Menjelaskan dasar-dasar pneumatik

Kompetensi Dasar :

1. Memahami proses penyediaan udara bertekanan yang kering dan bersih
2. Menjelaskan macam-macam komponen pneumatik dan cara kerjanya yang digunakan untuk mengoperasikan suatu mesin
3. Menunjukkan komponen-komponen pada rangkaian pneumatik dengan melihat simbolnya

B. Deskripsi

Modul ini membahas tentang dasar-dasar pneumatik yang di dalamnya terdapat komponen-komponen pneumatik yaitu unit tenaga, unit penggerak dan unit pelayanan seperti silinder dan katup pneumatik. Modul ini juga membahas tentang macam-macam katup kontrol arah, katup kontrol aliran, katup fungsi logika dan katup tekanan serta katup tunda waktu.

Setelah selesai mempelajari komponen-komponen pneumatik, diharapkan akan memudahkan kita dalam mempelajari aplikasi rangkaian pneumatik untuk memecahkan persoalan-persoalan mesin pneumatik.

C. Waktu

Waktu yang digunakan untuk mempelajari modul ini selama 40 jam pembelajaran.

D. Prasyarat

Mata Pelajaran Pneumatik dan Hidrolik kelas XI merupakan pelajaran yang tergabung dalam pelajaran C3 pada paket keahlian Teknik Mekatronika. Pelajaran ini diberikan bersamaan dengan pelajaran Mekanika & Elemen Mesin, Teknologi Mekanik dan Teknik Kontrol. Untuk mempelajari ini pelajaran pendukungnya adalah pelajaran C1 yaitu Fisika dan Gambar Teknik, dan pelajaran C2 yaitu Teknik Listrik dan Teknik Elektronika.

E. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini dapat digunakan siswa SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa, terutama untuk program studi keahlian Teknik Mesin, Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik dan Teknik Elektronika yang ingin mempelajari pneumatik.

F. Tujuan Akhir

Setelah selesai mengikuti pelajaran siswa harus dapat:

1. Memahami prinsip dasar pneumatik
2. Mengetahui karakteristik udara kempa
3. Mengetahui aplikasi penggunaan pneumatik
4. Memahami klasifikasi sistem pneumatik
5. Mengetahui peralatan pengolahan udara bertekanan
6. Memahami pemeriksaan udara bertekanan
7. Mengetahui peralatan distribusi udara

G. Cek Penguasaan Standar Kompetensi

Syarat untuk mempelajari modul pneumatik ini adalah siswa harus terlebih dahulu menguasai kompetensi Teknologi Mekanik. Oleh karena itu, apabila siswa mampu mengerjakan soal dibawah ini dengan nilai minimal 70 maka siswa tersebut lulus dan berhak mempelajari modul ini. Jika nilai siswa masih kurang 70 maka siswa yang bersangkutan tidak dapat melanjutkan mempelajari modul ini.

Berikut soal untuk mengecek penguasaan standar kompetensi Teknologi Mekanik.

Kerjakan soal di bawah ini dengan memilih salah satu jawaban yang tepat :

1. Yang merupakan peralatan untuk mengukur benda kerja adalah
 - a) Mistar baja
 - b) Penggores
 - c) Jangka
 - d) Penitik

2. Dalam pekerjaan penggoresan pada pelat atau besi, peralatan yang dipakai adalah
 - a) Pensil
 - b) Jarum gores
 - c) Ballpoint
 - d) Kapur tulis

3. Fungsi dari proses pengetapan adalah
 - a) Membuat ulir dalam
 - b) Membuat ulir luar
 - c) Membuat kepala baut
 - d) Melubangi mur

4. Pekerjaan yang menggunakan alat bantu perkakas tangan adalah
 - a) Penggoresan
 - b) Pemahatan
 - c) Pengguntingan
 - d) Semua jawaban benar

5. Dibawah ini merupakan macam-macam kikir menurut bentuknya, kecuali
 - a) Kikir oval
 - b) Kikir bulat
 - c) Kikir segi tiga
 - d) Kikir bujur sangkar/kotak

6. Perkakas yang dipakai untuk memotong atau memisahkan benda kerja adalah
 - a) Kikir
 - b) Jarum penggores
 - c) Kunci inggris
 - d) Gergaji

7. Yang merupakan peralatan untuk membuat tanda pengeboran adalah
 - a) Mistar baja
 - b) penggores
 - c) Jangka
 - d) Penitik

8. Jarak maksimal ketinggian siku pekerja yang sedang berdiri dengan permukaan ragum adalah
 - a) 1 sampai 10 cm
 - b) 3 sampai 7 cm
 - c) 5 sampai 8 cm
 - d) 7 sampai 15 cm

9. Kemiringan kaki kiri dan kanan pada saat mengikir
 - a) 30° dan 75°
 - b) 45° dan 90°
 - c) 30° dan 60°
 - d) 15° dan 45°

10. Alat yang dipakai untuk menitik
 - a) Jarum penitik
 - b) Jangka
 - c) Mistar geser
 - d) Pahat pipih

Kunci Jawaban Soal Cek Penguasaan Kompetensi

1. a
2. b
3. a
4. d
5. c
6. d
7. d
8. d
9. c
10. a

BAB II

PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Siswa

Rencana belajar siswa dilaksanakan selama 40 jam pembelajaran dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Kegiatan Belajar 1 dilaksanakan selama 8 jam.
2. Kegiatan Belajar 2 dilaksanakan selama 8 jam.
3. Kegiatan Belajar 3 dilaksanakan selama 24 jam

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1 : Prinsip Dasar Pneumatik

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat :

- 1) Memahami pengertian pneumatik
- 2) Mengetahui karakteristik udara
- 3) Mengetahui aplikasi penggunaan pneumatik
- 4) Memahami keuntungan dan kerugian udara pada Sistem pneumatik
- 5) Memahami klasifikasi Sistem pneumatik
- 6) Memahami *energy supply* / unit penyedia tenaga
- 7) Memahami pemeriksaan udara bertekanan
- 8) Mengetahui peralatan distribusi udara bertekanan

b. Uraian Materi

Prinsip Dasar Pneumatik

1. Pengertian Pneumatik

Secara istilah pneumatik berasal dari kata '*pneuma*' dalam bahasa Yunani yang artinya ; 'tiupan angin'. Secara historis seorang bangsa Yunani bernama

Ktezibios dianggap sebagai orang yang pertama kali menggunakan alat pneumatik. Ia membuat sebuah meriam, dengan dengan prinsip pemampatan udara untuk menembakkan sebuah proyektil. Namun secara definisi, artinya ; “salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari fenomena udara yang dimampatkan (bertekanan) sehingga tekanan yang terjadi akan menghasilkan gaya sebagai penyebab gerak / aktuasi pd aktuator”.

2. Karakteristik Udara

Udara merupakan campuran dari bermacam-macam gas. Komposisi dari macam-macam gas tersebut adalah sebagai berikut : 78 % vol. gas 21 % vol. nitrogen, dan 1 % gas lainnya seperti *carbon dioksida*, *argon*, *helium*, *krypton*, *neon* dan *xenon*. Dalam Sistem pneumatik udara difungsikan sebagai media transfer dan sebagai penyimpan tenaga (daya) yaitu dengan cara dikempa atau dimampatkan. Udara termasuk golongan zat fluida karena sifatnya yang selalu mengalir dan bersifat *compressible* (dapat dikempa). Sifat-sifat udara senantiasa mengikuti hukum-hukum gas.

Karakteristik udara dapat diidentifikasi sebagai berikut : a) Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah; b) Volume udara tidak tetap; c) Udara dapat dikempa (dipadatkan); d) Berat jenis udara 1,3 kg/m³; e) Udara tidak berwarna.

3. Aplikasi Penggunaan Pneumatik

Penggunaan Pneumatik digunakan untuk melakukan gerakan mekanik yang selama ini dilakukan oleh tenaga manusia, seperti menggeser, mendorong, mengangkat, menekan, dan lain sebagainya. Gerakan mekanik tersebut dapat dilakukan juga oleh komponen pneumatik, yang disebut sebagai aktuator pneumatik. Perpaduan dari gerakan mekanik oleh aktuator pneumatik dapat dipadu menjadi gerakan mekanik untuk keperluan proses produksi di industri yang antara lain untuk keperluan: membungkus, mengisi material, mengatur distribusi material, penggerak poros, membuka dan menutup pada pintu, transportasi barang, memutar benda kerja, menumpuk/menyusun material, menahan dan menekan benda kerja. Melalui gerakan rotasi pneumatik dapat digunakan untuk mengebor, memutar mengencangkan dan mengendorkan

mur/baut, memotong, membentuk profil plat, proses penghalusan (gerinda, pasah, dll.).

4. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Udara dalam Sistem Pneumatik

Keuntungan penggunaan udara dalam Sistem pneumatik antara lain sebagai berikut:

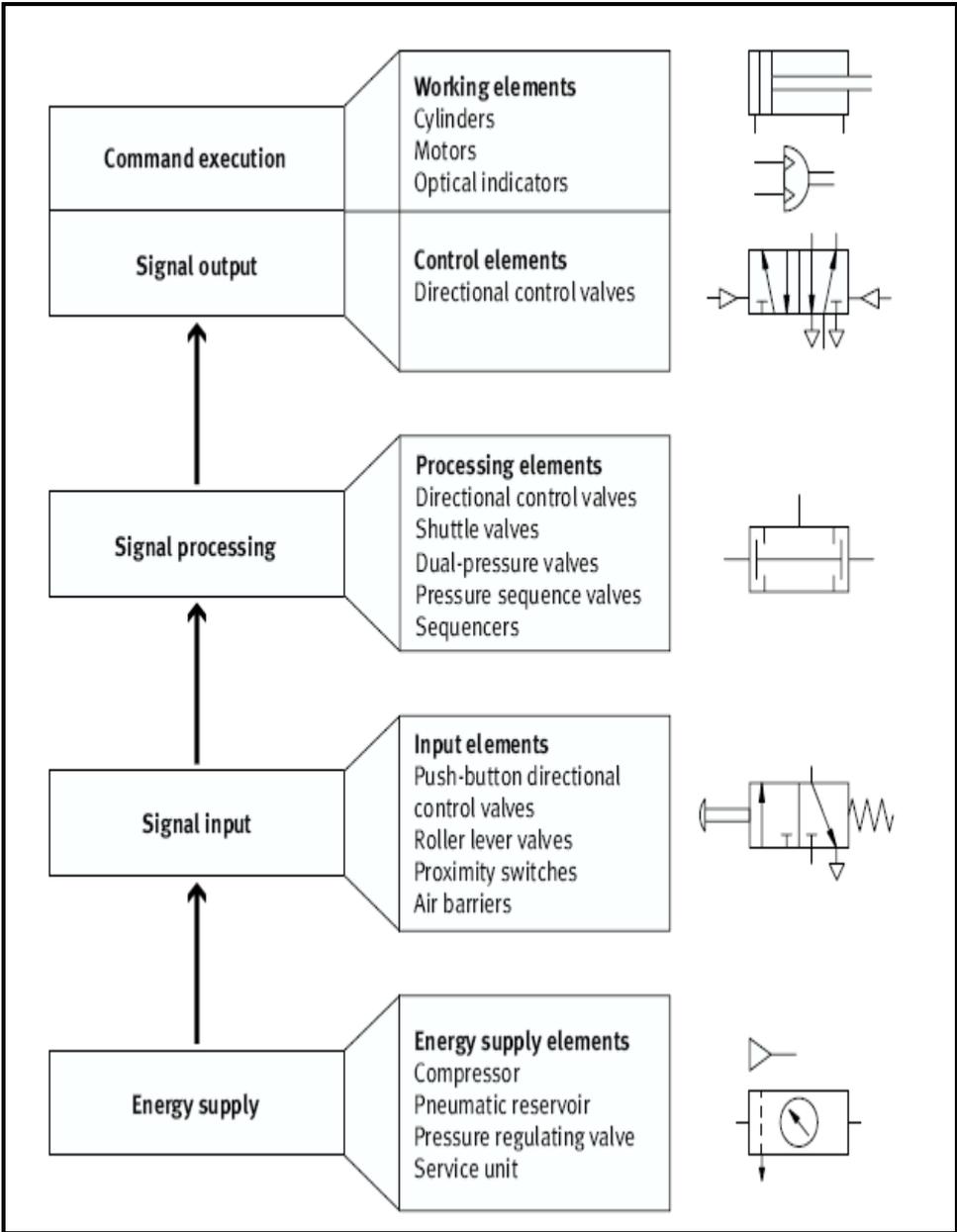
- a. Jumlahnya tidak terbatas
- b. Udara mempunyai sifat mudah disalurkan
- c. Udara memiliki fleksibilitas temperature
- d. Aman
- e. Pemindahan daya dan kecepatan sangat mudah diatur,
- f. Dapat disimpan
- g. Mudah dimanfaatkan

Selain memiliki keuntungan seperti di atas, penggunaan udara dalam Sistem pneumatik juga memiliki beberapa kerugian, antara lain:

- a. Memerlukan instalasi peralatan penghasil udara.
- b. Mudah terjadi kebocoran.
- c. Menimbulkan suara bising.
- d. Mudah mengembun.

5. Klasifikasi Sistem Pneumatik

Sistem elemen pada pneumatik memiliki bagian-bagian yang mempunyai fungsi berbeda. Secara garis besar Sistem elemen pada pneumatik dapat digambarkan pada skema berikut:

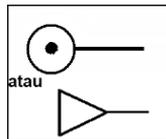


Gambar 1.1. Klasifikasi Elemen Sistem Pneumatik

6. Energy Supply / Unit Penyedia Tenaga

a. Kompresor

Kompresor berfungsi menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara kemudian disimpan di dalam tangki udara kempa untuk disuplai kepada pemakai (Sistem pneumatik). Simbol kompresor dalam Sistem pneumatik.



Gambar 1.2. Simbol dan gambar Kompresor

Klasifikasi Kompresor

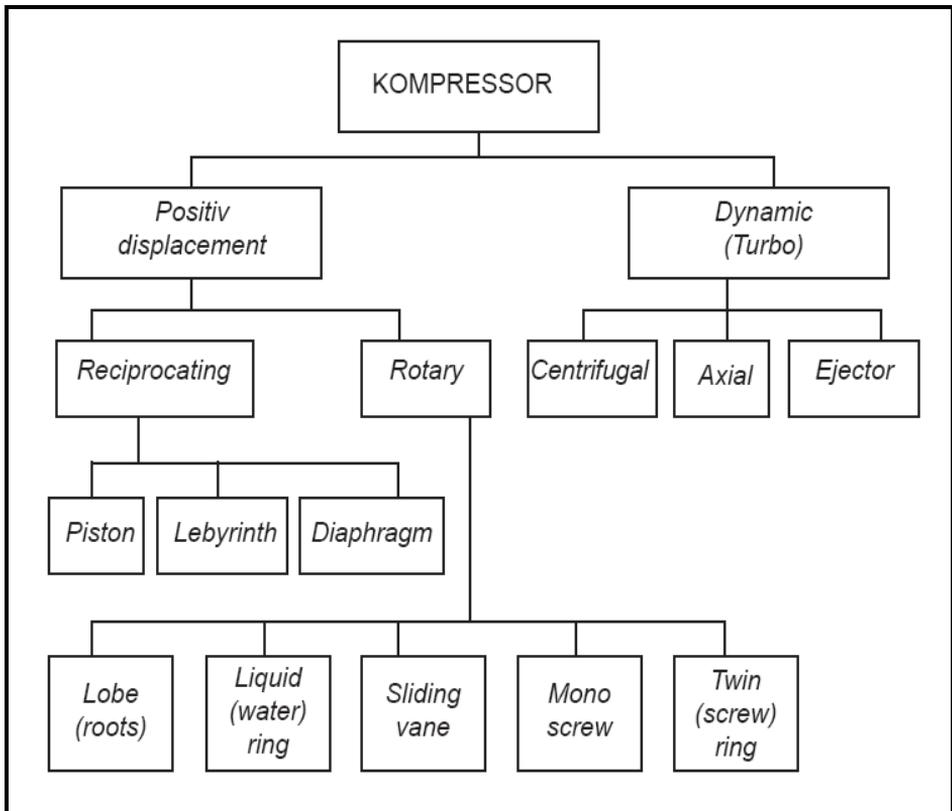
Secara garis besar kompresor dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian, yaitu:

1. *Positive Displacement Kompresor*

Kompresor yang bekerja dengan prinsip pemindahan di mana udara dikompresi dan diisikannya ke dalam suatu ruangan.

2. *Dynamic Kompresor*

Kompresor yang bekerja dengan prinsip aliran udara yaitu dengan cara menyedot udara masuk ke dalam Bagian satu sisi dan memampatkannya dengan cara percepatan masa.



Gambar 1.3. Klasifikasi Kompresor

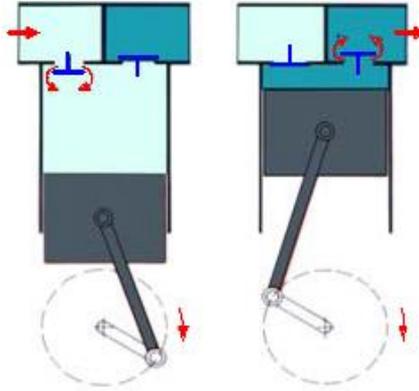
1. Positive Displacement Compressor

a) Kompresor Torak Resiprokal (*Reciprocating Compressor*)

1) Kompresor Torak

Pemasukan udara diatur oleh katup masuk dan dihisap oleh torak yang gerakannya menjauhi katup. Pada saat terjadi pengisapan, tekanan udara di dalam silinder mengecil, sehingga udara luar akan masuk ke dalam silinder secara alami. Pada saat gerak kompresi torak bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas, sehingga udara di atas torak bertekanan tinggi, selanjutnya di masukkan ke dalam tabung penyimpanan udara. Tabung penyimpanan dilengkapi dengan katup satu arah, sehingga udara yang ada dalam tangki tidak akan kembali ke silinder. pada umumnya bila tekanan dalam tabung telah

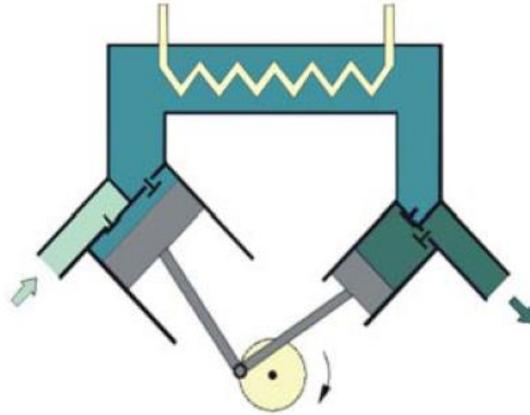
melebihi kapasitas, maka katup pengaman akan terbuka, atau mesin penggerak akan mati secara otomatis.



Gambar 1.4. Kompresor Torak

2) Kompresor Torak Dua Tingkat Sistem Pendingin Udara

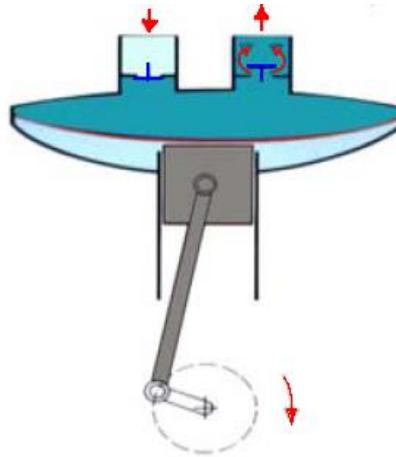
Kompresor udara bertingkat digunakan untuk menghasilkan tekanan udara yang lebih tinggi. Udara masuk akan dikompresi oleh torak pertama, kemudian didinginkan, selanjutnya dimasukkan dalam silinder kedua untuk dikompresi oleh torak kedua sampai pada tekanan yang diinginkan. Pemampatan (pengompresian) udara tahap kedua lebih besar, temperatur udara akan naik selama terjadi kompresi, sehingga perlu mengalami proses pendinginan dengan memasang Sistem pendingin. Metode pendinginan yang sering digunakan misalnya dengan Sistem udara atau dengan Sistem air bersirkulasi. Batas tekanan maksimum untuk jenis kompresor torak resiprokal antara lain, untuk kompresor satu tingkat tekanan hingga 4 bar, sedangkan dua tingkat atau lebih tekanannya hingga 15 bar.



Gambar 1.5. Kompresor Torak Dua Tingkat Sistem Pendingin Udara

3) Kompresor Diafragma (*Diaphragm Compressor*)

Kompresor ini termasuk dalam kelompok kompresor torak. Namun letak torak dipisahkan melalui sebuah membran diafragma. Adanya pemisahan ruangan ini udara akan lebih terjaga dan bebas dari uap air dan pelumas/oli. Prinsip kerjanya hampir sama dengan kompresor torak. Perbedaannya terdapat pada Sistem kompresi udara yang akan masuk ke dalam tangki penyimpanan udara bertekanan. Torak pada kompresor diafragma tidak secara langsung menghisap dan menekan udara, tetapi menggerakkan sebuah membran (*diafragma*) dulu. Dari gerakan *diafragma* yang kembang Kempis itulah yang akan menghisap dan menekan udara ke tabung penyimpan.

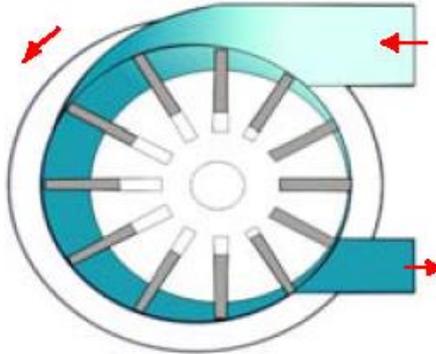


Gambar 1.6. Kompresor Diafragma

b) Kompresor Putar (*Rotary Compressor*)

1) Kompresor Rotari Baling-Baling Luncur

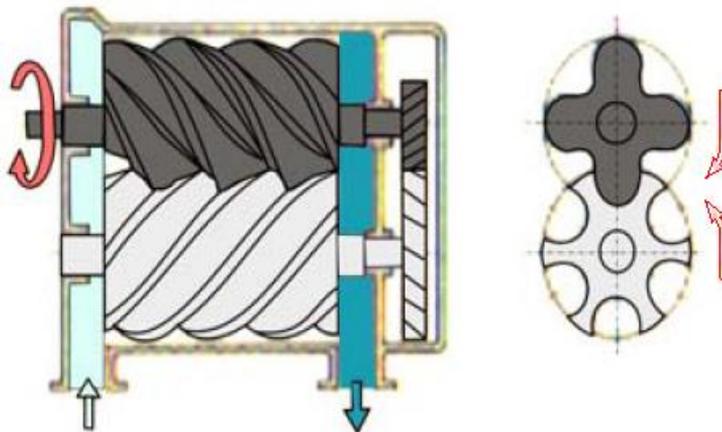
Secara eksentrik rotor dipasang berputar dalam rumah yang berbentuk silindris, mempunyai lubang-lubang masuk dan keluar. Keuntungan dari kompresor jenis ini adalah mempunyai bentuk yang pendek dan kecil, sehingga menghemat ruangan. Bahkan suaranya tidak berisik dan halus dalam putarannya, dapat menghantarkan dan menghasilkan udara secara terus menerus dengan mantap. Baling-baling luncur dimasukkan ke dalam lubang yang tergabung dalam rotor dan ruangan dengan bentuk dinding silindris. Ketika rotor mulai berputar, energi gaya sentrifugal baling-balingnya akan melawan dinding. Karena bentuk dari rumah baling-baling itu sendiri yang tidak sepusat dengan rotornya maka ukuran ruangan dapat diperbesar atau diperkecil menurut arah masuknya (mengalirnya) udara.



Gambar 1.7. Kompresor Rotari Baling-baling Luncur

2) Kompresor Sekrup

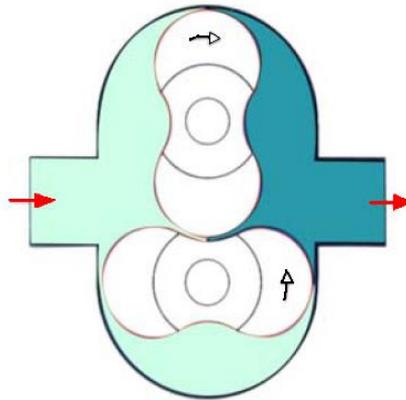
Kompresor Sekrup memiliki dua rotor yang saling berpasangan atau bertautan (*engage*), yang satu mempunyai bentuk cekung, sedangkan lainnya berbentuk cembung, sehingga dapat memindahkan udara secara aksial ke sisi lainnya. Kedua rotor itu identik dengan sepasang roda gigi *helix* yang saling bertautan. Jika roda-roda gigi tersebut berbentuk lurus, maka kompresor ini dapat digunakan sebagai pompa hidrolik pada pesawat-pesawat hidrolik. Roda-roda gigi kompresor sekrup harus diletakkan pada rumah-rumah roda gigi dengan benar sehingga betul-betul dapat menghisap dan menekan fluida.



Gambar 1.8. Kompresor Sekrup

3) Kompresor Sayap Kupu-Kupu (*Root Blower Compressor*)

Kompresor jenis ini akan mengisap udara luar dari satu sisi ke sisi yang lain tanpa ada perubahan volume. Torak membuat penguncian pada bagian sisi yang bertekanan. Prinsip kompresor ini ternyata dapat disamakan dengan pompa pelumas model kupu-kupu pada sebuah motor bakar. Beberapa kelemahannya adalah: tingkat kebocoran yang tinggi. Kebocoran terjadi karena antara baling-baling dan rumahnya tidak dapat saling rapat betul. Berbeda jika dibandingkan dengan pompa pelumas pada motor bakar, karena fluidanya adalah minyak pelumas maka film-film minyak sendiri sudah menjadi bahan perapat antara dinding rumah dan sayap-sayap kupu itu. Dilihat dari konstruksinya, Sayap kupu-kupu di dalam rumah pompa digerakan oleh sepasang roda gigi yang saling bertautan juga, sehingga dapat berputar tepat pada dinding.



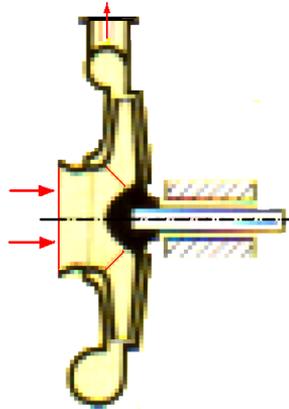
Gambar 1.9. Kompresor Model *Root Blower*

2. *Dynamic Compressor*

1) Kompresor Aliran Radial

Percepatan yang ditimbulkan oleh kompresor aliran radial berasal dari ruangan ke ruangan berikutnya secara radial. Pada lubang masuk pertama udara dilemparkan keluar menjauhi sumbu. Bila kompressornya bertingkat, maka dari tingkat pertama udara akan dipantulkan kembali mendekati sumbu. Dari tingkat pertama masuk lagi ke tingkat berikutnya, sampai beberapa tingkat sesuai yang

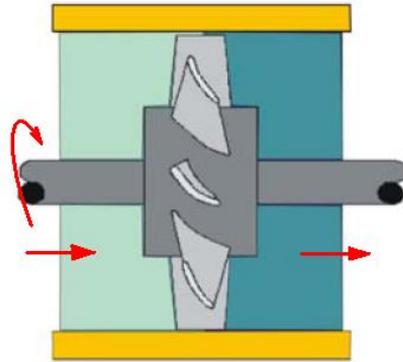
dibutuhkan. Semakin banyak tingkat dari susunan sudu-sudu tersebut maka akan semakin tinggi tekanan udara yang dihasilkan. Prinsip kerja kompresor radial akan mengisap udara luar melalui sudu-sudu rotor, udara akan terisap masuk ke dalam ruangan isap lalu dikompresi dan akan ditampung pada tangki penyimpanan udara bertekanan hingga tekanannya sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 1.10. Kompresor Aliran Radial

2) Kompresor Aliran Aksial

Pada kompresor aliran aksial, udara akan mendapatkan percepatan oleh sudu yang terdapat pada rotor dan arah alirannya ke arah aksial yaitu searah (sejajar) dengan sumbu rotor. Jadi pengisapan dan penekanan udara terjadi saat rangkaian sudu-sudu pada rotor itu berputar secara cepat. Putaran cepat ini mutlak diperlukan untuk mendapatkan aliran udara yang mempunyai tekanan yang diinginkan. Teringat pula alat semacam ini adalah seperti kompresor pada Sistem turbin gas atau mesin mesin pesawat terbang turbo propeller. Bedanya, jika pada turbin gas adalah menghasilkan mekanik putar pada porosnya. Tetapi, pada kompresor ini tenaga mekanik dari mesin akan memutar rotor sehingga akan menghasilkan udara bertekanan.

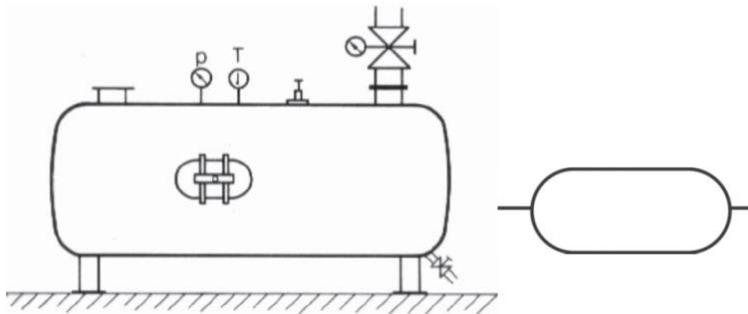


Gambar 1.11. Kompresor Aliran Aksial

b. Tangki udara (reservoir)

Berfungsi untuk menyimpan udara bertekanan hingga pada tekanan tertentu hingga pengisian akan berhenti, kemudian dapat digunakan sewaktu-waktu diperlukan. Selain itu, penampung udara bertekanan (tangki angin/*receiver*) juga berfungsi untuk menstabilkan pemakaian angin. Penampung udara bertekanan yang paling banyak dipakai adalah bentuk tangki karena mempunyai sifat dapat memperhalus fluktuasi tekanan dalam jaringan ketika udara dipakai oleh jaringan tersebut. Ukuran dari penampung udara bertekanan tergantung kepada:

- Penghantaran volume kompresor (debit kompresor)
- Pemakaian udara
- Jaringan (apakah ada penambahan volume)
- Jenis pengaturan
- Perbedaan tekanan yang diijinkan dalam jaringan



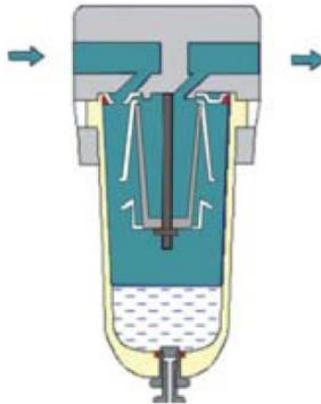
Gambar 1.12. Tangki Udara

c. Peralatan Pengolahan Udara Bertekanan (*Pressure Regulating Valve*)

Pengolahan udara bertekanan agar memenuhi persyaratan diperlukan peralatan yang memadai, antara lain:

1. Filter Udara (*Air Filter*)

Berfungsi sebagai alat penyaring udara yang diambil dari udara luar yang masih banyak mengandung kotoran. Filter berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel yang terbawa seperti debu, oli residu, dsb.



Gambar 1.13. Filter Udara

2. Pengering Udara (*Air Dryer*)

Ada tiga Sistem pengeringan udara yang lazim digunakan untuk kebutuhan peralatan pneumatik, yaitu:

1. Pengeringan dengan cara penyerapan

Sistem pengeringan ini memakai proses kimia. Proses pengeringan dimaksudkan untuk menghisap zat-zat yang berbentuk gas dalam zat padat atau zat cair. Penyaringan awal akan memisahkan udara bertekanan dari tetesan-tetesan air dan minyak yang lebih besar.

2. Pengeringan dengan cara endapan

Sistem pengeringan ini didasarkan atas proses kimia. Pengendapan yang dimaksud adalah pengendapan zat-zat pada permukaan benda padat. Medium pengeringannya berupa bahan yang berisi butir-butir kecil tepinya berbentuk runcing, dapat juga berbentuk seperti butiran-butiran

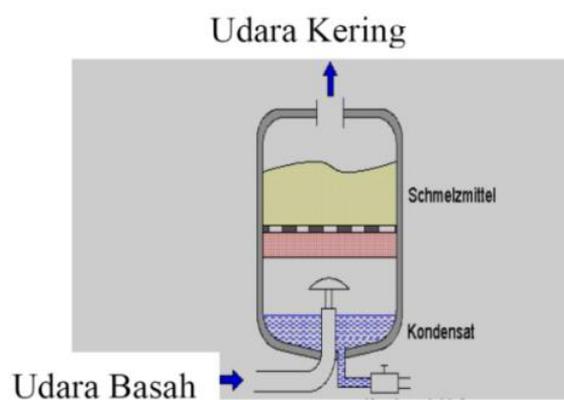
keringat. Medium pengeringan hampir sepenuhnya terdiri dari silicon dioksida.

3. Pengeringan dengan suhu rendah

Proses pengeringan ini bekerja atas dasar prinsip menurunkan titik embun. Angin didinginkan mengalir ke dalam suhu rendah pengering. Angin tadi mengalir melalui perubah udara panas di bagian pertama peralatan. Udara yang masuk ini didinginkan oleh udara sejuk tapi kering yang dialirkan dari tempat khusus yaitu perubah udara panas (*evaporator*).

3. Pemisah Air

Udara bertekanan yang keluar melalui filter masih mengandung uap air. Kelembaban dalam udara bertekanan menyebabkan korosi pada saluran, sambungan, katup, alat yang tidak dilindungi sehingga harus dikeringkan dengan cara memisahkan air melalui tabung pemisah air.



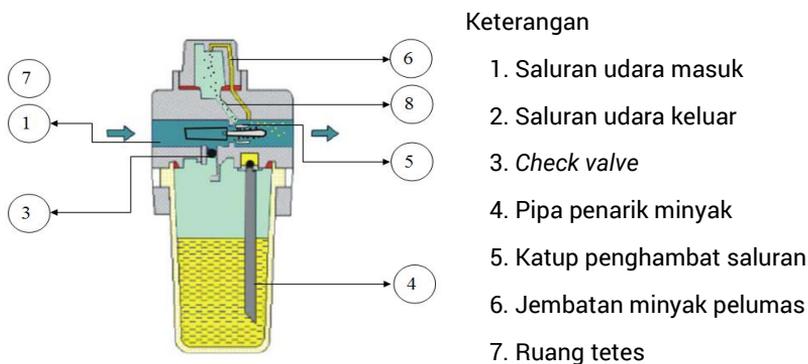
Gambar 1.14. Pemisah Air

4. Pelumasan Udara Bertekanan

Komponen Sistem pneumatik memerlukan pelumasan (*lubrication*) agar tidak cepat aus, serta dapat mengurangi panas yang timbul akibat gesekan. Oleh karena itu udara bertekanan harus mengandung kabut pelumas yang diperoleh dari tabung pelumas pada regulator. Keuntungan pelumasan ini adalah: 1) memungkinkan terjadinya penurunan angka

gesekan; 2) dapat memberi perlindungan korosi; 3) umur pemakaian dapat lebih tahan lama (awet dipakai).

Hampir semua perangkat lumas pada udara bertekanan bekerja atas dasar prinsip *venturi* seperti cara pengkabutan pada karburator motor bensin. Perbedaan tekanan (AP) antara di depan lubang penyemprot udara dan bagian paling sempit dari *nozzle* digunakan supaya dapat menyedot cairan oli (minyak pelumas). Akibat keadaan ini, maka terjadilah pengkabutan minyak pelumas yang bercampur udara bertekanan, dan masuk ke bagian-bagian kerja peralatan pneumatik.



Keterangan

1. Saluran udara masuk
2. Saluran udara keluar
3. *Check valve*
4. Pipa penarik minyak
5. Katup penghambat saluran
6. Jembatan minyak pelumas
7. Ruang tetes

8. Pembuluh

Gambar 1.15 Tabung Pelumas

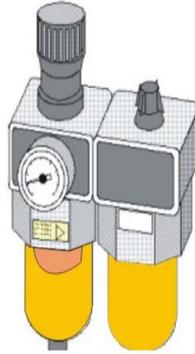
Prinsip kerja tabung pelumas:

Udara bertekanan masuk lewat saluran (1), akibatnya *check valve* tertekan sehingga minyak dalam *reservoir* ada tekanan. Udara tadi juga akan lewat katup penghambat (5) sehingga kecepatan udara di pembuluh (8) menjadi tinggi. Hal ini akan dapat menyedot minyak lewat jembatan (6) dan pipa penarik (4). Jadi penarikan minyak pelumas itu akibat perbedaan tekanan yang ada di ruang *reservoir* dan ruang sekitar katup penghambat (5).

5. Regulator udara bertekanan

Udara yang telah memenuhi persyaratan, selanjutnya akan disalurkan sesuai dengan kebutuhan. Untuk mengatur besar kecilnya udara

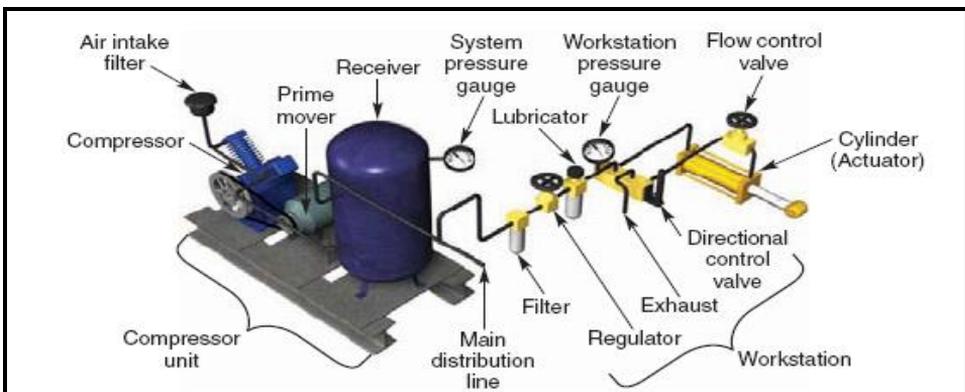
yang masuk, diperlukan keran udara yang terdapat pada *regulator*, sehingga udara yang disuplai sesuai dengan kebutuhan kerjanya. Adapun unit pengolahan udara dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1.16. *Regulator*

6. Jaringan udara bertekanan

Unit pengolahan udara bertekanan memiliki jaringan instalasi perpipaan yang sudah dirancang agar air dapat terpisah dari udara. Air memiliki masa jenis (*Rho*) yang lebih tinggi sehingga cenderung berada di bagian bawah. Untuk menjebaknya maka instalasi pipa diberi kemiringan, air akan mengalir secara alami ke tabung penampung air, selanjutnya dibuang. Sedangkan udara kering diambil dari bagian atas instalasi agar memiliki kadar air yang rendah. Secara lengkap unit pengolahan udara bertekanan dapat dilihat dalam skema berikut:



Gambar 1.17. Unit Pengolahan Udara Bertekanan

7. Pemeriksaan udara bertekanan

Sebelum mengaktifkan Sistem pneumatik, udara kempa dan peralatannya perlu diperiksa terlebih dahulu. Prosedur pemantauan penggunaan udara kempa yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut:

- Frekuensi pemantauan, memantau kebersihan udara, kandungan air embun, kandungan oli pelumas dan sebagainya.
- Tekanan udara perlu dipantau apakah sesuai dengan ketentuan.
- Pengeluaran udara buang apakah tidak berisik/bising,
- Udara buang perlu dipantau pencampurannya,
- Katup pengaman/*regulator* tekanan apakah bekerja dengan baik,
- Setiap sambungan (konektor) perlu dipastikan cukup kuat dan rapat.

Peralatan Sistem pneumatik seperti katup (*valve*), silinder dan lain-lain umumnya dirancang untuk tekanan antara 8 -10 bar. Kehilangan tekanan dalam perjalanan udara kempa karena bengkokan (*bending*), bocoran *restriction* dan gesekan pada pipa dapat menimbulkan kerugian tekanan yang diperkirakan antara 0,1 s.d 0,5 bar. Dengan demikian kompressor harus membangkitkan tekanan 6,5 - 7 bar. Apabila suplai udara kempa tidak sesuai dengan syarat-syarat tersebut di atas maka berakibat kerusakan seperti berikut :

- a. Terjadi cepat aus pada seal (perapat) dan bagian-bagian yang bergerak di dalam silinder atau *valve* (katup-katup),
- b. Terjadi *oiled-up* pada *valve*,
- c. Terjadi pencemaran (kontaminasi) pada *silencers*.

8. Peralatan distribusi udara bertekanan

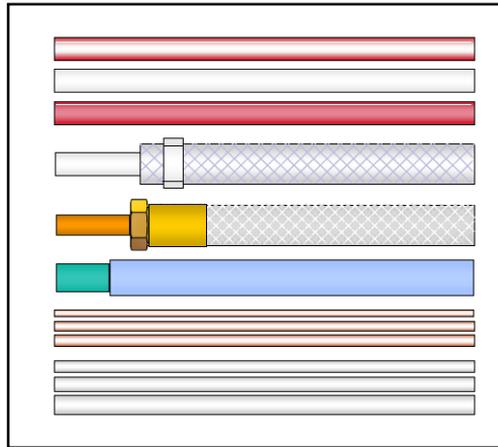
a. Konduktor (Penyaluran)

Penginstalan sirkuit pneumatik hingga menjadi satu Sistem yang dapat dioperasikan diperlukan konduktor, sehingga dapat dikatakan bahwa fungsi *konduktor* adalah untuk menyalurkan udara kempa yang akan membawa/mentransfer tenaga ke aktuator.

Macam-macam konduktor :

- 1) Pipa yang terbuat dari tembaga, kuningan, baja, galvanis atau *stenlees steel*. Pipa ini juga disebut konduktor kaku (*rigid*) dan cocok untuk instalasi yang permanen.

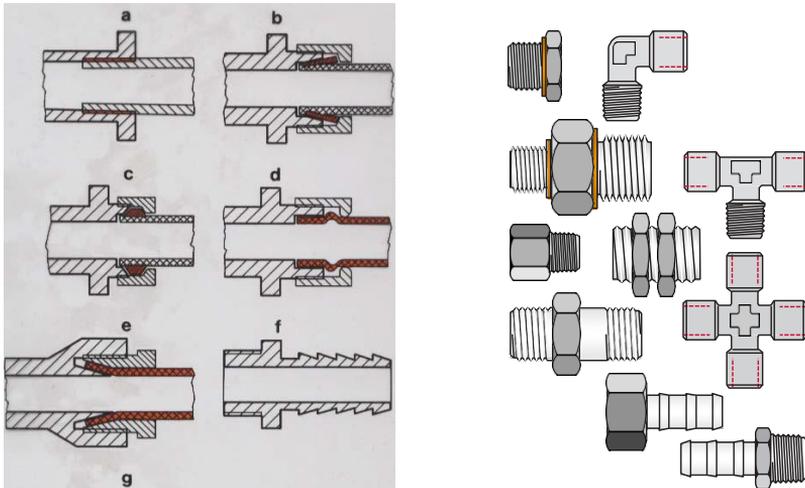
- 2) Tabung (*tube*) yang terbuat dari tembaga, kuningan atau aluminium. Ini termasuk konduktor yang semi fleksible dan untuk instalasi yang sesekali dibongkar-pasang.
- 3) Selang fleksible yang biasanya terbuat dari plastik dan biasa digunakan untuk instalasi yang frekuensi bongkar-pasangnya lebih tinggi.



Gambar 1.18. Macam-macam jenis konduktor

b. Konektor (Penghubung)

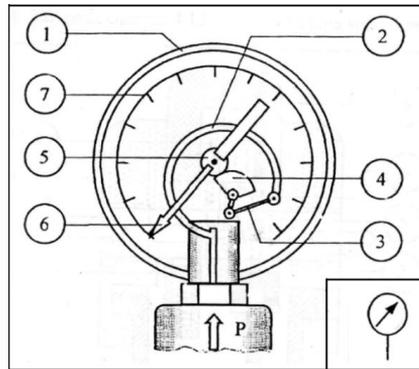
Konektor berfungsi untuk menyambungkan atau menjepit konduktor (selang atau pipa) agar tersambung erat pada bodi komponen pneumatik. Bentuk ataupun macamnya disesuaikan dengan konduktor yang digunakan. Adapun macam-macam konektor dapat kita lihat pada gambar berikut.



Gambar 1.19. Macam-macam konektor

c. Pengukur tekanan udara

Biasanya pengatur tekanan dipasang dan dilengkapi dengan sebuah alat penduga yang dapat menunjukkan tekanan udara yang akan keluar. Prinsip kerja dari alat penduga bertekanan dari Sistem yang ditemukan oleh Bourdon (lihat pada gambar 2.7). Udara mengalir masuk ke pengatur tekanan lewat lubang saluran P. tekanan di dalam pipa yang melengkung Bourdon (2) menyebabkan pipa memanjang. Tekanan lebih besar akan mengakibatkan belokan radius lebih besar pula. Gerak perpanjangan pipa tersebut kemudian diubah ke satu jarum penunjuk (6) lewat tuas penghubung (3), tembereng roda gigi (4), dan roda gigi pinoin (5). Tekanan pada saluran masuk dapat dibaca pada garis lengkung skala penunjuk (7). Jadi, prinsip pembacaan pengukuran tekanan manometer ini adalah bekerja atas dasar prinsip analog.



Gambar 1.20. Manometer

c. Rangkuman

1. Pneumatik berasal dari kata '*pneuma*' dalam bahasa Yunani yang artinya ; 'tiupan angin'. Pneumatik adalah salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari fenomena udara yang dimampatkan (bertekanan) sehingga tekanan yang terjadi akan menghasilkan gaya sebagai penyebab gerak / aktuasi pd aktuator".
2. Keuntungan penggunaan udara dalam Sistem pneumatik antara lain ketersediaan yang tak terbatas, mudah disalurkan, fleksibilitas temperature, aman, pemindahan daya dan kecepatan sangat mudah diatur, dapat disimpan, dan mudah dimanfaatkan.
3. Kerugian penggunaan udara dalam Sistem pneumatic antara lain memerlukan instalasi peralatan penghasil udara, mudah terjadi kebocoran, dan menimbulkan suara bising, mudah mengembun.

d. Tugas

1. Jelaskan prinsip penerapan Sistem pneumatik pada beberapa mesin atau alat yang Anda ketahui!
2. Mesin atau alat yang menerapkan prinsip pneumatik tersebut kemudian identifikasi beberapa keuntungan dan kerugiannya!

e. Tes Formatif

Jawablah soal-soal di bawah ini dengan tepat!

1. Sebutkan sifat-sifat udara menurut hukum-hukum gas !

2. Sebutkan masing-masing 4 macam keuntungan dan kekurangan dari Sistem pneumatik!
3. Sebutkan aplikasi penggunaan pneumatik pada proses produksi di industri !
4. Sebut dan jelaskan tentang klasifikasi Sistem pneumatik !
5. Sebutkan prinsip kerja *Positive Displacement Kompresor* dan sebutkan jenis-jenisnya !
6. Sebutkan prinsip kerja *Dynamic Kompresor* dan sebutkan jenis-jenisnya !
7. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran tangki udara bertekanan !
8. Sebutkan fungsi tangki udara !
9. Sebutkan macam-macam peralatan pengolahan udara bertekanan beserta fungsinya !
10. Sebutkan kerusakan yang akan terjadi pada Sistem pneumatik apabila suplai udara kempa tidak sesuai dengan syarat-syarat yang sudah ditentukan ?

f. Kunci Jawaban

1. Sifat-sifat udara menurut hukum-hukum gas:
 - a. Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah;
 - b. Volume udara tidak tetap;
 - c. Udara dapat dikempa (dipadatkan);
 - d. Berat jenis udara 1,3 kg/m³;
 - e. Udara tidak berwarna.

2. 4 macam keuntungan dan kekurangan dari Sistem pneumatik :

Keuntungan :

 - a. Jumlahnya tidak terbatas
 - b. Udara mempunyai sifat mudah disalurkan
 - c. Udara memiliki fleksibilitas temperature
 - d. Aman
 - e. Pemindahan daya dan kecepatan sangat mudah diatur,
 - f. Dapat disimpan
 - g. Mudah dimanfaatkan

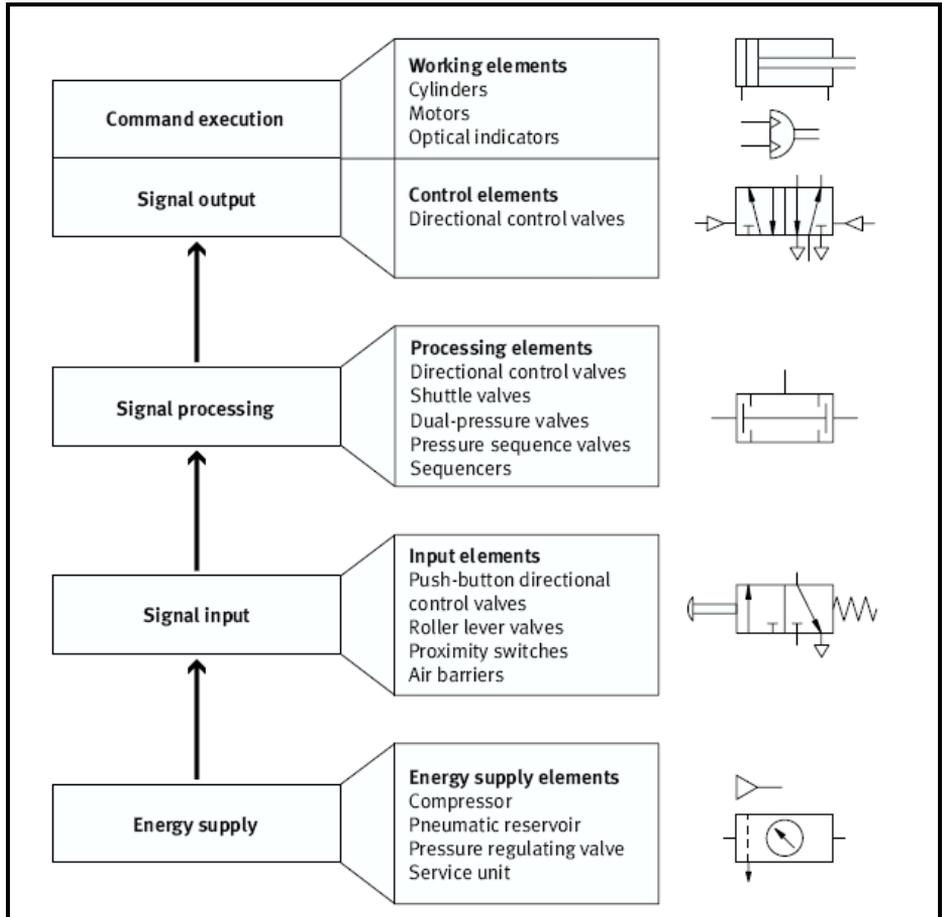
Kerugian :

- a. Memerlukan instalasi peralatan penghasil udara.
- b. Mudah terjadi kebocoran.
- c. Menimbulkan suara bising.
- d. Mudah mengembun.

3. Aplikasi penggunaan pneumatik pada proses produksi di industri :

- a. Untuk melakukan gerakan mekanik yang selama ini dilakukan oleh tenaga manusia, seperti menggeser, mendorong, mengangkat, menekan, dan lain sebagainya.
- b. Untuk keperluan proses produksi di industri yang antara lain untuk keperluan: membungkus, mengisi material, mengatur distribusi material, penggerak poros, membuka dan menutup pada pintu, transportasi barang, memutar benda kerja, menumpuk/menyusun material, menahan dan menekan benda kerja.
- c. Untuk, mengebor, memutar mengencangkan dan mengendorkan mur/baut, memotong, membentuk profil plat, proses penghalusan (gerinda, pasah, dll.)

4. Klasifikasi Sistem pneumatik :



5. Prinsip kerja *Positive Displacement Kompresor* dan jenisnya:

Prinsip pemindahan di mana udara dikompresi dan diisikannya ke dalam suatu ruangan. Jenis positive displacement kompresor meliputi:

- a) Kompresor Torak Resiprokal (*Reciprocating Compressor*)
 - 1) Kompresor Torak
 - 2) Kompresor Torak Dua Tingkat Sistem Pendingin Udara
 - 3) Kompresor Diafragma (*Diaphragma Compressor*)
- b) Kompresor Putar (*Rotary Compressor*)
 - 1) Kompresor Rotari Baling-Baling Luncur
 - 2) Kompresor Sekrup
 - 3) Kompresor Sayap Kupu-Kupu (*Root Blower Compressor*)

6. Prinsip kerja *Dynamic Kompresor* dan jenisnya!

Prinsip aliran udara yaitu dengan cara menyedot udara masuk ke dalam Bagian satu sisi dan memampatkannya dengan cara percepatan masa.

Jenis dynamic kompresor meliputi:

- a. Kompresor Aliran Radial
- b. Kompresor Aliran Aksial

7. Faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran tangki udara bertekanan:

- a. Penghantaran volume kompresor (debit kompresor)
- b. Pemakaian udara
- c. Jaringan (apakah ada penambahan volume)
- d. Jenis pengaturan
- e. Perbedaan tekanan yang diijinkan dalam jaringan

8. Fungsi tangki udara untuk menyimpan udara bertekanan hingga pada tekanan tertentu hingga pengisian akan berhenti, sebagai penampung udara bertekanan (tangki angin/*receiver*) dan menstabilkan pemakaian angin.

9. Macam-macam peralatan pengolahan udara bertekanan beserta fungsinya :

- a. Filter Udara (*Air Filter*), berfungsi sebagai alat penyaring udara untuk memisahkan partikel-partikel yang terbawa seperti debu, oli residu, dsb.
- b. Pengering Udara (*Air Dryer*), berfungsi untuk menjaga udara agar tetap kering
- c. Pemisah Air, berfungsi untuk memisahkan air dengan udara
- d. Pelumasan Udara Bertekanan, berfungsi sebagai penyedia pelumasan pada Sistem pneumatic agar tidak cepat aus, serta dapat mengurangi panas yang timbul akibat gesekan.
- e. Regulator udara bertekanan, berfungsi mengatur suplai udara pada Sistem pneumatik.

2. Kegiatan Belajar 2 : Komponen Sistem Pneumatik

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat :

- 1) Memahami fungsi katup pneumatik
- 2) Memahami jenis-jenis katup pneumatik
- 3) Memahami simbol katup pneumatik dan jenis pengaktifan katup pneumatik
- 4) Memahami jenis-jenis silinder pneumatik
- 5) Memahami konstruksi silinder pneumatik
- 6) Memahami cara kerja silinder pneumatik
- 7) Memahami cara pemasangan silinder pneumatik
- 8) Memahami karakteristik dan dasar perhitungan pneumatik

b. Uraian Materi

Komponen Sistem Pneumatik

1. Fungsi Katup Pneumatik

Sistem kontrol pneumatik terdiri dari beberapa komponen sinyal dan bagian kerja. Komponen-komponen sinyal dan kontrol menggunakan rangkaian atau urutan kerja dari bagian kerja yang disebut sebagai katup (*valve*). Dalam bahasa Jerman dan Belanda disebut dengan *ventil*. Katup pneumatik adalah perlengkapan pengontrol atau pengatur, baik untuk mulai (*start*), berhenti (*stop*), arah aliran dan tekanan aliran dari suatu tekanan perantara yang dibawa oleh pompa. Katup berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan arah udara kempa yang akan bekerja menggerakkan aktuator, dengan kata lain katup ini berfungsi untuk mengendalikan arah gerakan aktuator.

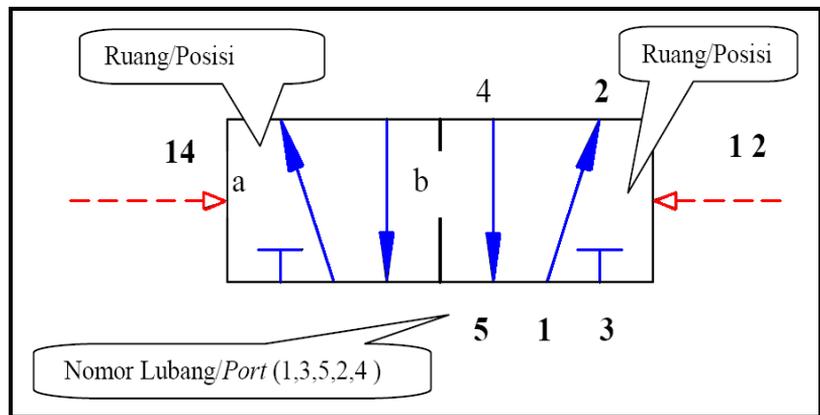
Untuk memudahkan membaca fungsi dari setiap jenis katup yang akan digunakan, maka secara internasional digunakan penggunaan simbol-simbol sebagai fungsi katup-katup tersebut. Hal ini tidak ubahnya dengan peralatan

listrik bahwa yang digambar pada suatu gambar kerja adalah bukan benda-benda atau alat-alat listrik secara fisik, melainkan digambar secara simbol-simbol.

Katup-katup pneumatik diberi nama berdasarkan pada:

- Jumlah lubang/saluran kerja (*port*),
- Jumlah posisi kerja,
- Jenis penggerak katup, dan
- Nama tambahan lain sesuai dengan karakteristik katup.

Contoh penamaan katup:



Gambar 2.1. Detail Pembacaan Katup 5/2

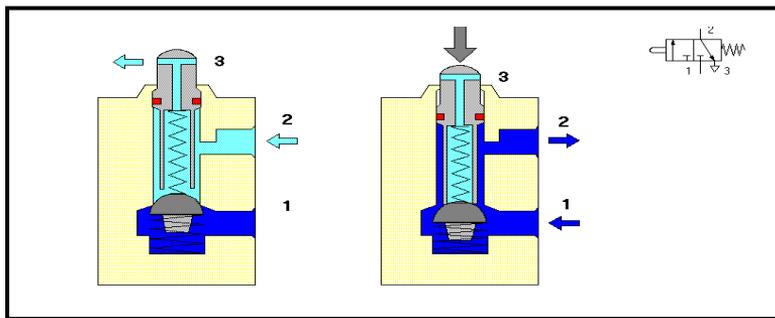
Dari simbol katup di atas menunjukkan jumlah lubang/*port* bawah ada tiga (1,3,5) sedangkan di bagian output ada 2 port (2,4). Katup tersebut juga memiliki dua posisi/ruang yaitu a dan b. Penggerak katup berupa udara bertekanan dari sisi 14 dan 12. Sisi 14 artinya bila disisi tersebut terdapat tekanan udara, maka tekanan udara tersebut akan menggeser katup ke kanan sehingga udara bertekanan akan mengalir melalui *port* 1 ke *port* 4 ditulis 14. Demikian pula sisi 12 akan mengaktifkan ruang b sehingga port 1 akan terhubung dengan port 2 ditulis 12. Berdasarkan pada data-data di atas, maka katup di atas diberi nama : Katup 5/2 Penggerak Udara Bertekanan.

2. Jenis-Jenis Katup Pneumatik

Katup-katup pneumatik memiliki banyak jenis dan fungsinya. Katup tersebut berperan sebagai pengatur/pengendali di dalam sistem pneumatik. Komponen-komponen kontrol tersebut atau biasa disebut katup-katup (*Valves*), menurut desain konstruksinya dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a) Katup Poppet (*Poppet Valves*)

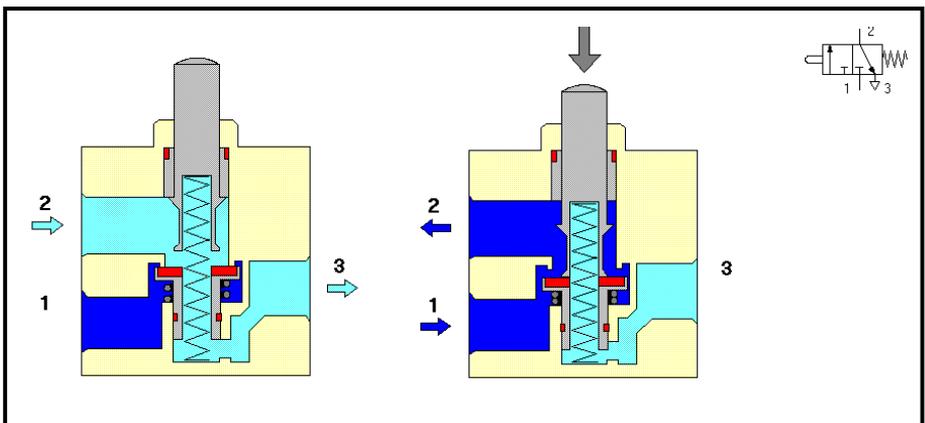
1) Katup Bola (*Ball Seat Valves*)



Gambar 2.2. Katup Bola

2) Katup Piringan (*Disc Seat Valves*)

Disebut juga dengan *Push Button* (PB), yang digunakan untuk start dan stop.



Gambar 2.3. Katup Piringan

b) Katup Geser (*Slide valves*)

a. Katup luncur memanjang (*Longitudinal Slide*)

b. Katup luncur plat atau kupu-kupu (*Plate Slide*)

Sedangkan menurut fungsinya katup-katup dikelompokkan sebagai berikut :

- Katup Pengarah (*Directional Control Valves*)
- Katup Kombinasi (*valve of combination*)
- Katup Pengatur Tekanan (*Pressure Control Valves*)
- Katup Pengontrol Aliran (*Flow Control Valves*)
- Katup buka-tutup (*Shut-off valves*)

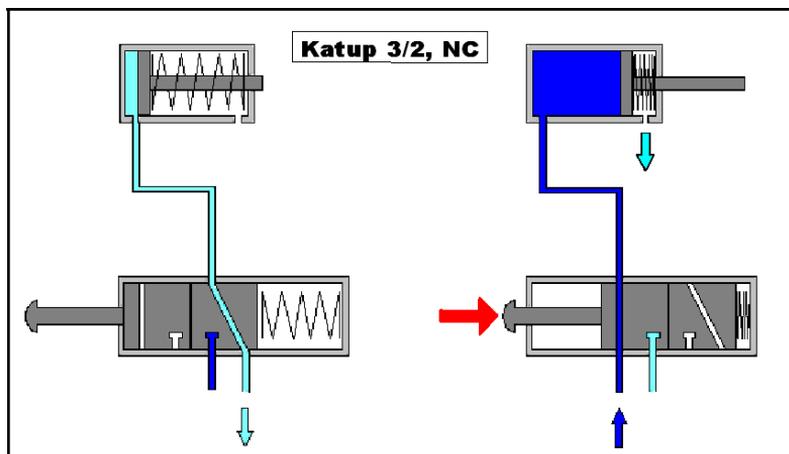
1) Katup Pengarah (*Directional Way Valve*)

a. Jenis-Jenis Katup Pengarah

1) Katup 3/2

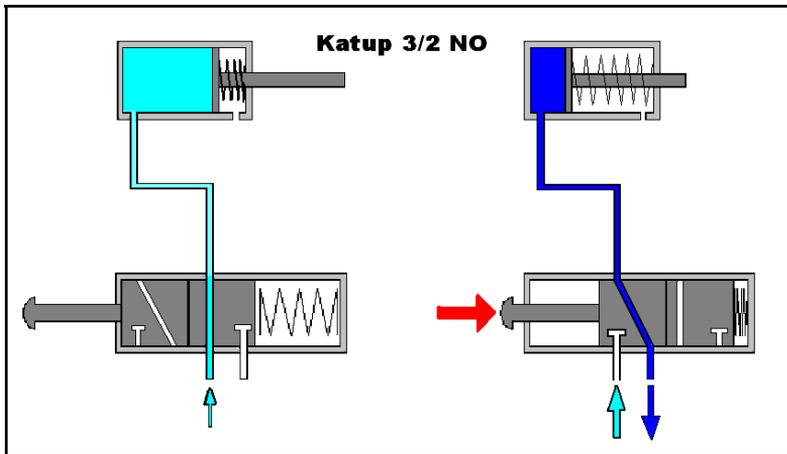
Katup 3/2 adalah katup yang membangkitkan sinyal dengan sifat bahwa sebuah sinyal keluaran dapat dibangkitkan juga dapat dibatalkan/diputuskan. Katup 3/2 mempunyai 3 lubang dan 2 posisi. Ada 2 konstruksi sambungan keluaran

- Posisi normal tertutup (N/C) artinya katup belum diaktifkan, pada lubang keluaran tidak ada aliran udara bertekanan yang keluar.



Gambar 2.4. Prinsip Kerja Katup 3/2-Way NC

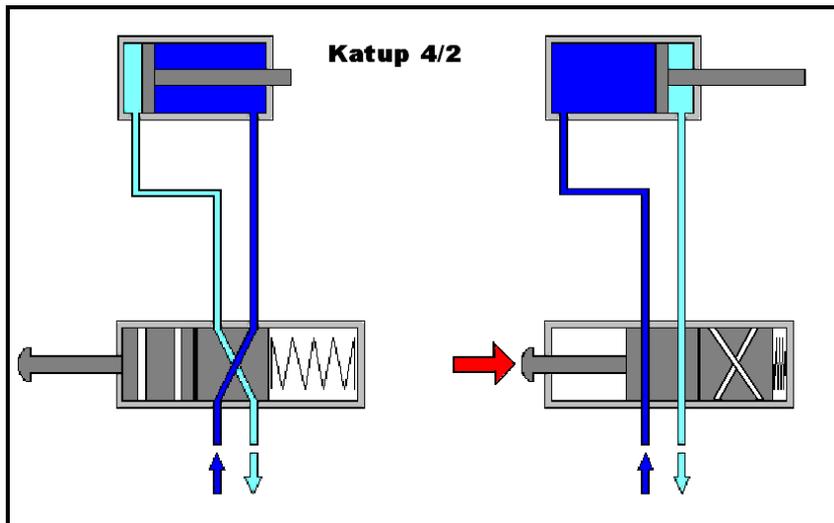
- Posisi normal terbuka (N/O) artinya katup belum diaktifkan, pada lubang keluaran sudah ada aliran udara bertekanan yang keluar.



Gambar 2.5. Prinsip Kerja Katup 3/2-Way NO

2) Katup 4/2

Katup 4/2 adalah katup yang membangkitkan sinyal dengan sifat bahwa sebuah sinyal keluaran dapat dibangkitkan juga dapat dibatalkan/diputuskan. Katup 4/2 mempunyai 4 lubang dan 2 posisi.



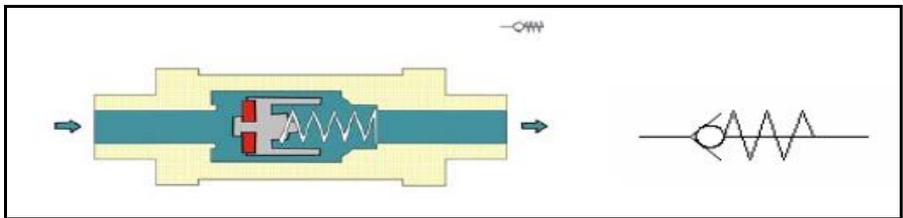
Gambar 2.6. Prinsip Kerja Katup 4/2-Way

2) Katup Pengontrol Aliran (*Flow Control Valve*)

Katup pengontrol aliran adalah peralatan pneumatik yang berfungsi sebagai pengatur dan pengendali udara bertekanan (pengendali angin) khususnya udara yang harus masuk ke dalam silinder-silinder pneumatik. Jenis-jenis katup pengontrol aliran, antara lain adalah :

a. Katup non-balik (*non-return valve*)

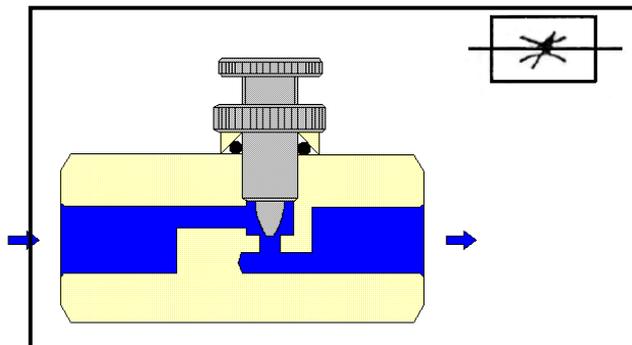
Katup non-balik ini direncanakan untuk menghentikan (menyetop) aliran udara dalam satu arah dan memberikan aliran pada arah lawannya atau sebaliknya. Katup non-balik disebut juga dengan katup pengecek (*check valve*).



Gambar 2.7. Katup Non-Balik (*Non-Return Valve*)

b. Katup-katup pengontrol aliran di tinjau dari arah aliran

Katup pengontrol aliran dua arah (*two way flow control*) dengan hasil aliran yang dapat diatur besar-kecilnya secara bolak balik.

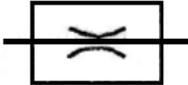
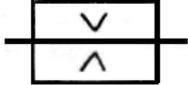
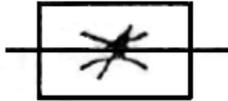
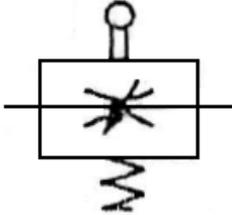


Gambar 2.8. Katup Pengontrol Aliran Dua Arah (*Two Way Flow Control*)

Katup pengontrol aliran ini mempengaruhi besarnya volume atau isi aliran udara bertekanan di kedua arah (kedua sisi). Prinsip kerja katup jenis ini adalah menggunakan prinsip tekak (*venturi*), yaitu

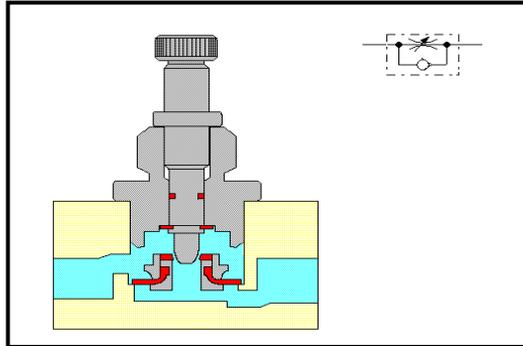
penyempitan aliran (*throttling*) dan pembatasan tetap (*constant restriction*) dengan cara menyetel sekerup pada pengatur alirannya, maka didapatkan luas penampang lubang laluan yang membesar ataupun menyempit.

Tabel 2.1. Jenis Simbol Katup Pengontrol Aliran Dua Arah (two Way Flow Control)

Simbol	Jenis katup
	Katup hambat (<i>throttle valve</i>) Panjang Bagian yang menghambat lebih kecil daripada diameter lubang laluan
	Katup Diaphragma (<i>diaphragm valve</i>) Terdapat panjang Bagian yang menghambat lebih kecil daripada diameter lubang laluan.
	Katup hambat yang dapat diatur (<i>adjustable throttle valve</i>). Artinya pada Bagian laluan dapat diatur (disetel) besar kecilnya
	Katup hambat dengan penggerak mekanik (<i>throttle valve with mechanical actuation</i>). Ada pegas yang terpasang dan berfungsi sebagai pelawan penggerak mekanik itu.

1) Katup pengontrol aliran satu arah (*one way flow control*)

Katup ini mempunyai hasil aliran yang dapat diatur besar kecilnya hanya satu arah, biasa disebut juga dengan katup hambat bantu (*throttle orifice relief valve*)



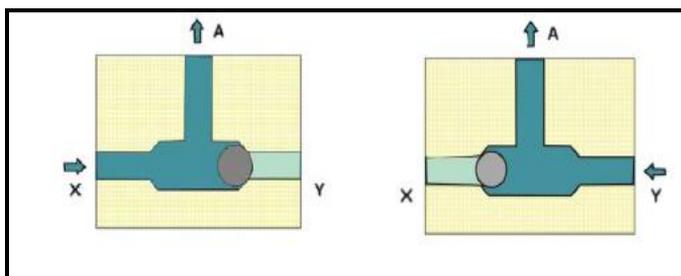
Gambar 2.9. Katup Pengontrol Aliran Satu Arah (*One Way Flow Control*)

Pada dasarnya katup ini berfungsi sebagai pengatur kecepatan aliran udara yang akan masuk ke dalam silinder pneumatic sehingga kecepatan gerak batang piston dapat diatur sesuai dengan keinginan. Pada gambar diatas, maka kecepatan udara yang akan lewat ke kanan dapat dibuat tidak sama dengan kecepatan aliran udara yang akan lewat ke kiri.

c. Katup pengontrol aliran ditinjau dari jumlah aliran yang diarahkan.

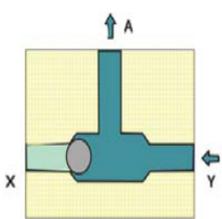
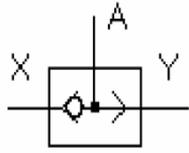
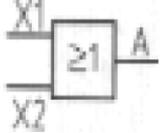
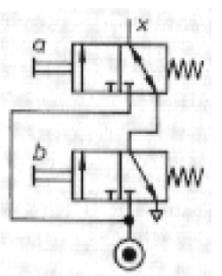
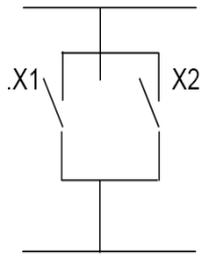
1) *Shuttle Valve*

Katup jenis ini dinamakan sebagai katup kontrol ganda (*double check valve*). Aplikasi pada rangkaian pneumatik murni, katup ini menurut sistem logika dinamakan sebagai elemen OR atau logika OR. Istilah OR dari bahasa inggris, di Indonesiakan menjadi “atau”.



Gambar 2.10. *Shuttle Valve*

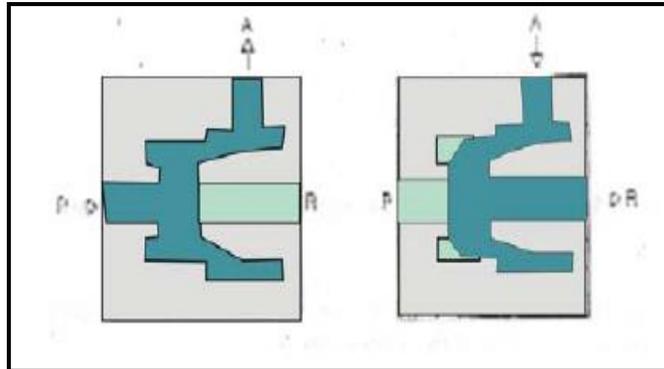
Jika udara bertekanan dilewatkan pada lubang atau aluran X, maka udara tadi akan dapat diteruskan ke saluran pengeluaran A. Dapat juga, jika udara bertekanan dilewatkan pada saluran Y, maka udara tadi akan diteruskan ke saluran pengeluaran A. Bisa juga, jika udara bertekanan dilewatkan pada saluran X atau Y, maka udara tadi akan dapat diteruskan ke saluran pengeluaran A. Jadi kesimpulannya jika udara bertekanan lewat saluran X atau (OR) Y, udara tadi akan tetap dapat diteruskan pada saluran pengeluaran A.

PENAMPANG	SIMBOL	SIMBOL LOGIKA															
																	
RANGKAIAN PNEUMATIK	ELEKTRIK	TABEL LOGIKA															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	A	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
X1	X2	A															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	1															

Gambar 2.11. Shuttle Valve Beserta Table Logika

2) Katup Pembuangan Cepat (*Quick-Exhaust Valve*)

Katup ini digunakan untuk menambah kecepatan gerak batang piston khususnya saat gerak kembali (pulang) atau pada saat langkah pembuangan.

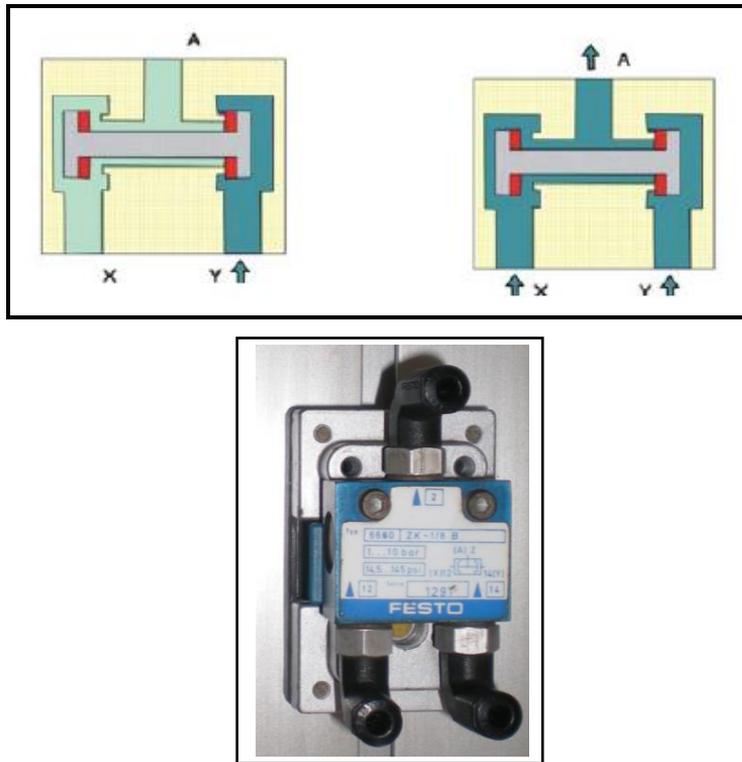


Gambar 2.12. Katup Pembuangan Cepat (*Quick-Exhaust Valve*)

Prinsip kerja dari katup pembuangan cepat adalah jika udara bertekanan lewat saluran P, maka udara tadi akan keluar lewat saluran A secara pelan-pelan. Namun jika udara masuk lewat saluran A, maka udara tadi akan terbuang secara cepat ke saluran R. hal itu bisa terjadi karena adanya membran yang dapat menempatkan diri dan diatur secara fleksibel di dalamnya.

3) Katup Dua Tekanan (*Two-Pressure Valve*)

Katup dua tekanan ini mempunyai dua saluran masuk, yaitu X dan Y sebagai lubang untuk pemberian sinyal, sedangkan saluran keluarannya adalah A. Aplikasi pada rangkaian pneumatic murni, katup ini menurut sistem logika dinamakan sebagai elemen AND atau logika AND. Pengertiannya, jika udara bertekanan dilewatkan pada lubang atau saluran X, maka udara tadi tak akan dapat diteruskan ke saluran pengeluaran A. Begitu juga jika udara bertekanan dilewatkan pada saluran Y, maka udara tadi tak akan diteruskan ke saluran pengeluaran A. Namun jika udara bertekanan dilewatkan pada saluran X dan Y secara bersamaan, maka udara tadi akan dapat diteruskan ke saluran pengeluaran A. Jadi kesimpulannya jika udara bertekanan lewat saluran X dan Y, maka udara tadi dapat diteruskan pada saluran pengeluaran A.



Gambar 2.13. Katup Dua Tekanan (*Two-Pressure Valve*)

PENAMPANG	SIMBOL	SIMBOL LOGIKA															
RANG. PNUAMATIK	ELEKTRIK	TABEL LOGIKA															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	A	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
X1	X2	A															
0	0	0															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	1															

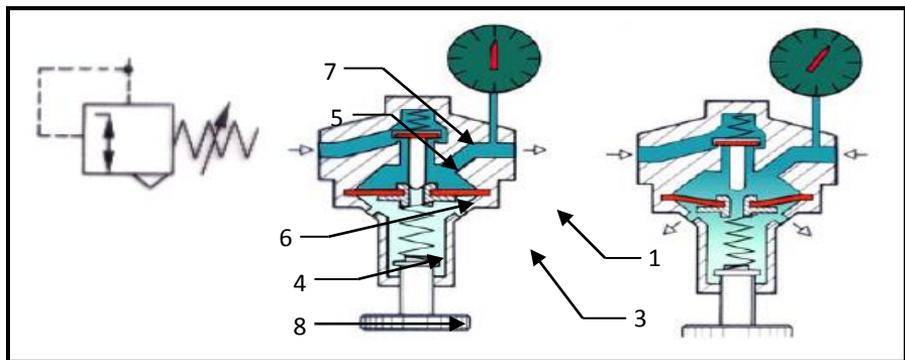
Gambar 2.14. Katup Dua Tekanan (*Two-Pressure Valve*) beserta Simbol logika

4) Katup Pengontrol dan Pengatur Tekanan (*Pressure Control Valve*)

Katup pengontrol tekanan adalah Bagian atau komponen pneumatik yang mempengaruhi tekanan. Macam-macam katup ini ada 3 kategori, yaitu: a) katup pengatur tekanan (*pressure regulating valve*), b) *pressure limiting valve*, c) *sequence valve*.

a. Katup Pengatur Tekanan (*Pressure Regulating Valve*)

Berfungsi untuk menjaga tekanan supaya terjadi tekanan yang tetap (konstan). Aplikasi dari katup ini misalnya tekanan yang telah diatur (distel) pada manometer harus dipindahkan pada batas konstan terhadap elemen kerja atau penggerak walaupun tekanan yang disuplay berubah. Tekanan masuk minimum harus lebih besar daripada tekanan keluarannya.



Gambar 2.15. Katup Pengatur Tekanan

Keterangan

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Rumah Katup | 5. Katup Cakra |
| 2. Baut Pengatur Tekanan | 6. Batang Katup |
| 3. Diaphragma | 7. Pegas Penahan Katup |
| 4. Dudukan Katup | 8. Pegas Pengatur |

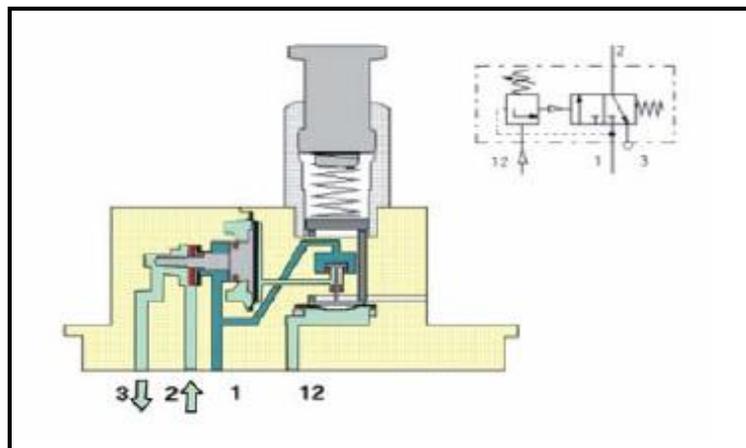
b. Katup Pembatas Tekanan (*Pressure Limiting Valve*)

Katup ini digunakan utamanya sebagai katup pengaman. Kerja utamanya adalah mencegah tekanan udara yang berlebihan dari sistem pneumatik yang ada. Jika tekanan maksimum sudah tercapai pada Bagian masuk katup, maka Bagian keluar dari katup terbuka sehingga udara bertekanan akan keluar ke atmosfer. Katup

ini akan segera bekerja normal kembali mana kala pegas penyeimbang tekanan memberikan reaksi. Pegas penyeimbang dengan karakteristiknya akan menutup katup kembali saat tekanan udara maksimum tercapai.

c. Katup Rangkaian (Sequence Valve)

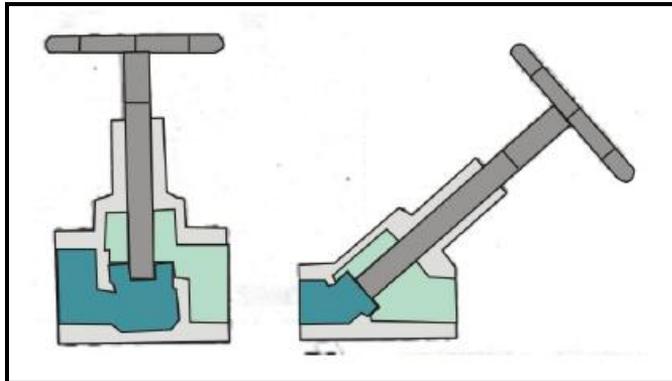
Prinsip kerja katup rangkai yaitu jika tekanan udara dari saluran Z dapat diteruskan sehingga sampai menekan katup bola, maka saluran P akan terhubung dengan saluran A. Pegas pengembali akan menekan katup jika tekanan udara dari saluran Z berkurang. Katup rentetan macam ini dipasang pada Bagian control-kontrol pneumatic di mana tekanan spesifik dibutuhkan untuk operasi yang sifatnya sentuhan (*switching operation*) atau istilah lain adalah *pressure-dependent controls*. Sinyal Z hanya ditransmisikan atau bisa dipindahkan setelah tekanan operasi yang dibutuhkan tercapai.



Gambar 2.16. Katup Rangkaian (Sequence Valve)

5) Katup Buka-Tutup (Shut –Off Valve)

Katup Ini Berfungsi Sebagai Pemberi Atau Pencegah Aliran Udara Tekanan Dalam Variasi Yang Tak Terbatas. Artinya, Jika Aliran Udara Memang Harus Dihentikan, Maka Katup Akan Bertindak. Tetapi Jika Dibutuhkan Aliran Kecil, Maka Katup Hanya Dapat Dibuka Sedikit Saja.

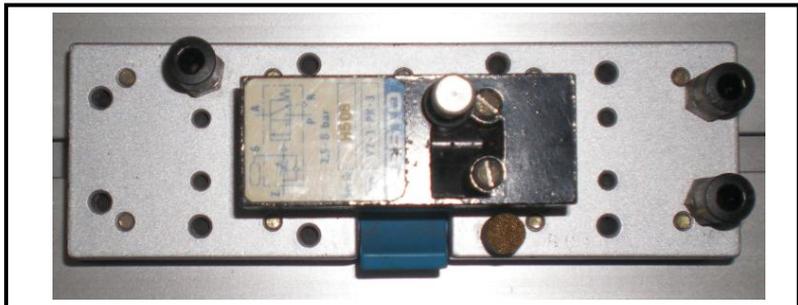


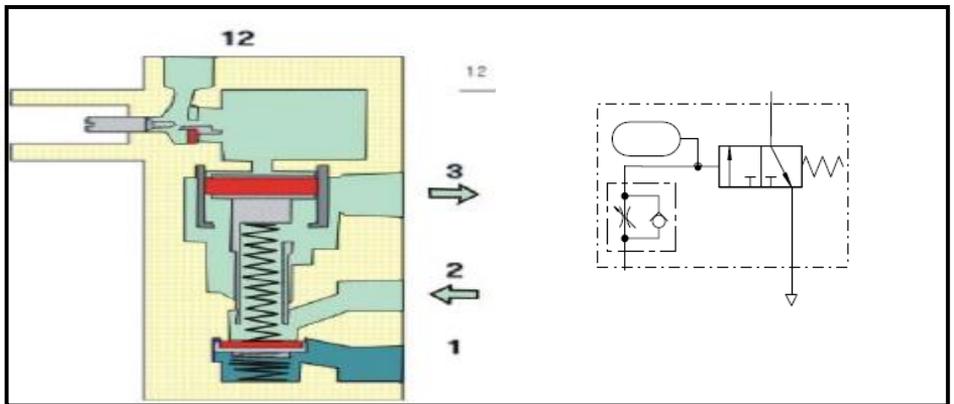
Gambar 2.17. Katup Buka-Tutup (Shut –Off Valve)

6) Katup-Katup Kombinasi (*Valves Of Combination*)

Katup-katup kombinasi dimaksudkan sebuah katup pneumatik terpadu yang terdiri lebih dari sebuah katup pneumatik tersusun sedemikian rupa sehingga unjuk kerjanya menjadi sangat spesifik. Variasi dari katup kombinasi, antara lain: a) katup penunda waktu, b) katup sekuen tekanan.

a. Katup Penunda Waktu (*Time Delay Valve*)



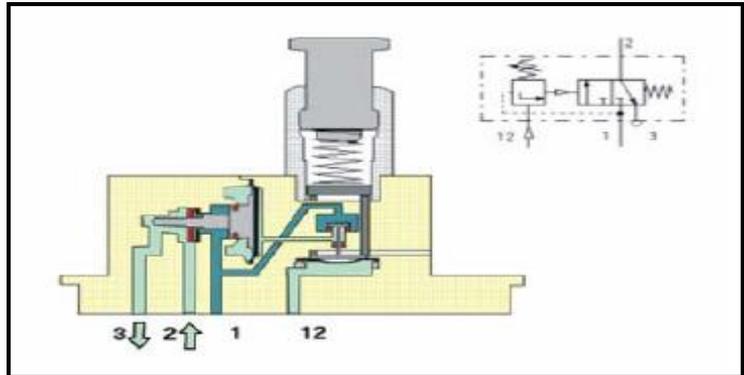


Gambar 2.18. Katup Penunda Waktu (*Time Delay Valve*)

Prinsip kerja katup penunda waktu adalah sebagai berikut. Saat awal katup belum bekerja maka lubang 1 di blok, artinya bahwa lubang 1 belum dapat berhubungan dengan 2. saat demikian juga lubang 2 sudah berhubungan dengan saluran pembuangan 3. Saat dimana udara bertekanan memasuki lubang sinyal 12, maka katup sudah mulai bekerja. Namun, karena udara tadi dihambat lajunya di bagian saluran yang dipersempit, maka tidak seketika dapat mengaktifkan katup 3/2-way, butuh waktu. Setelah udara di kantung atas tersebut sudah cukup kuat untuk mendorong katupnya, yaitu katup 3/2-way, maka terjadilah hubungan saluran 1 ke 2. Jadi terdapat tenggang waktu antara saat 1 ke 2 dan 12 saat diberi sinyal udara bertekanan.

b. Katup sekuen (*pressure sequence valve*)

Secara fisik, katup sekuen tekanan hampir sama dengan katup penunda waktu, berikut hanya disajikan Simbol dari katup sekuen.



Gambar 2.19. Katup Sekuen (*Pressure Sequence Valve*)

Cara kerja dari katup sekuen tekanan itu hampir sama dengan katup penunda waktu dari jenis 3/2-way NC. Jika katup penunda waktu bekerja atas dasar pengaturan aliran angin yang harus mengoperasikan (mengaktivasikan) katup 3/2-way, maka katup sekuen tekanan bekerja atas dasar besarnya tekanan yang harus mengoperasikan katup 3/2-way. Kegunaan katup ini adalah untuk mengontrol gaya tekan pada batang piston yang sedang mengadakan penekanan (*pressing*).

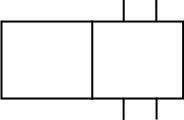
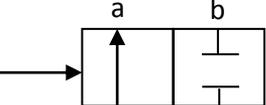
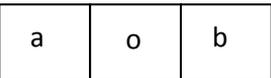
3. Simbol dan Jenis Pengaktifan Katup Pneumatik

a) Simbol-simbol katup pengarah dan cara menggambarinya

Dalam membuat diagram rangkaian (*circuit diagram*) pneumatik, setiap jenis katup yang digunakan harus digambarkan secara simbol saja. Simbol-simbol ini hanya untuk menunjukkan fungsinya, bukan merupakan prinsip kerja dari konstruksi katupnya

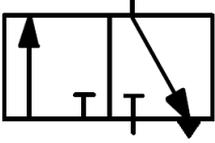
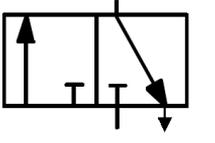
Tabel 2.2. Cara Menggambar dan Membaca Simbol Katup Pneumatik

	<p>Perubahan posisi kerja katup digambarkan dengan bentuk segi empat bujur sangkar.</p>
---	---

	<p>Menunjukkan banyaknya perubahan posisi yang dimiliki oleh katup tersebut.</p>
	<p>Garis menunjukkan lintasan aliran. Panah menunjukkan arah aliran.</p>
	<p>Garis blok menunjukkan aliran tertutup (terblokir).</p>
	<p>Persimpangan aliran.</p>
	<p>Sambungan ditunjukkan oleh garis dan digambar di luar kotak yang menyatakan posisi normal (awal).</p>
	<p>Posisi lain diperoleh dengan merubah kotak bujur sangkar sampai arah alirannya sesuai terhadap sambungannya.</p>
	<p>Perubahan posisi katup dinyatakan dengan huruf kecil, misal a, b, c, dan seterusnya.</p>
	<p>Katup dengan 3 perubahan posisi, maka posisi tengah adalah sebagai posisi netral (normal) dengan ditandai huruf kecil o.</p>

Setiap katup dilengkapi dengan pembuangan udara yang telah dianggap selesai melakukan tugas. Model pembuangan udara bekas itu ada dua cara, yaitu pertama dibuang secara langsung dan yang kedua dibuang lewat saluran penghubung.

Tabel 2.3. Cara Pembuangan Udara dari Katup Pneumatik

	<p>Pembuangan aliran udara bekas tanpa harus ada pipa penghubung (langsung dibuang secara bebas), digambarkan dengan segitiga langsung pada kotak di bawah lubang saluran buang.</p>
	<p>Pembuangan aliran udara bekas dengan pipa penghubung, digambarkan dengan segitiga dan garis tambahan pada saluran buang.</p>

Untuk menjamin bahwa katup dipasang dengan tepat maka pada setiap saluran penyambungannya diberi tanda huruf besar atau kecil. Tanda-tanda tersebut dibuat supaya saat membuat rangkaian diagram pneumatik menjadi lebih mudah. Manfaat pembuatan tanda-tanda tersebut adalah untuk memudahkan saat pemasangan awal, membuat konstruksi baru, pengecekan dan sebagainya.

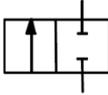
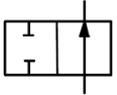
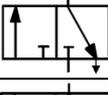
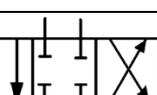
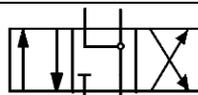
Tabel 2.4. Tanda-tanda dan Penomeran pada Lubang Katup Pneumatik

No	Jenis Saluran	Diberi tanda		
			atau	
1	Kerja (keluar dari katup)	A, B, C,....	atau	2, 4, 6,
2	Tenaga (<i>pressure</i>)	P (<i>pressure</i>)	atau	1
3	Pembuangan dari katup	R, S, T,	atau	3, 5, 7,
4	Kontrol atau Sinyal	X, Y, Z,....	atau	1.2 ; 1.4 ; 1.6 ;

Jika sedang melihat dan mengamati katup pneumatik dari jenis katup pengarah, maka yang pertama diperhatikan adalah jumlah lubang-lubangnya, misal 2, 3, 4, 5 dan seterusnya. Setelah itu baru melihat jumlah posisi katup,

misal 2, 3 dan mungkin ada katup yang mempunyai 4 posisi. Baru yang terakhir dapat mengambil kesimpulan bahwa katup pengarah tersebut berpenandaan 2/2-way, 3/2-way, 4/2-way, 3/3-way dan sebagainya.

Tabel 2.5. Ringkasan Katup Pengarah dari Macam-macam Katup

Simbol Katup	Penandaan Katup	Posisi Normal (Awal)
	2/2 - way	Menutup
	2/2 - way	Membuka
	3/2 - way	Menutup
	2/2 - way	Membuka
	3/3 - way	Menutup
	4/2 - way	1 pemasukan, 1 pembuangan
	4/3 - way	Posisi tengah menutup
	4/3 - way	A & B posisi pembuangan
	5/2 - way	2 saluran pembuangan

b) Metode Pengaktifan Katup Pneumatik

Metode pengaktifan katup pengarah bergantung pada tugas yang diperlukan. Jenis pengaktifan bervariasi, seperti secara mekanis, pneumatis, elektris dan kombinasi dari semuanya. Simbol metode pengaktifan diuraikan dalam standar DIN 1219 berikut ini.

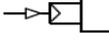
1) Jenis pengaktifan mekanik

Tabel 2.6. Pengaktifan Katup Pneumatik Secara Mekanik

Mekanik :	
	Operasi tombol
	Tombol
	Operasi tuas
	Pedal kaki
	Pegas kembali
	Operasi rol
	Operasi rol, satu arah

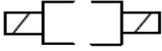
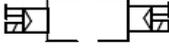
2) Jenis pengaktifan pneumatis

Tabel 2.7. Pengaktifan Katup Pneumatik Secara Pneumatis

Pneumatis	
	Pengaktifan langsung pneumatik
	Pengaktifan tidak langsung pneumatik (pilot / pemandu)

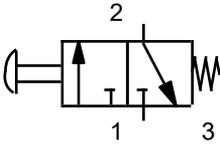
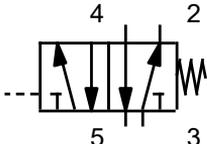
3) Jenis pengaktifan listrik dan kombinasi

Tabel 2.8. Pengaktifan Katup Pneumatik Secara Listrik dan Kombinasi

Listrik	
	Operasi dengan solenoid tunggal
	Operasi dengan solenoid ganda
Kombinasi	
	Solenoid ganda dan operasi pilot (pemandu) dengan tambahan manual

4) Contoh penggambaran katup pneumatik secara operasional

Tabel 2.9. Contoh Penggambaran Katup Secara Operasional

	Katup 3/2-way digerakkan oleh tombol tekan (PB) dan kembali ke posisi awal karena spring return
	Katup 5/2-way digerakkan oleh pemakaian langsung dari udara tekan dan kembali ke posisi awal (normal) karena spring return

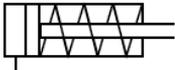
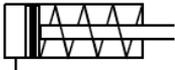
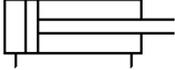
4. Silinder Pneumatik / Aktuator

Prinsip dari silinder pneumatik / aktuator adalah udara bertekanan (udara kempa atau angin) yang sering disebut sebagai tenaga pneumatik dirubah menjadi gerakan lurus bolak-balik (*straight line reciprocating*) oleh silinder pneumatik dan gerakan putar (*rotary*) oleh motor listrik. Sinyal keluaran dikontrol oleh sistem kontrol dan aktuator bertanggung jawab pada sinyal kontrol melalui elemen kontrol terakhir. Aktuator pneumatik dapat digolongkan menjadi 2 kelompok : **gerak lurus**

(*linier motion actuator*) dan gerak putar (*rotary motion actuator*). Dari kelompok aktuator gerak lurus dibagi menjadi dua yaitu **silinder kerja tunggal** (*single acting cylinder*) dan **silinder kerja ganda** (*double acting cylinder*). Sedangkan dari kelompok gerak putar juga dibagi menjadi dua yaitu **motor udara** (*motor pneumatik*) dan **aktuator yang berputar** (*rotary aktuator*).

a. Macam-macam Silinder Pneumatik

Tabel 2.10. Simbol-simbol Gerak Lurus (Linier Actuator)

SIMBOL	NAMA KOMPONEN
	Silinder kerja tunggal
	Silinder kerja tunggal , piston dengan magnet tetap
	Silinder kerja ganda

Tabel 2.11. Simbol-simbol Gerak Putar (*Rotary Actuator*)

SIMBOL	NAMA KOMPONEN
	Motor udara, putaran satu arah, kapasitas tetap.
	Motor udara, putaran satu arah, kapasitas bervariasi.
	Motor udara, putaran dua arah, kapasitas bervariasi.
	Aktuator putar lintasan terbatas. Putaran dua arah.

1. Silinder Gerak Lurus (*Linier Motion Actuator*)

a. Silinder Kerja Tunggal (*Single Acting Cylinder*)

1) Prinsip kerja silinder kerja tunggal

Dengan memberikan udara bertekanan pada satu sisi permukaan piston, sisi yang lain terbuka ke atmosfer. Silinder hanya bisa memberikan gaya kerja ke satu arah. Gerakan piston kembali masuk diberikan oleh gaya pegas yang ada didalam silinder direncanakan hanya untuk mengembalikan silinder pada posisi awal dengan alasan agar kecepatan kembali tinggi pada kondisi tanpa beban. Pada silinder kerja tunggal dengan pegas, langkah silinder dibatasi oleh panjangnya pegas, besar kecepatannya tergantung dari pegas yang digunakan. Oleh karena itu silinder kerja tunggal dibuat maksimum langkahnya sampai sekitar 80 mm.

2) Kegunaan silinder kerja tunggal

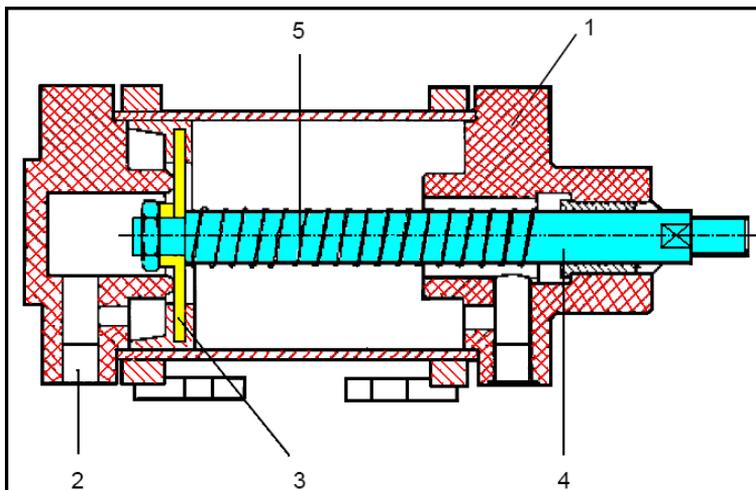
Menurut konstruksinya silinder kerja tunggal dapat melaksanakan berbagai fungsi gerakan, seperti :

- Menjepit benda kerja

- Pemotongan
- Pengangkat ringan
- Pengepresan

3) Konstruksi silinder kerja tunggal

Silinder kerja tunggal mempunyai seal piston tunggal yang dipasang pada sisi suplai udara bertekanan. Pembuangan udara pada sisi batang piston silinder dikeluarkan ke atmosfer melalui saluran pembuangan. Jika lubang pembuangan tidak diproteksi dengan sebuah penyaring akan memungkinkan masuknya partikel halus dari debu ke dalam silinder yang bisa merusak seal. *Seal* (perapat) digunakan untuk mencegah kebocoran udara yang dipakai. Pemakaian seal dimaksudkan supaya perangkat torak dapat bergerak meluncur (*sliding*) pada silindernya dengan baik. Apabila lubang pembuangan ini tertutup akan membatasi atau menghentikan udara yang akan dibuang pada saat silinder gerakan keluar dan gerakan akan menjadi tersentak-sentak atau terhenti.



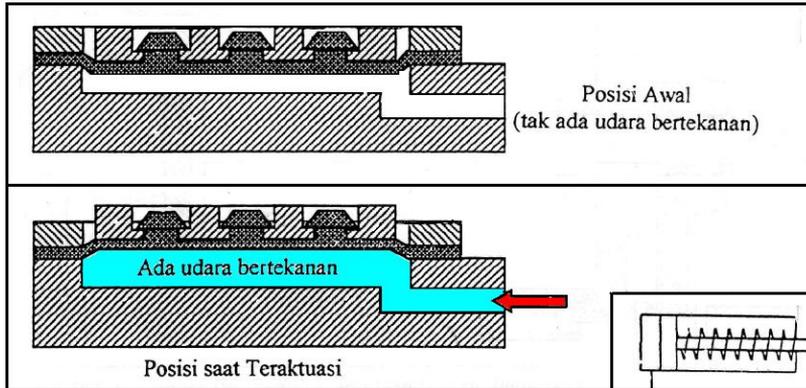
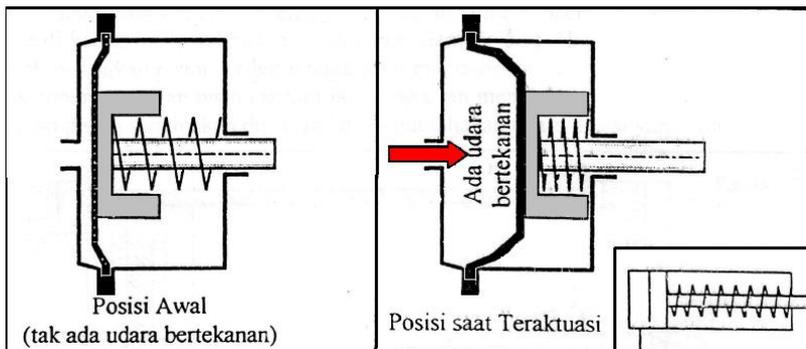
Gambar 2.20. Silinder Kerja Tunggal

Keterangan:

1. Rumah silinder
2. Lubang masuk udara bertekanan
3. Piston
4. Batang piston

5. Pegas pengembali

4) Macam-macam silinder kerja tunggal

a) Silinder membran (*Diapragma*)Gambar 2.21. Silinder Membran (*Diapragma*)b) Silinder rol membran (*Diapragma dengan rol*)

Gambar 2.22. Silinder Rol Membran

2. Silinder Kerja Ganda (*Double Acting Cylinder*)

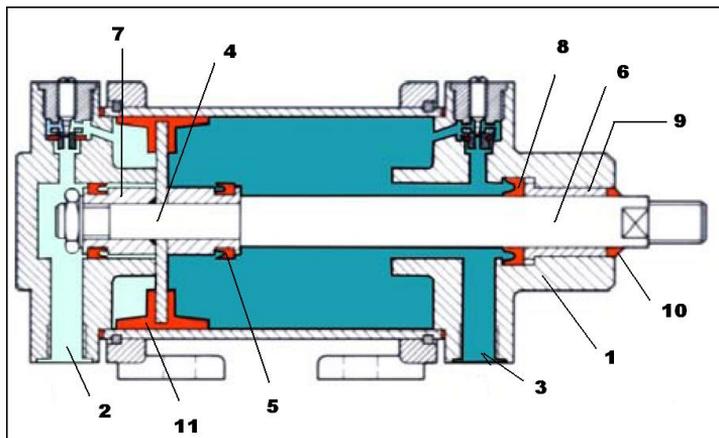
a. Prinsip kerja silinder kerja ganda

Dengan memberikan udara bertekanan pada satu sisi permukaan piston (arah maju), sedangkan sisi yang lain (arah mundur) terbuka ke atmosfer, maka gaya diberikan pada sisi permukaan piston tersebut sehingga batang piston akan terdorong keluar sampai mencapai posisi maksimum dan berhenti. Gerakan silinder kembali masuk, diberikan oleh gaya pada sisi

permukaan batang piston (arah mundur) dan sisi permukaan piston (arah maju) udaranya terbuka ke atmosfer. Keuntungan silinder kerja ganda dapat dibebani pada kedua arah gerakan batang pistonnya. Ini memungkinkan pemasangannya lebih fleksibel. Gaya yang diberikan pada batang piston gerakan keluar lebih besar daripada gerakan masuk. Karena efektif permukaan piston dikurangi pada sisi batang piston oleh luas permukaan batang piston. Silinder aktif adalah dibawah kontrol suplai udara pada kedua arah gerakannya. Pada prinsipnya panjang langkah silinder dibatasi, walaupun factor lengkungan dan bengkokan yang diterima batang piston harus diperbolehkan. Seperti silinder kerja tunggal, pada silinder kerja ganda piston dipasang dengan seal jenis cincin O atau membran.

1) Konstruksi silinder kerja ganda

Konstruksi silinder kerja ganda adalah sama dengan silinder kerja tunggal, tetapi tidak mempunyai pegas pengembali. Silinder kerja ganda mempunyai dua saluran (saluran masukan dan saluran pembuangan). Silinder terdiri dari tabung silinder dan penutupnya, piston dengan *seal*, batang piston, bantalan, ring pengikis dan bagian penyambungan. Konstruksinya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.23. Silinder Kerja Ganda (*Double Acting Cylinder*)

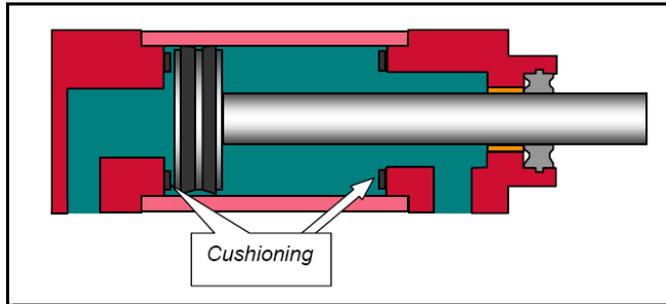
Keterangan:

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1. Rumah Silinder | 7. Cincin lingkat atau O-ring |
| 2. Saluran Udara Masuk | 8. <i>Seal</i> |
| 3. Saluran Udara Keluar | 9. <i>Bush bearing</i> |

4. Batang piston
5. *Cushioning*
6. Piston
10. *Scraping ring*
11. *Double-cup packing*

Biasanya **tabung silinder** terbuat dari tabung baja tanpa sambungan. Untuk memperpanjang usia komponen seal permukaan dalam tabung silinder dikerjakan dengan mesin yang presisi. Untuk aplikasi khusus tabung silinder bisa dibuat dari aluminium, kuningan dan lain-lain.

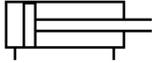
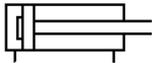
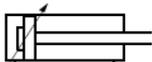
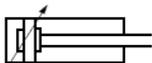
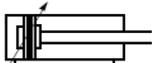
Cushion berfungsi untuk menghindari kontak yang keras pada akhir langkah. Jadi dengan sistem *cushion* ini kita memberikan bantalan atau pegas pada akhir langkah.



Gambar 2.24. Silinder kerja ganda *with Cushion*

2) Macam-macam silinder kerja ganda

Tabel 2.12. Macam-macam Silinder Kerja Ganda

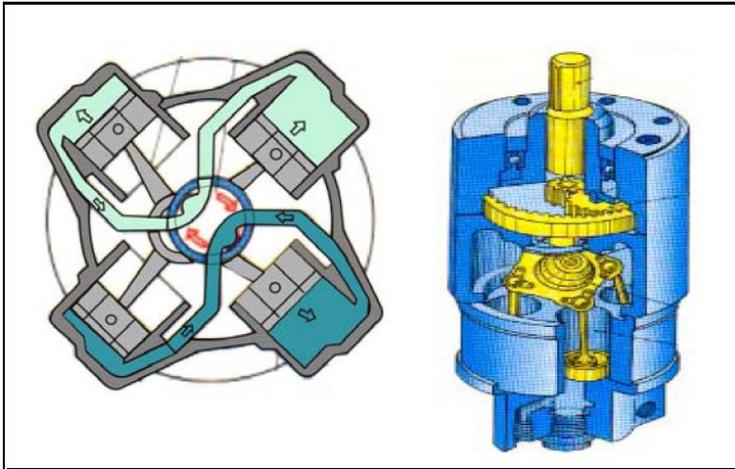
SIMBOL	NAMA KOMPONEN
	Silinder kerja ganda
	Silinder kerja ganda dengan batang piston sisi ganda.
	Silinder kerja ganda dengan bantalan udara tetap dalam satu arah.
	Silinder kerja ganda dengan bantalan udara tunggal, dapat diatur pada satu sisi.
	Silinder kerja ganda dengan bantalan udara ganda, dapat diatur pada kedua sisi.
	Silinder kerja ganda dengan bantalan udara ganda, dapat diatur pada kedua sisi dan piston bermagnet.

3) Gerakkan Putar (*Rotary Motion Actuator*)

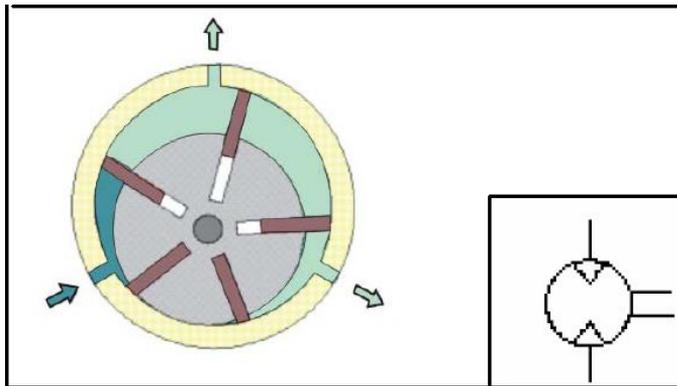
a) Motor Udara (*Motor Pneumatik*)

Motor pneumatik mengubah energi pneumatik (udara kempa) menjadi gerakan putar mekanik yang kontinyu. Motor pneumatik ini telah cukup berkembang dan penggunaannya telah cukup meluas. Macam-macam motor pneumatik, antara lain: a) Piston Motor Pneumatik, b) *Sliding Vane Motor*, c) *Gear Motor*. d) *Turbines (High Flow)*.

Berikut contoh-contoh motor pneumatik.



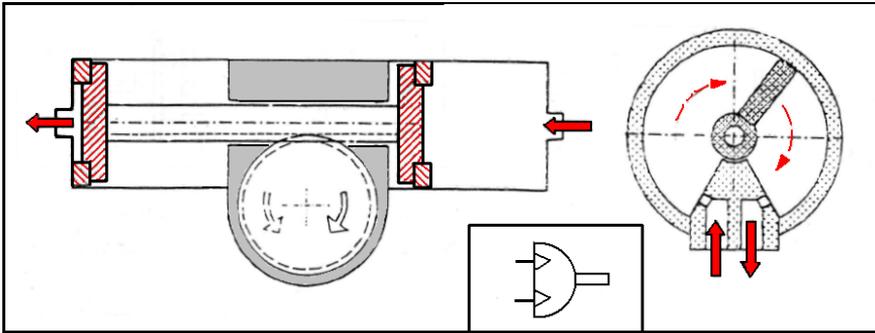
Gambar 2.25. Motor Piston Radial dan Motor Axial



Gambar 2.26. Rotary Van Motor

b) Aktuator yang berputar (*Rotary actuator*)

Menurut bentuk dan konstruksinya, motor pneumatik dibedakan menjadi : a) Motor torak, b) Motor baling-baling luncur, c) Motor roda gigi, d) Motor aliran. Cara kerja motor pneumatik berupa piston translasi kemudian dikonversi menjadi gerakan berputar/rotasi dimana udara bertekanan dialirkan melalui torak atau baling-baling yang terdapat pada porosnya.



Gambar 2.27. Aktuator Yang Berputar (*Rotary Actuator*)

Ada beberapa kelebihan penggunaan motor pneumatik, antara lain:

- a) Kecepatan putaran dan tenaga dapat diatur secara tak terbatas, b) Batas kecepatan cukup lebar, c) Ukuran kecil sehingga ringan, d) Ada pengaman beban lebih, e) Tidak peka terhadap debu, cairan, panas dan dingin, f) Tahan terhadap ledakan, g) Mudah dalam pemeliharaan, h) Arah putaran mudah dibolak-balik.

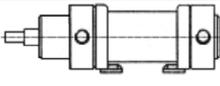
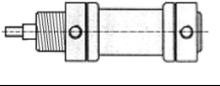
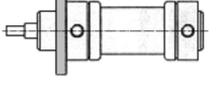
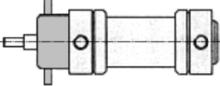
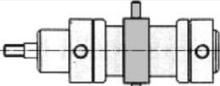
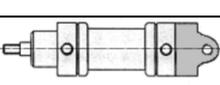
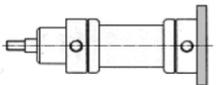
5. Pemasangan Silinder Pneumatik

Pemasangan silinder ditentukan oleh cara-cara gerakan silinder yang ditempatkan pada sebuah mesin atau peralatan. Silinder bisa dirancang dengan **jenis pemasangan permanen** jika tidak harus diatur setiap saat. Alternatif lain, silinder bisa menggunakan **jenis pemasangan yang diatur**, yang bisa diubah dengan menggunakan perlengkapan yang cocok pada prinsip konstruksi modul. Alasan ini adalah penyederhanaan yang penting sekali dalam penyimpanan, lebih khusus lagi dimana silinder pneumatik dengan jumlah besar digunakan seperti halnya silinder dasar dan bagian pemasangan dipilih secara bebas membutuhkan untuk disimpan. Pemasangan silinder dan kopleng batang piston harus digabungkan dengan hati-hati pada penerapan yang relevan, karena silinder harus dibebani hanya pada arah aksial. Secepat gaya dipindahkan ke sebuah mesin, secepat itu pula tekanan terjadi pada silinder. Jika sumbu salah gabung dan tidak segaris dipasang, tekanan bantalan pada tabung silinder dan batang piston dapat diterima. Sebagai akibatnya adalah:

- Tekanan samping yang besar pada bantalan silinder memberikan indikasi bahwa pemakaian silinder meningkat.
- Tekanan samping pada batang piston akan mengikis bantalan
- Tekanan tidak seimbang pada seal piston dan batang piston.

Tekanan samping ini sering mendahului faktor pengurangan perawatan silinder yang sudah direncanakan sebelumnya. Pemasangan bantalan silinder yang dapat diatur dalam tiga dimensi membuat kemungkinan untuk menghindari tekanan bantalan yang berlebihan pada silinder. Momen bengkok yang akan terjadi selanjutnya dibatasi oleh penggesekan yang bergeser pada bantalan. Ini bertujuan bahwa silinder diutamakan bekerja hanya pada tekanan yang sudah direncanakan, sehingga bisa mencapai secara maksimum perawatan yang sudah direncanakan.

Tabel 2.13. Jenis-jenis Pemasangan Silinder Pneumatik

	<i>Foot</i> (ada kakinya)
	<i>Thread</i> (berulir di ujung)
	<i>Front flange</i> (ada flens di depan)
	<i>Swivel flange front</i> (berengsel di depan)
	<i>Swivel flange centre</i> (berengsel di tengah)
	<i>Swivel flanger rea</i> (berengsel di belakang)
	<i>Rear flange</i> (ada flange di belakang)

c. Rangkuman

1. Katup pneumatik adalah perlengkapan pengontrol atau pengatur, baik untuk mulai (*start*), berhenti (*stop*), arah aliran dan tekanan aliran dari suatu tekanan perantara yang dibawa oleh pompa. Katup berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan arah udara kempa yang akan

bekerja menggerakkan aktuator, dengan kata lain katup ini berfungsi untuk mengendalikan arah gerakan aktuator.

2. Katup-katup pneumatik diberi nama berdasarkan pada:
 - a) Jumlah lubang/saluran kerja (*port*),
 - b) Jumlah posisi kerja,
 - c) Jenis penggerak katup, dan
 - d) Nama tambahan lain sesuai dengan karakteristik katup.

3. Prinsip dari silinder pneumatik / aktuator adalah udara bertekanan (udara kempaan atau angin) yang sering disebut sebagai tenaga pneumatik dirubah menjadi gerakan lurus bolak-balik (*straight line reciprocating*) oleh silinder pneumatik dan gerakkan putar (*rotary*) oleh motor listrik. Sinyal keluaran dikontrol oleh sistem kontrol dan aktuator bertanggung jawab pada sinyal kontrol melalui elemen kontrol terakhir.

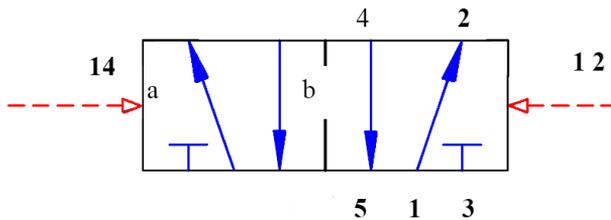
d. Tugas

1. Gambar macam-macam katup yang ada di Sistem pneumatik, kemudian melalui gambar tersebut jelaskan prinsip kerja katup tersebut!
2. Ada dua macam silinder yaitu silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda. Jelaskan prinsip kerja dari kedua silinder tersebut dan aplikasi penggunaan kedua silinder tersebut!

e. Tes Formatif

Jawablah soal-soal di bawah ini dengan tepat!

1. Apakah yang dimaksud dengan katup pada sistem pneumatik !
2. Sebutkan fungsi katup pneumatik menurut anda !
3. Sebutkan dasar dalam penamaan katup pneumatik!
4. Sebutkan macam-macam katup pada sistem pneumatik !
5. Jelaskan prinsip penamaan jenis katup di bawah ini !

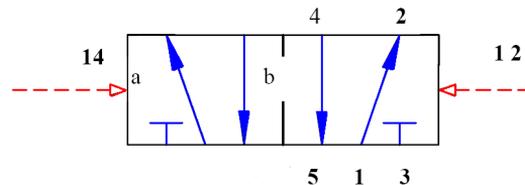


6. Apakah yang dimaksud dengan katup pengarah (*Directional Way Valve*)
7. Apakah yang dimaksud dengan katup pengontrol aliran (*Flow Control Valve*)!
8. Jelaskan prinsip kerja aktuator!
9. Jelaskan pembagian kelompok aktuator!
10. Apa akibatnya jika sumbu silinder salah gabung dan tidak segaris dipasang?

f. Kunci Jawaban

1. Yang dimaksud dengan katup pada sistem pneumatik adalah perlengkapan pengontrol atau pengatur, baik untuk mulai (*start*), berhenti (*stop*), arah aliran dan tekanan aliran dari suatu tekanan perantara yang dibawa oleh pompa
2. Fungsi katup pneumatik untuk mengatur atau mengendalikan arah udara kempa yang akan bekerja menggerakkan actuator, atau berfungsi untuk mengendalikan arah gerakan aktuator.
3. Katup-katup pneumatik diberi nama berdasarkan pada:
 - a) Jumlah lubang/saluran kerja (*port*),
 - b) Jumlah posisi kerja,
 - c) Jenis penggerak katup, dan
 - d) Nama tambahan lain sesuai dengan karakteristik katup.

4. Macam-macam katup pada sistem pneumatik, meliputi
- Menurut desain konstruksinya dapat dikelompokkan sebagai berikut:
 - Katup Poppet (*Poppet Valves*)
 - Katup Geser (*Slide valves*)
 - Katup luncur memanjang (*Longitudinal Slide*)
 - Katup luncur plat atau kupu-kupu (*Plate Slide*)
 - Menurut fungsinya katup-katup dikelompokkan sebagai berikut :
 - Katup Pengarah (*Directional Control Valves*)
 - Katup Kombinasi (*Valve of Combination*)
 - Katup Pengatur Tekanan (*Pressure Control Valves*)
 - Katup Pengontrol Aliran (*Flow Control Valves*)
 - Katup buka-tutup (*Shut-off valves*)
5. Prinsip penamaan jenis katup di bawah ini !



Jumlah lubang/port bawah ada tiga (1,3,5) sedangkan di bagian output ada 2 port (2,4). Katup tersebut juga memiliki dua posisi/ruang yaitu a dan b. Penggerak katup berupa udara bertekanan dari sisi 14 dan 12. Sisi 14 artinya bila disisi tersebut terdapat tekanan udara, maka tekanan udara tersebut akan menggeser katup ke kanan sehingga udara bertekanan akan mengalir melalui port 1 ke port 4 ditulis 14. Demikian pula sisi 12 akan mengaktifkan ruang b sehingga port 1 akan terhubung dengan port 2 ditulis 12. Berdasarkan pada data-data di atas, maka katup di atas diberi nama : Katup 5/2 artinya ada 5 lubang dalam 2 posisi.

6. Katup pengarah (*Directional Way Valve*) adalah peralatan pneumatik yang mengarahkan aliran udara bertekanan sesuai dengan sensor katup.
7. Katup pengontrol aliran (*Flow Control Valve*) adalah peralatan pneumatik yang berfungsi sebagai pengatur dan pengendali udara bertekanan (pengendali angin) khususnya udara yang harus masuk ke dalam silinder-silinder pneumatik.
8. Prinsip kerja aktuator adalah udara bertekanan (udara kempa atau angin) yang sering disebut sebagai tenaga pneumatik dirubah menjadi gerakan lurus bolak-balik (*straight line reciprocating*) oleh silinder pneumatik dan gerakkan putar (*rotary*) oleh motor listrik. Sinyal keluaran dikontrol oleh sistem kontrol dan aktuator bertanggung jawab pada sinyal kontrol melalui elemen kontrol terakhir.
9. Aktuator pneumatik dapat digolongkan menjadi 2 kelompok : *gerak lurus (linier motion actuator)* dan gerak putar (*rotary motion actuator*). Dari kelompok aktuator gerak lurus dibagi menjadi dua yaitu silinder kerja tunggal (*single acting cylinder*) dan silinder kerja ganda (*double acting cylinder*). Sedangkan dari kelompok gerak putar juga dibagi menjadi dua yaitu motor udara (*motor pneumatik*) dan aktuator yang berputar (*rotary aktuator*).
10. Akibatnya jika sumbu silinder salah gabung dan tidak segaris dipasang, maka
 - Tekanan samping yang besar pada bantalan silinder memberikan indikasi bahwa pemakaian silinder meningkat.
 - Tekanan samping pada batang piston akan mengikis bantalan
 - Tekanan tidak seimbang pada *seal* piston dan batang piston.

3. Kegiatan Belajar 3 : Penggambaran Diagram Rangkaian

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat :

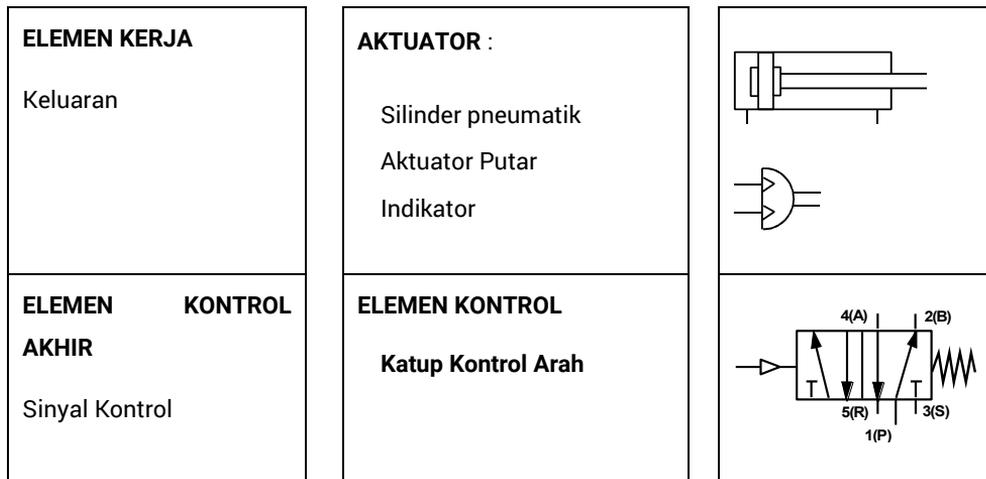
1. Menyusun rangkaian pengendalian silinder pneumatik kerja tunggal secara langsung
2. Menyusun rangkaian pengendalian silinder pneumatik kerja tunggal/ganda secara tak langsung.
3. Menyusun rangkaian pengendalian silinder pneumatik kerja ganda bergerak respirokal.

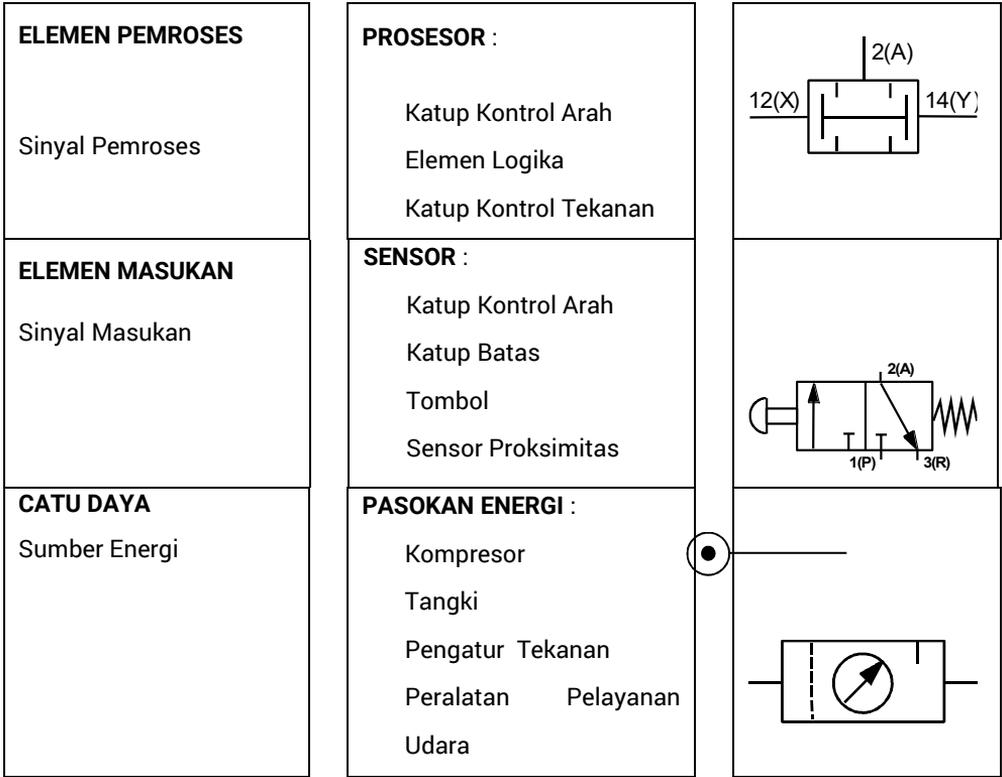
b. Uraian Materi

Penggambaran Diagram Rangkaian

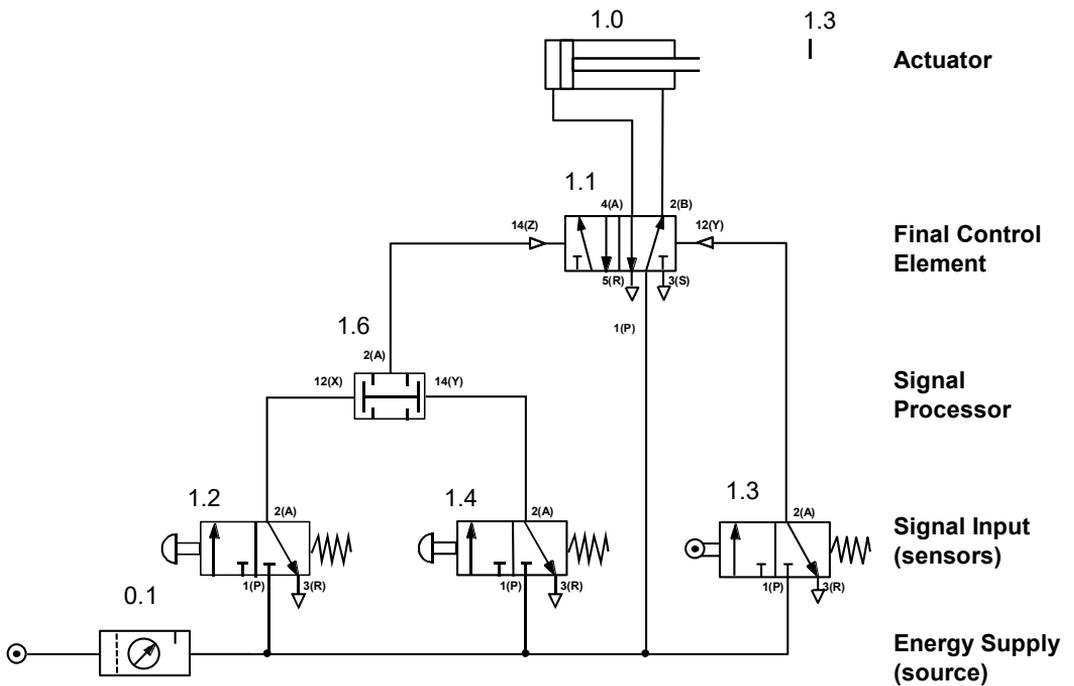
Diagram rangkaian harus digambar dengan tata cara penggambaran yang benar. Karena hal ini akan memudahkan seseorang untuk membaca rangkaian, sehingga mempermudah pada saat merangkai atau mencari kesalahan Sistem pneumatik. Tata letak komponen diagram rangkaian harus disesuaikan dengan diagram alir dari mata rantai kontrol yaitu sebuah sinyal harus mulai mengalir dari bawah menuju ke atas dari gambar rangkaian.

Diagram alir mata rantai kontrol dan elemen-elemennya digambarkan sebagai berikut:





Rangkaian diagram pneumatik :



Gambar 3.1. Diagram rangkaian pneumatik

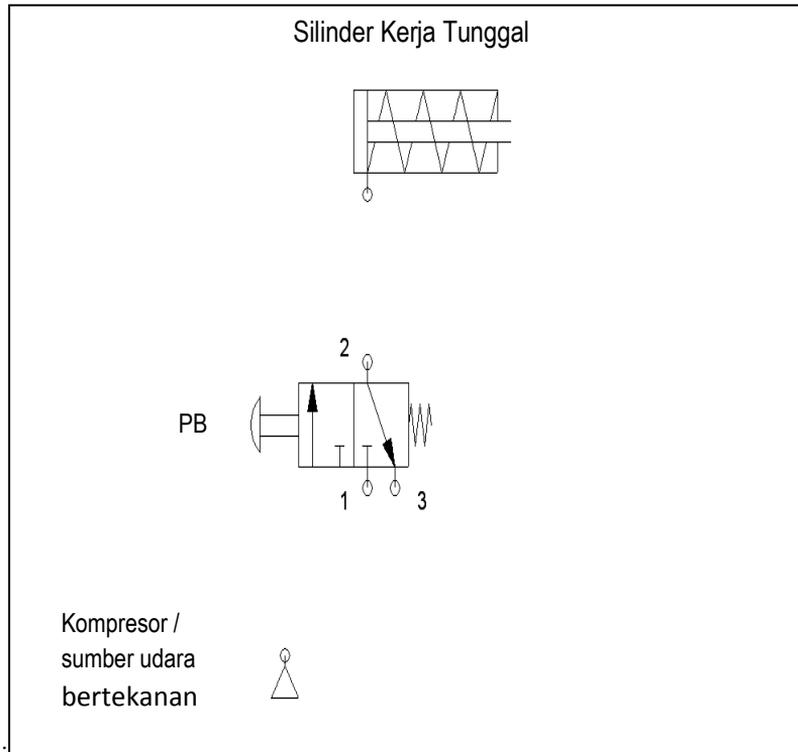
1. Pengendalian Silinder Pneumatik Kerja Tunggal Secara Langsung

a. Latihan 01

Silinder pneumatik kerja tunggal, batang pistonnya akan digerakkan maju (*advance* atau *forward* atau *Go+*). Pengendaliannya secara langsung oleh *Push Button* (PB) katup pneumatik. Batang piston tadi akan kembali atau mundur (*return* atau *reserve* atau *go back* atau *Go-*) oleh pegas pengembali (*spring return*) yang ada di dalam silinder itu sendiri. Komponen atau elemen pokok yang harus disiapkan :

- a. Silinder pneumatik kerja tunggal
- b. Katup 3/2-way dengan *spring return* sebagai PB

Tata letak (lay out) diagram pneumatik



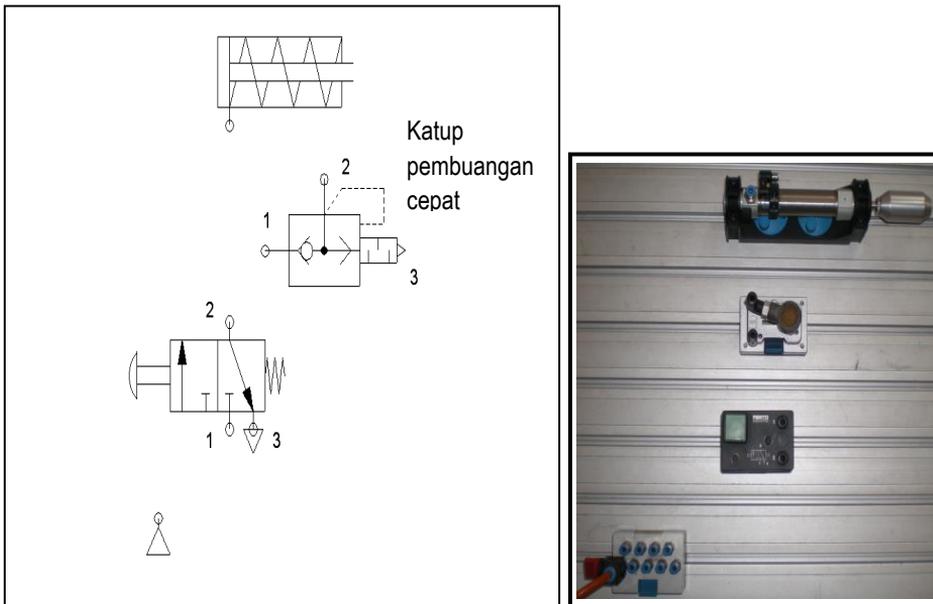
Gambar 3.2. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder pneumatik kerja tunggal secara langsung oleh sebuah *Push Button* (PB)

b. Latihan 02

Silinder pneumatik kerja tunggal akan digerakkan $G0+$ dan $G0-$. Pengendaliannya secara langsung oleh Push Button katup pneumatik. Batang piston tadi akan $G0+$ dan $G0-$ dengan kecepatan yang berbeda. Saat gerak $G0-$, gerakkannya sedikit agak cepat jika dibandingkan dengan $G0+$. Komponen atau elemen pokok kerja yang harus disiapkan:

- Silinder pneumatik kerja tunggal
- Katup 3/2-way dengan spring return sebagai PB
- Katup pneumatik yang berfungsi sebagai pembuangan cepat

Tata letak (lay out) diagram pneumatik:



Gambar 3.3. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder pneumatik kerja tunggal secara langsung, dan memanfaatkan katup pembuangan cepat untuk maksud $G0-$ lebih cepat dari pada $G0+$.

Unjuk kerja dari rangkaian gambar adalah :

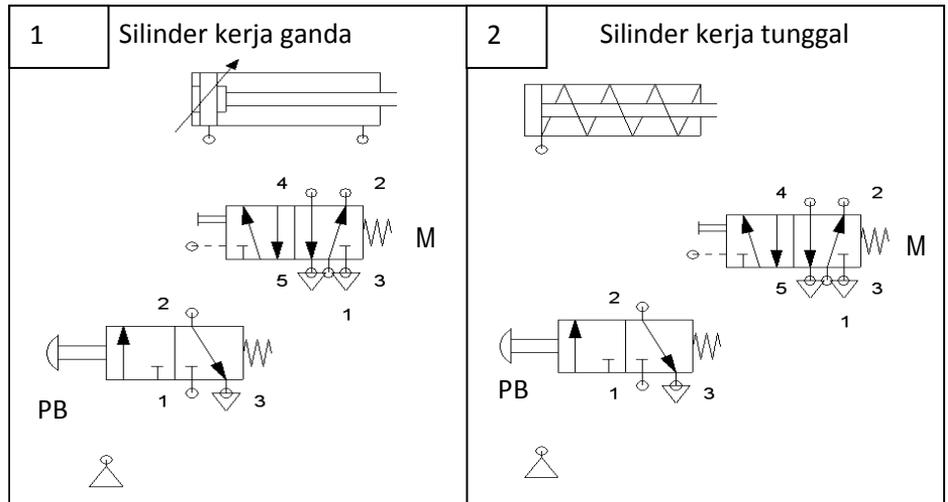
1. Saat PB ditekan secara press and hold (tanpa dilepas), maka silinder akan bergerak Go+ sedikit lambat.
2. Saat PB dilepas maka silinder secara otomatis akan bergerak Go- secara lebih cepat jika dibandingkan dengan Go+

2. Pengendalian Silinder Kerja Tunggal Atau Kerja Ganda Secara Tak Langsung.

a. Latihan 01

Silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda akan digerakkan Go+. Pengendaliannya secara tidak langsung oleh PB katup pneumatik. Silinder akan Go- oleh pegas pengendali QQ yang ada didalamnya.

Tata letak diagram pneumatik :



Keterangan :

M = Monostable

PB = Push Button



Gambar 3.4. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda secara tidak langsung.

Unjuk kerja dari rangkaian gambar adalah :

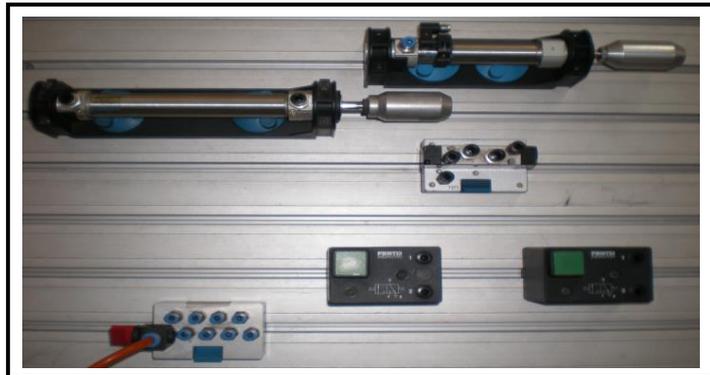
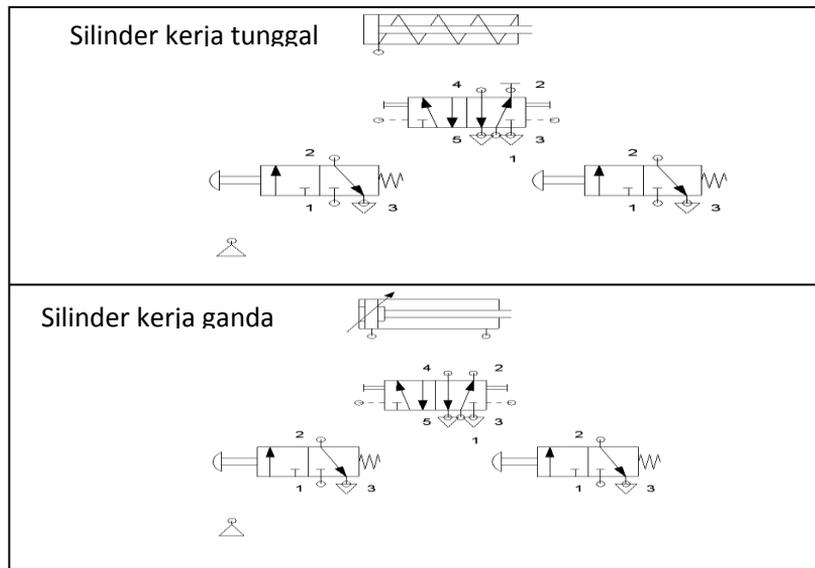
- a. PB ditekan secara terus menerus, maka silinder akan bergerak Go+
- b. PB dilepas, secara otomatis silinder akan bergerak Go-

b. Latihan 02

Silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda akan digerakkan Go+ dan Go-. Pengendaliannya secara tidak langsung oleh dua buah Push Button. Komponen yang disiapkan :

- a. Silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda.
- b. Dua buah katup 3/2-way, masing-masing sebagai PB
- c. Katup 5/2-way sebagai bistable distributor.

Tata letak diagram pneumatik :



Gambar 3.5. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja tunggal atau ganda secara tak langsung oleh dua buah push button (PB).

Unjuk kerja dari rangkaian gambar adalah :

1. PB 1 ditekan sesaat, maka silinder akan bergerak Go+
2. PB 2 ditekan sesaat, maka silinder bergerak Go-

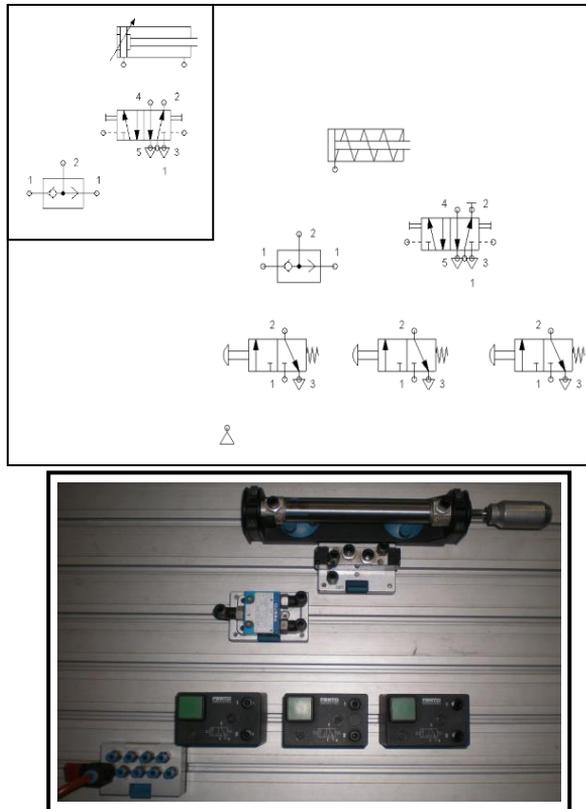
c. Latihan 03

Silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda akan digerakkan Go+ dan Go-. Pengendaliannya secara tidak langsung oleh tiga buah PB. Dua buah untuk Go+ dengan logika OR, sedangkan PB yang lain untuk Go-.

Komponen yang disiapkan :

1. Silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda
2. Tiga buah katup 3/2-way, masing-masing sebagai PB
3. Katup bola sebagai elemen logika OR
4. Katup 5/2-way sebagai bistable distributor

Tata letak diagram pneumatik :



Gambar 3.6. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja tunggal atau ganda secara tak langsung oleh tiga buah PB, dua PB untuk Go+, sebuah PB untuk Go-

Unjuk kerja dari rangkaian gambar di atas adalah sebagai berikut:

1. PB 1 ditekan sesaat, maka silinder akan bergerak Go+
2. PB 2 ditekan sesaat, silinder bergerak Go-
3. PB 1 dan PB 2 secara bersama ditekan sesaat, silinder bergerak Go+
4. PB 3 ditekan sesaat, silinder bergerak Go-

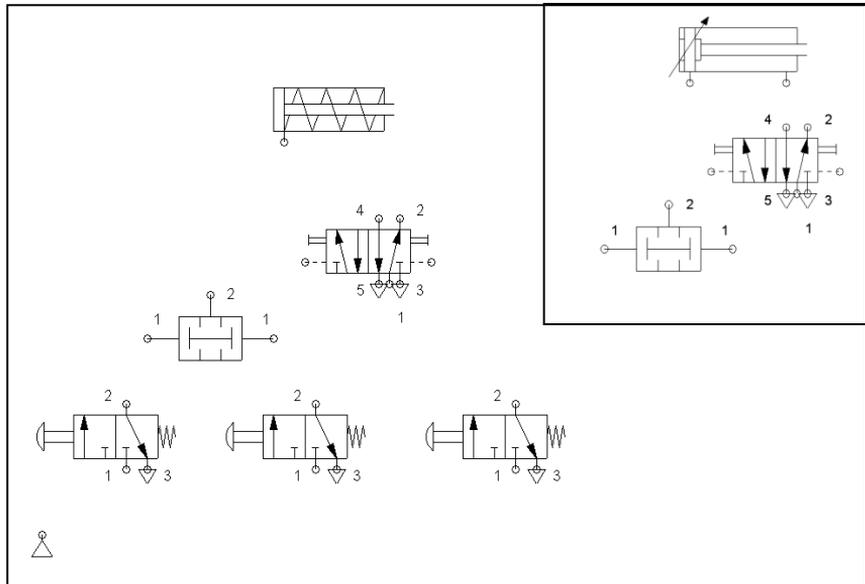
d. Latihan 04

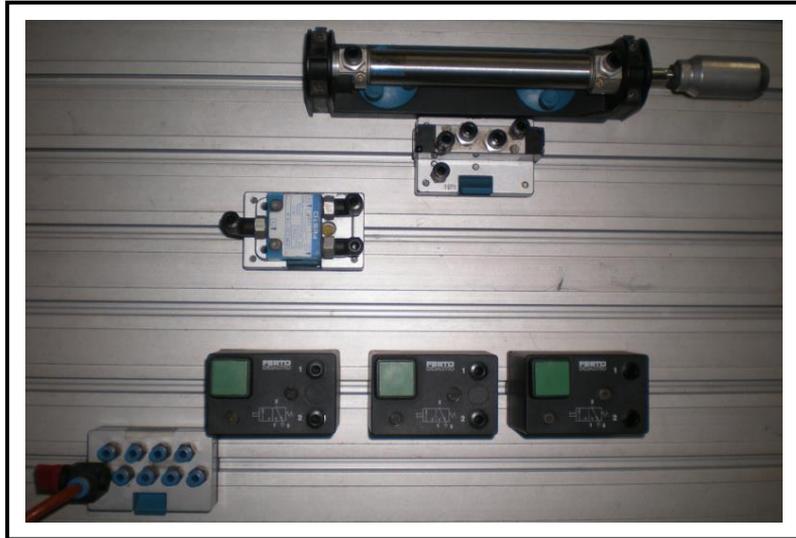
Silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda akan digerakkan Go+ dan Go-. Pengendaliannya secara tidak langsung oleh tiga buah PB. Dua buah untuk Go+ dengan logika AND, sedangkan PB yang lain untuk Go-.

Komponen yang disiapkan :

1. Silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda
2. Tiga buah katup 3/2-way, masing-masing sebagai PB
3. Sebuah katup dua tekanan sebagai elemen logika AND
4. Katup 5/2-way sebagai bistable distributor.

Tata letak diagram pneumatik :





Gambar 3.7. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja tunggal atau ganda secara tak langsung oleh tiga buah PB, dua PB untuk Go+ lewat katup logika AND, sebuah PB untuk Go-.

Unjuk kerja dari rangkaian gambar diatas adalah sebagai berikut:

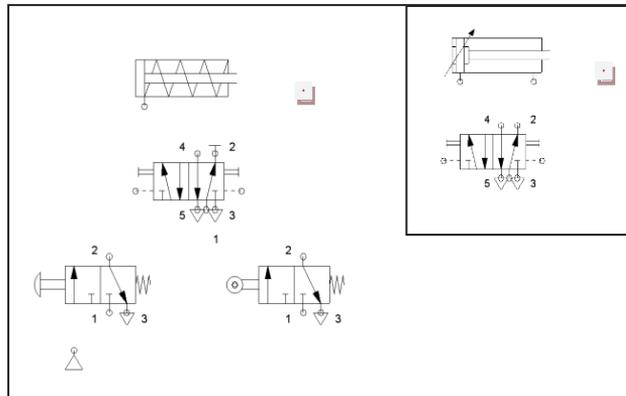
1. PB 1 ditekan, maka silinder tetap tidak bergerak
2. PB 2 ditekan, silinder tetap tidak bergerak
3. PB 1 dan PB 2 secara bersama ditekan, silinder bergerak Go+
4. PB 3 ditekan sesaat, silinder bergerak Go-

e. Latihan 05

Silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda akan digerakkan Go+ dan Go-. Pengendaliannya secara tidak langsung oleh sebuah PB dan sebuah limit switch. Untuk gerak kembali (Go-), LS tersebut sebagai kendali otomatis. Komponen yang disiapkan :

- 1) Silinder pneumatik kerja tunggal atau ganda
- 2) Sebuah katup 3/2-way, sebagai PB
- 3) Sebuah katup 3/2-way sebagai LS
- 4) Katup 5/2-way sebagai bistable distributor

Tata letak diagram pneumatik :



Gambar 3.8. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja tunggal atau ganda secara tak langsung sebuah PB, dan sebuah LS sebagai pengembali otomatis.

Unjuk kerja dari rangkaian gambar adalah sebagai berikut:

1. PB 1 ditekan sesaat, maka silinder akan bergerak Go+
2. LS tertekan, maka silinder secara otomatis bergerak Go-

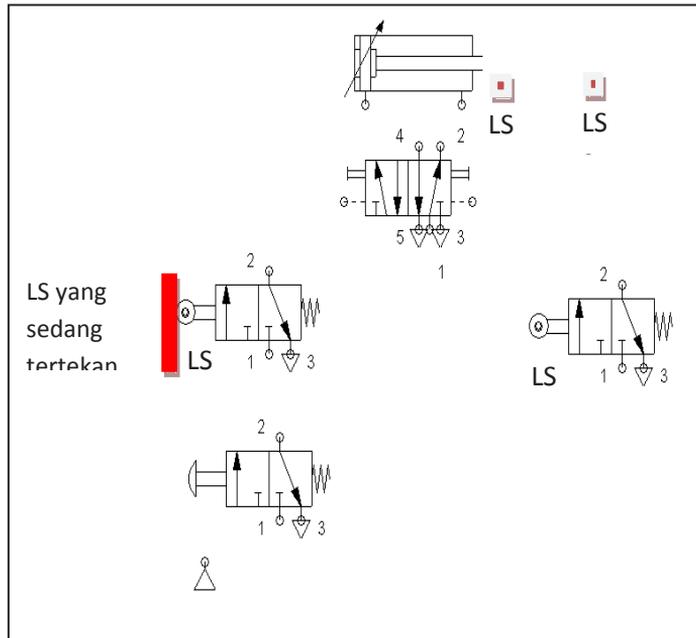
3. Pengendalian Silinder Pneumatik Kerja Ganda Supaya Dapat Bergerak Resiprokal

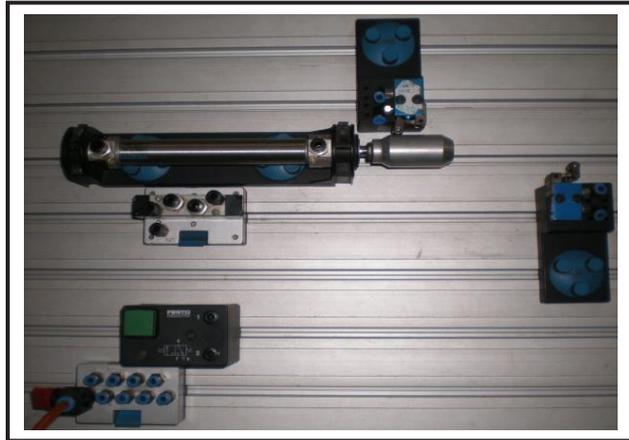
a. Latihan 01

Silinder pneumatik kerja ganda harus digerakkan secara terus menerus (*resiprokal*). Pengendaliannya secara tidak langsung oleh sebuah PB dan secara langsung oleh dua buah LS. Komponen yang disiapkan :

- 1) Silinder pneumatik kerja ganda
- 2) Sebuah katup 3/2-way, sebagai PB
- 3) Dua buah katup 3/2-way sebagai LS
- 4) Katup 5/2-way sebagai *bistable distributor*

Tata letak diagram pneumatik :





Unjuk kerja dari rangkaian gambar adalah sebagai berikut:

1. PB 1 ditekan terus menerus, maka silinder akan bergerak secara resiprok
2. PB dilepas, maka gerakan *resiprok* berhenti

Gambar 3.9. Diagram rangkaian pneumatik untuk pengendalian silinder kerja ganda secara langsung oleh sebuah PB, dan dua buah LS sebagai pengembali otomatis.

c. Rangkuman

1. Diagram rangkaian harus digambar dengan tata cara penggambaran yang benar. Karena hal ini akan memudahkan seseorang untuk membaca rangkaian, sehingga mempermudah pada saat merangkai atau mencari kesalahan Sistem pneumatic.
2. Tata letak komponen diagram rangkaian harus disesuaikan dengan diagram alir dari mata rantai kontrol yaitu sebuah sinyal harus mulai mengalir dari bawah menuju ke atas dari gambar rangkaian.
3. Program FluidSim dari FESTO dapat digunakan untuk praktek simulasi rangkaian pneumatik.

d. Tugas

1. Amati rangkaian aplikasi pneumatik yang Anda ketahui
2. Buat diagram rangkaian pneumatiknya, termasuk juga pelajari prinsip cara kerjanya!

3. Berikan kesimpulan apakah rangkaian tersebut termasuk jenis rangkaian langsung atau tidak langsung!

e. Tes Formatif

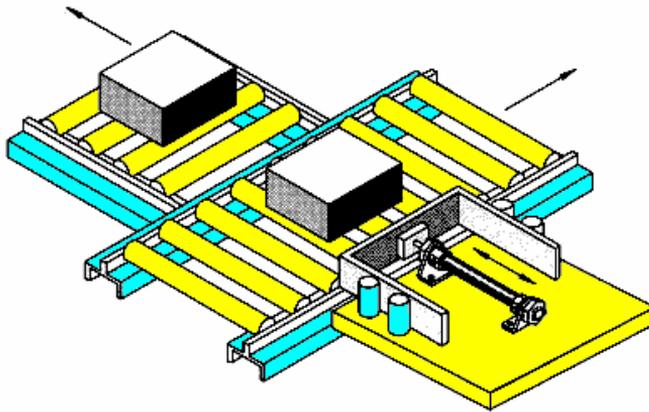
Lembar Latihan: Rangkaian Kontrol Langsung Silinder

Alat Penyortir (Sorting Device)

1. Diskripsi soal

Dengan menggunakan alat penyortir, benda ditransfer dari ban berjalan satu ke ban berjalan lainnya. Batang piston silinder akan keluar mendorong benda ke ban berjalan lain, jika switch tombol pneumatik ditekan. Tombol dilepas, batang piston kembali ke posisi semula.

2. Tata letak



Gambar 3.10. Alat penyortir (*Sorting Device*)

3. Tugas :

- a. Gambarlah rangkaian dengan menggunakan silinder kerja tunggal!
- b. Gambarlah rangkaian dengan menggunakan silinder kerja ganda!
- c. Katup jenis apa yang digunakan untuk soal 3a ?
- d. Katup jenis apa yang digunakan untuk soal 3b ?

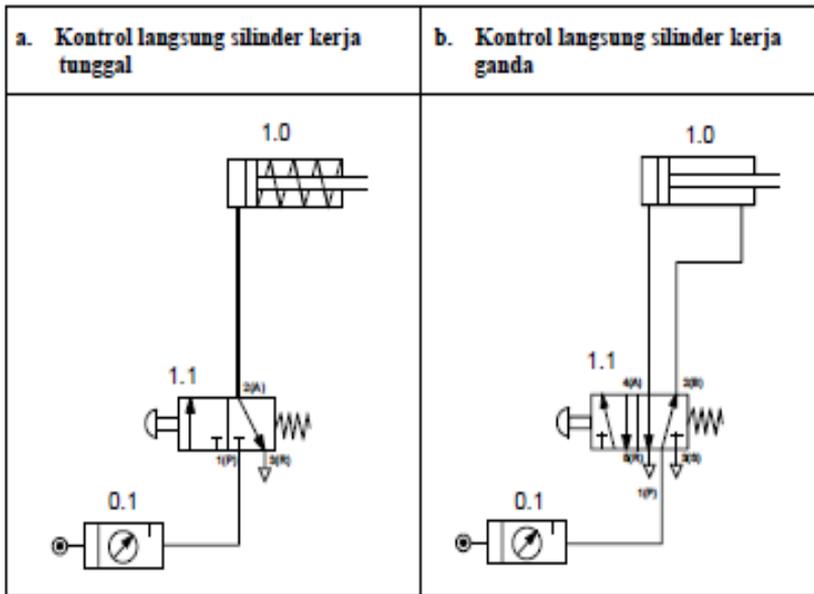
Lembar Jawaban : Kontrol Langsung Silinder

Silinder pneumatik kerja tunggal, batang pistonnya akan digerakkan maju (*advance* atau *forward* atau *Go+*). Pengendaliannya secara langsung oleh *Push Button* (PB) katup pneumatik. Batang piston tadi akan kembali atau mundur (*return* atau *reserve* atau *go back* atau *Go-*) oleh pegas pengembali (*spring return*) yang ada di dalam silinder itu sendiri.

Komponen atau elemen pokok yang harus disiapkan :

- Silinder pneumatik kerja tunggal
- Katup 3/2-way dengan *spring return* sebagai PB

Gambar Rangkaian :



Gambar 3.11. Rangkaian Kontrol Langsung Silinder

- Katup yang digunakan pada soal 3a adalah katup 3/2 yang dioperasikan dengan tombol dan dikembalikan dengan pegas.
- Katup yang digunakan pada soal 3b adalah katup 4/2 atau katup 5/2 yang dioperasikan dengan tombol dan dikembalikan dengan pegas.

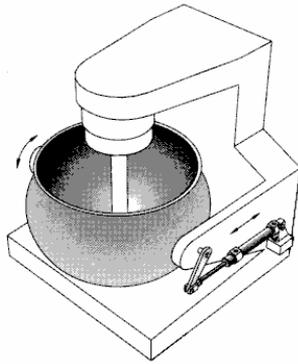
Lembar Latihan : Kontrol Tidak Langsung

Alat Penuang

1. Deskripsi soal

Dengan menggunakan alat penuang, cairan dituang dari mangkuk. Mangkuk akan miring dan cairan dalam mangkuk keluar jika tombol pneumatik ditekan. Penekanan tombol - tombol dilepas, mangkuk kembali ke posisi semula.

2. Tata letak



Gambar 3.12. Alat Penuang

3. Tugas

Gambarlah rangkaian kontrol pneumatik alat tersebut (kontrol tidak langsung)

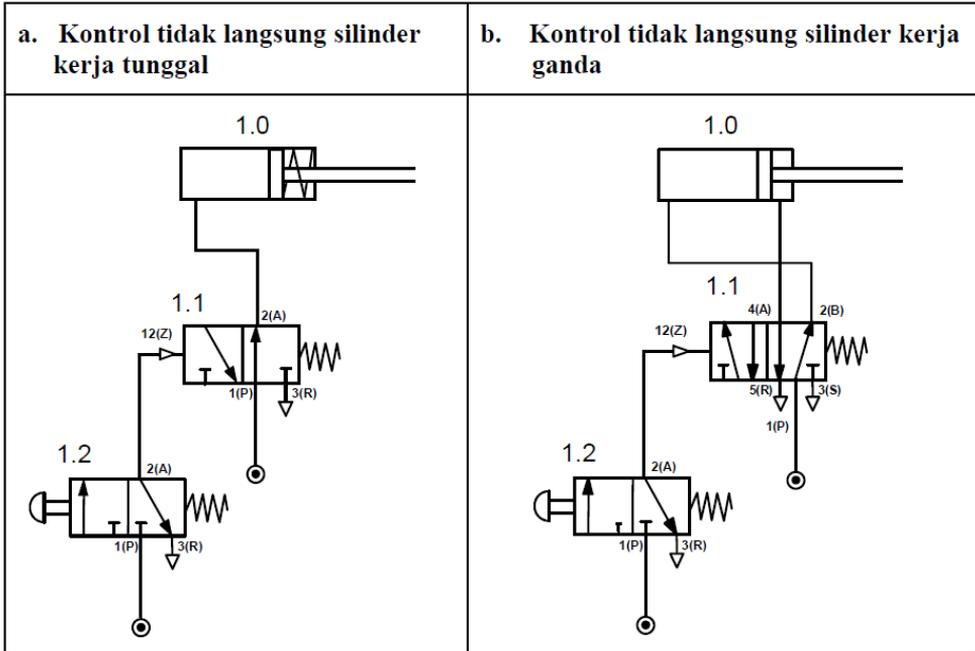
dengan :

- a. silinder kerja tunggal
- b. silinder kerja ganda

Lembar Jawaban: Rangkaian Kontrol Tidak Langsung

Alat Penuang

Diagram rangkaian



Gambar 3.13. Rangkaian Kontrol Tidak Langsung

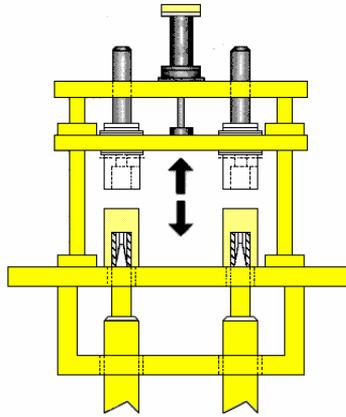
Lembar Latihan : Fungsi Logika DAN

Mesin Perakit

1. Diskripsi soal

Dengan menggunakan mesin perakit, komponen-komponen ditaruh di dalam mesin tersebut. Alat perakit akan maju merakit komponen-komponen di dalam mesin tersebut jika dua tombol switch ditekan bersama-sama. Penekanan tombol - tombol dilepas, alat perakit kembali ke posisi semula dan siap untuk memulai pekerjaan baru.

1. Tata letak



Gambar 3.14. Mesin Perakit

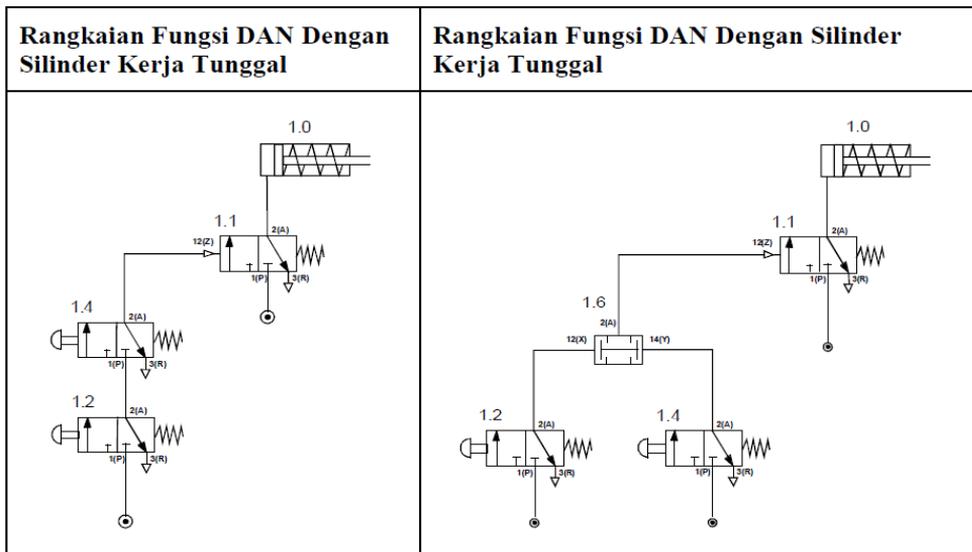
3. Tugas

Gambarlah rangkaian kontrol pneumatik alat tersebut dengan :

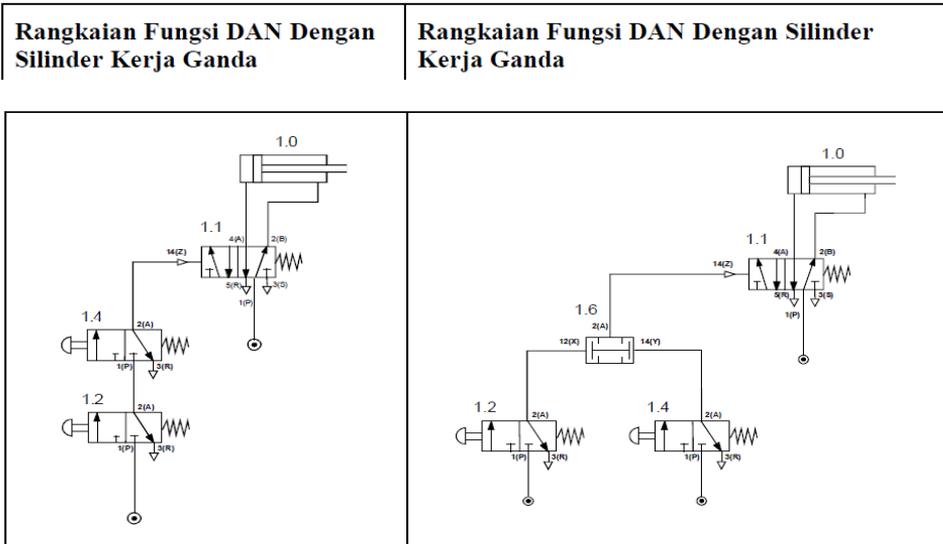
- a. silinder kerja tunggal
- b. silinder kerja ganda

Lembar Jawaban : Fungsi Logika DAN (Mesin Perakit)

Diagram rangkaian



Gambar 3.15. Rangkaian fungsi logika DAN silinder tunggal



Gambar 3.16. Rangkaian fungsi logika DAN silinder ganda

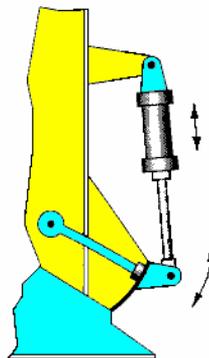
Latihan : Rangkaian Fungsi Logika ATAU

Kontrol Penutup

1. Diskripsi soal

Kontrol penutup digunakan untuk mengosongkan material di dalam kontainer. Kontrol penutup akan membuka dan mengosongkan isi kontainer jika salah satu dari dua tombol switch pneumatik ditekan. Penekanan tombol dilepas, alat pembuka menutup kembali seperti posisi semula.

2. Tata letak



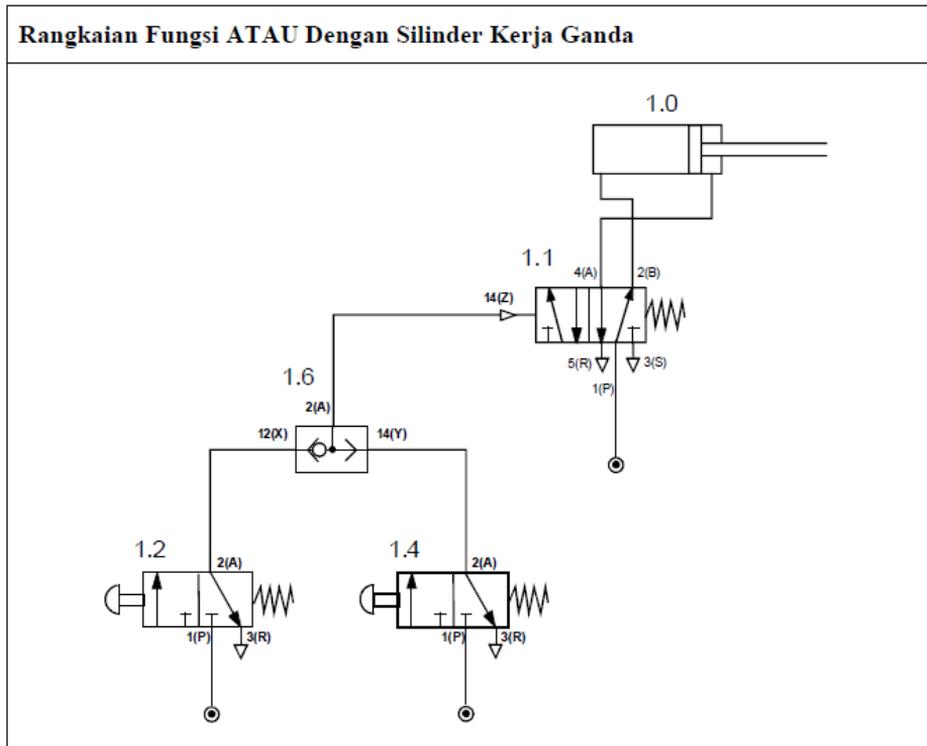
Gambar 3.17. Kontrol penutup

3. Tugas

Gambarlah rangkaian kontrol pneumatik alat diatas dengan silinder kerja ganda

Jawaban : Rangkaian Fungsi Logika ATAU

Kontrol Penutup



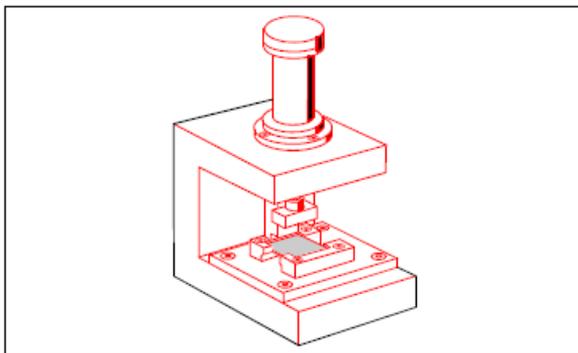
Gambar 3.18. Rangkaian fungsi logika ATAU silinder ganda

Latihan : Alat penekuk

1. Diskripsi soal

Permukaan lembaran logam akan dibentuk seperti huruf U menggunakan silinder pneumatik. Untuk memulai gerakan dilakukan dengan menekan tombol tekan, jika tombol dilepas maka batang piston silinder kembali ke posisi semula. Silinder (1.0) yang digunakan berdiameter 150 mm dan mempunyai panjang stroke 100 mm. Majunya silinder harus dapat diatur secara perlahan, sedangkan gerakan kembali dilakukan dengan cepat.

2. Tata letak



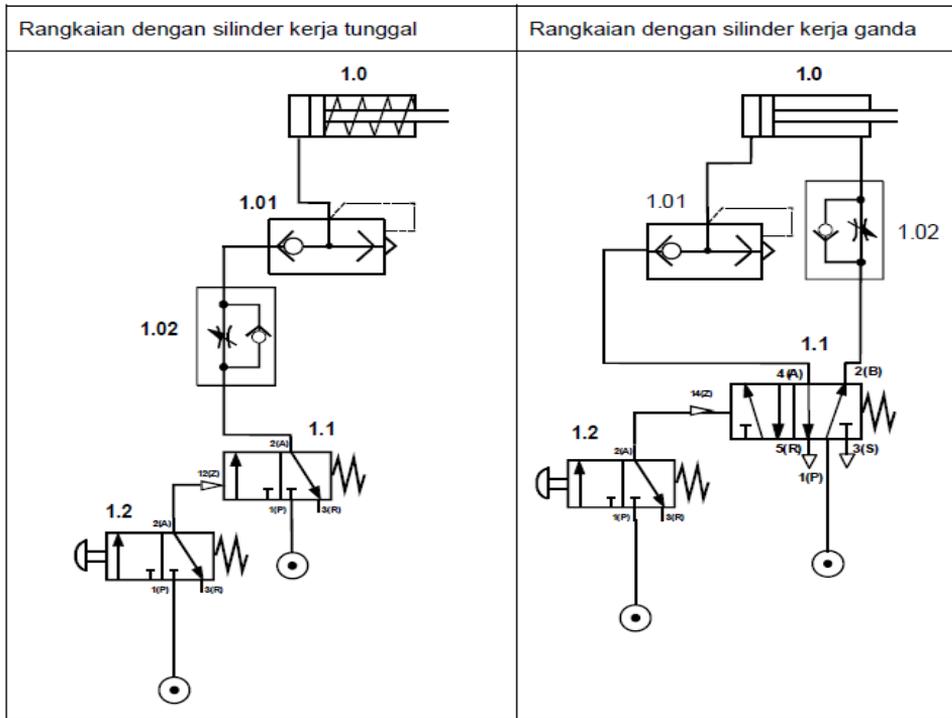
Gambar 3.19. Alat penekuk

3. Tugas

Gambarlah rangkaian kontrol pneumatik alat tersebut dengan :

- silinder kerja tunggal
- silinder kerja ganda

Lembar Jawaban Rangkaian pneumatik alat penekuk



Gambar 3.20. Rangkaian pneumatik alat penekuk

BAB III EVALUASI

Soal 1 : (Silinder kerja tunggal , kontrol langsung)

Pengeluaran Benda Kerja Dari Tempat Penyimpanan

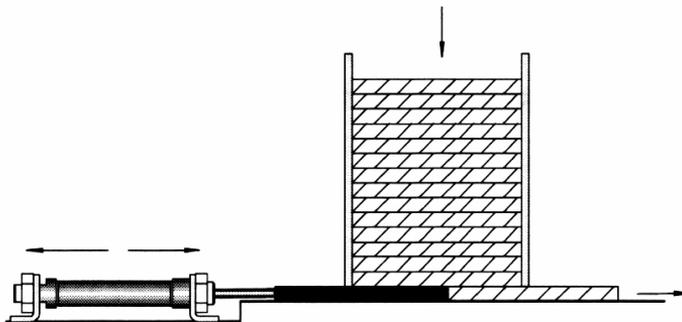
Deskripsi soal :

Benda didorong ke dalam mesin dari tempat penyimpanan dengan mempergunakan silinder kerja tunggal. Torak silinder keluar apabila tombol ditekan dan kembali ke posisi semula apabila tombol dilepas.

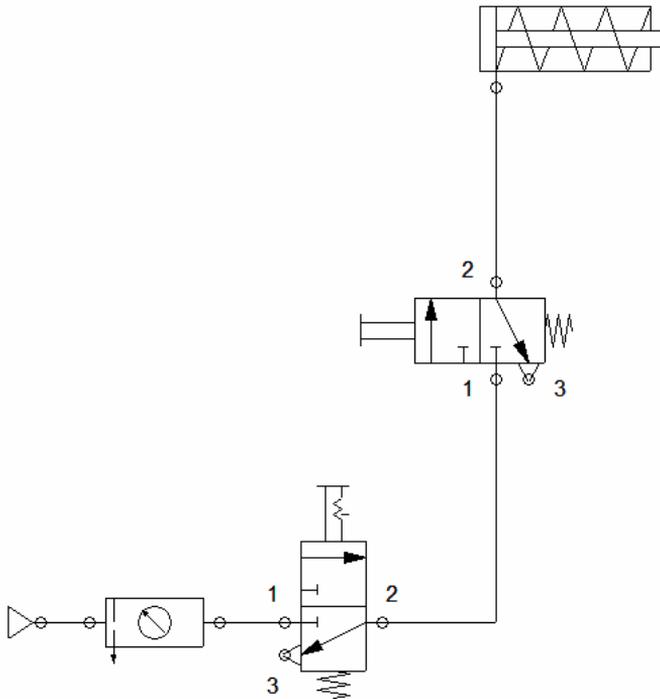
Tugas :

Gambarkan rangkaian kontrolnya. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.

Gambar Posisi :



JAWABAN SOAL 1

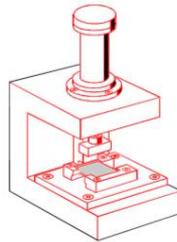
**Soal 2 : (Silinder kerja tunggal, kontrol tidak langsung)****Alat Penekuk****Deskripsi soal :**

Plat besi dibentuk menjadi U dengan menggunakan silinder kerja tunggal dengan diameter 150 mm, panjang langkah 100 mm. Perintah mulai (*start*) diberikan dengan menekan tombol. Apabila tombol dilepas silinder kembali ke posisi semula. Gerakan silinder saat maju dan mundur secara perlahan.

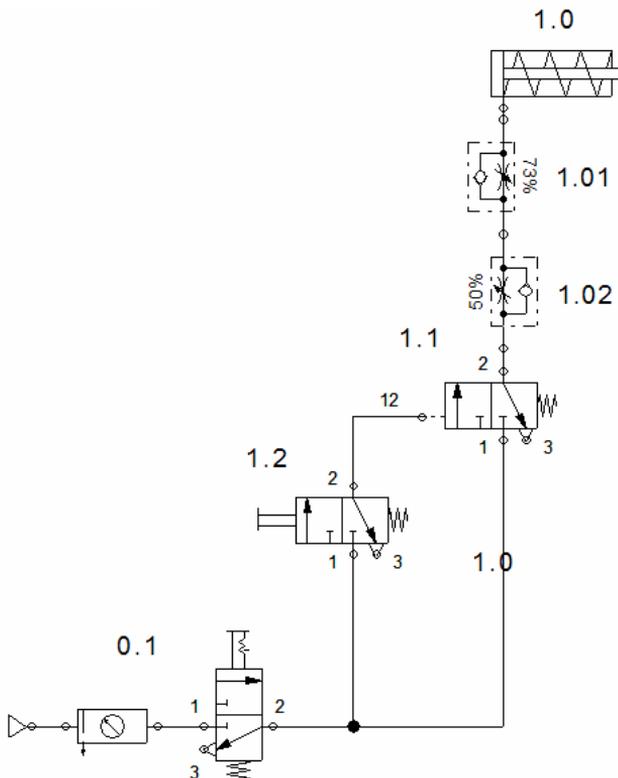
Tugas :

1. Gambarkan rangkaian kontrolnya.
2. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.

Gambar Posisi :



JAWABAN SOAL 2



Soal 3 : (Rangkaian memori)

Pembagian Peti – Peti

Deskripsi soal :

Ban berjalan diubah posisinya dengan menggunakan silinder kerja ganda.

Perintah untuk silinder keluar/masuk menggunakan dua buah tombol, satu tombol untuk silinder keluar dan satu tombol untuk silinder kembali ke posisi semula.

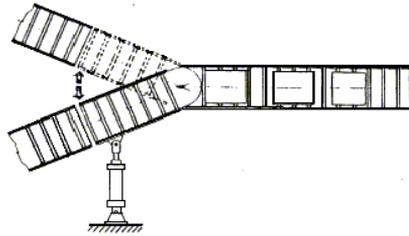
Penekanan tombol sesaat sudah cukup untuk menggerakkan silinder maju/mundur

hingga maksimal/minimal. Silinder tetap berada di posisi yang diberikan oleh perintah terakhir hingga mendapat perintah yang berlawanan. Gerakan maju dan mundur silinder dilakukan secara perlahan.

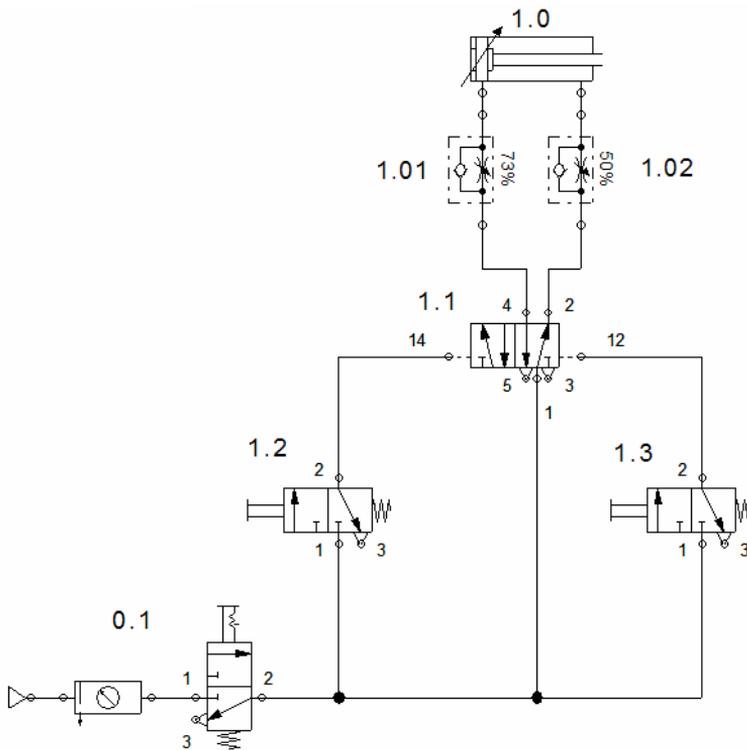
Tugas :

1. Gambarkan rangkaian kontrolnya.
2. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.

Gambar Posisi :



JAWABAN SOAL 3

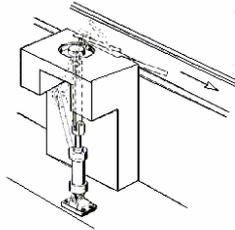


Soal 4 : (Silinder kembali otomatis)**Pengeluaran Benda Kerja****Deskripsi soal :**

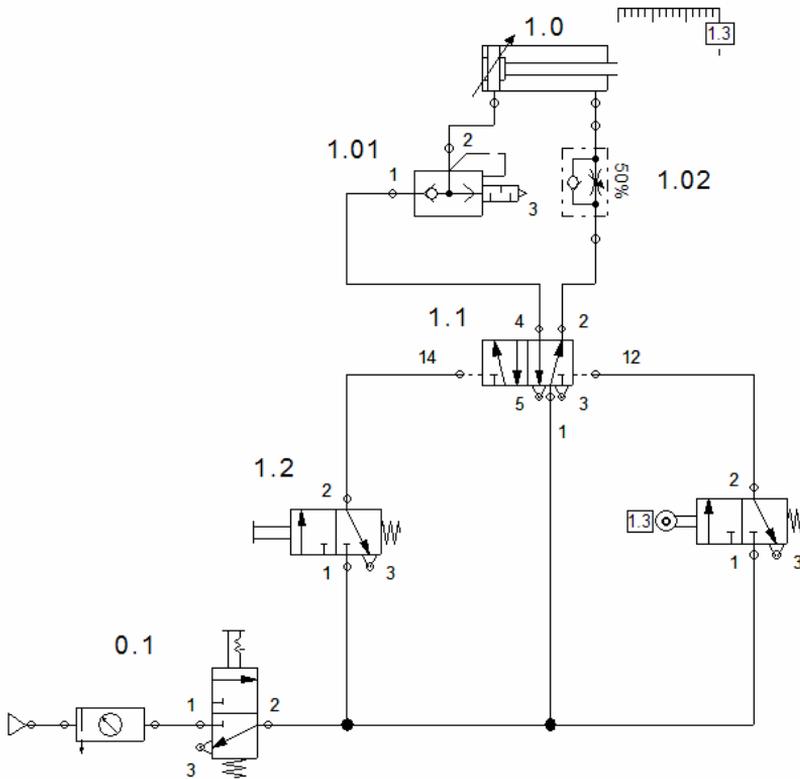
Sebuah benda didorong keluar ke atas ban berjalan dengan menggunakan silinder kerja ganda. Pekerjaan untuk mulai diberikan dengan menekan tombol. Untuk mendeteksi silinder keluar mencapai posisi maksimum, diperlukan sebuah sinyal yang menjamin bahwa benda benar-benar terletak di atas ban berjalan. Setelah itu silinder kembali ke posisi semula. Gerakan maju silinder secara perlahan, sedangkan gerakan mundur dilakukan secara cepat.

Tugas :

Gambarkan rangkaian kontrolnya. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.

Gambar Posisi :

JAWABAN SOAL 4



Soal 5 : (Katup Fungsi "DAN")

Mesin Pelipat

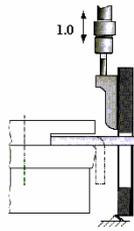
Deskripsi soal :

Pengoperasian dua buah tombol tekan menyebabkan elemen pembengkok pada mesin pelipat mendorong turun ke bawah dan menahan ujung lembaran plat dengan luas penampang 40 x 5. Jika kedua – atau salah satu saja – tombol tekan dilepas, silinder kerja ganda (1.0) kembali ke posisi inisial.

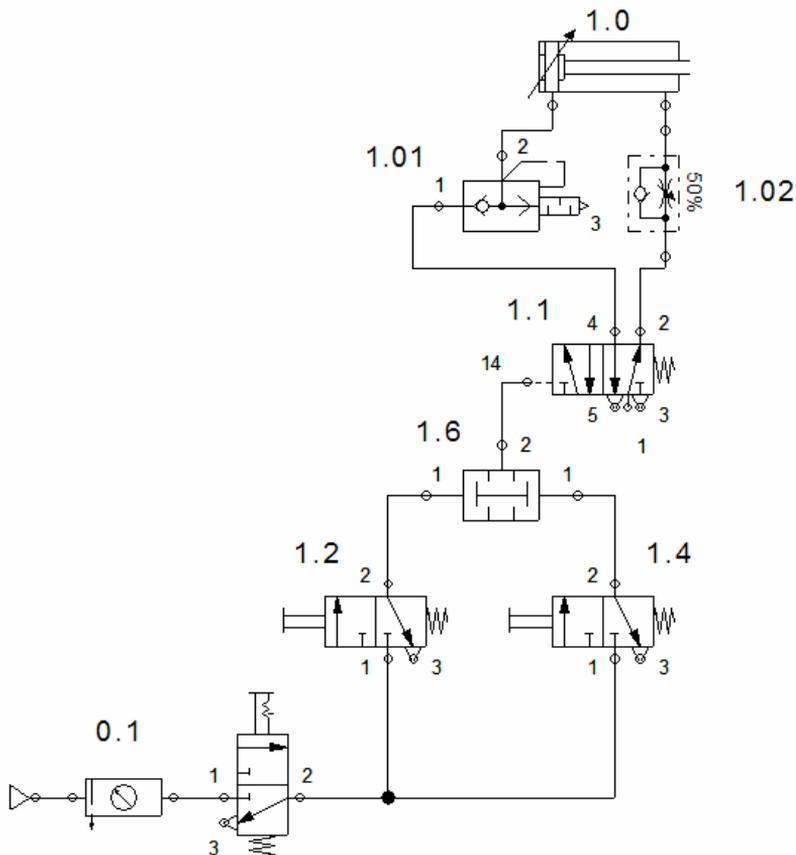
Tugas :

1. Gambarkan rangkaian kontrolnya.
2. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.

Gambar Posisi :



JAWABAN SOAL NO 5



Soal 6 : (Katup Fungsi "ATAU")

Pemisah Peti

Deskripsi Soal :

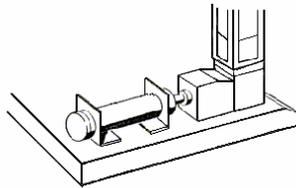
Peti dipindahkan dari gudang penyimpanan ke tempat perakitan dengan menggunakan silinder kerja ganda. Operasi kerja dimulai menggunakan sebuah

tombol tekan dan sakelar pedal kaki. Silinder kerja ganda (1.0) akan bergerak keluar jika salah satu dari *tombol* atau *pedal* ditekan. Setelah silinder mencapai gerakan maksimal kemudian kembali secara otomatis. Gerakan maju silinder secara perlahan, sedangkan gerakan mundur dilakukan secara cepat. Proses berikutnya tidak dapat dimulai sebelum silinder benar-benar mencapai posisi minimal.

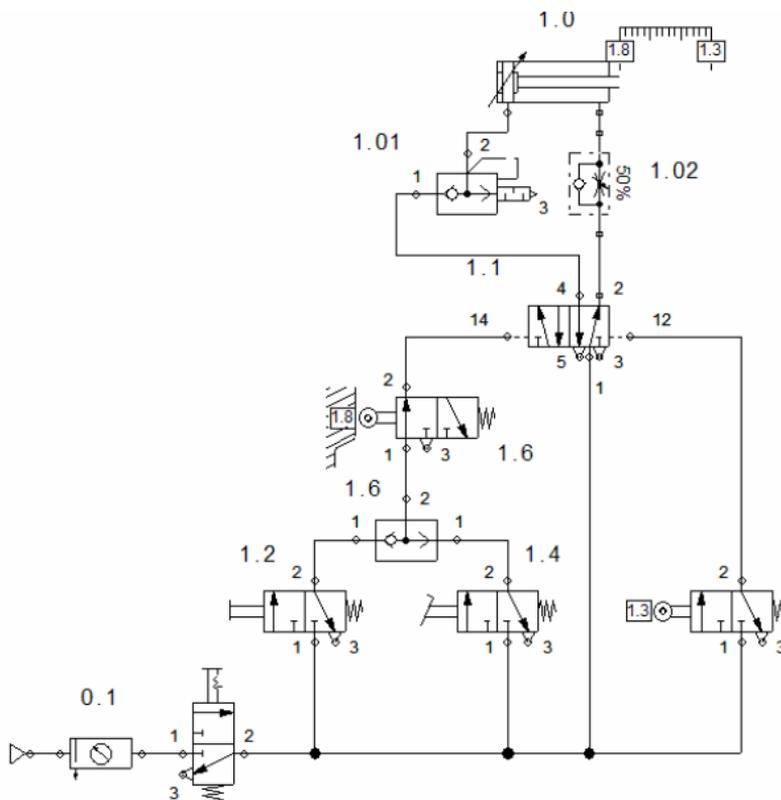
Tugas :

Gambarkan rangkaian kontrolnya. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.

Gambar Posisi :



JAWABAN SOAL NO 6



Soal 7 : (Rangkaian pengunci)

Pemisah Jalur Lintasan

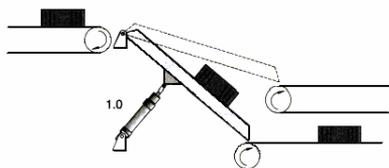
Deskripsi soal :

Ban berjalan diubah posisinya ke atas atau ke bawah dengan menggunakan silinder kerja ganda. Batang piston silinder kerja ganda akan keluar menghubungkan ban berjalan atas, jika tombol pertama ditekan. Tombol pertama dilepas, batang piston tetap pada posisinya. Jika tombol kedua ditekan batang piston masuk menghubungkan ban berjalan bawah. Gerakan silinder keluar dan masuk secara perlahan. Kondisi lain yang harus diperhatikan : Jika kedua tombol ditekan bersamaan maka kondisinya adalah batang piston silinder tetap di dalam (dominan off) atau batang piston silinder ke luar (dominan on)

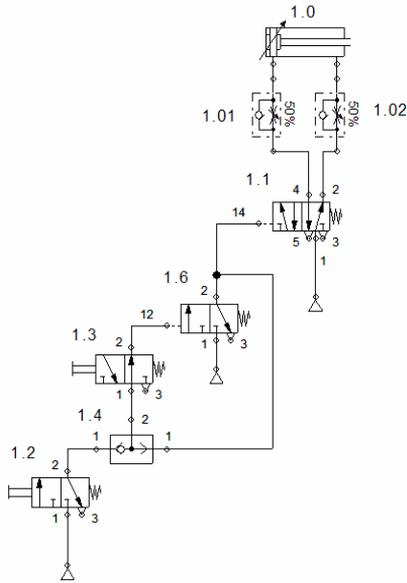
Tugas :

1. Gambarkan rangkaian kontrolnya.
2. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.

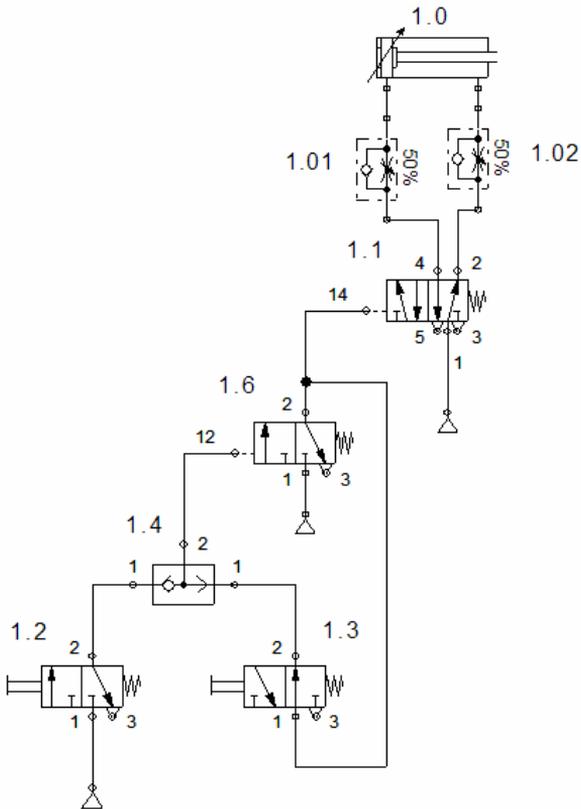
Gambar Posisi :



Jawaban Soal No 7 (Dominan Off)



Jawaban Soal No 7 (Dominan On)



Soal 8 : (Aplikasi katup logika)

Penjepit dengan Pengungkit Togel

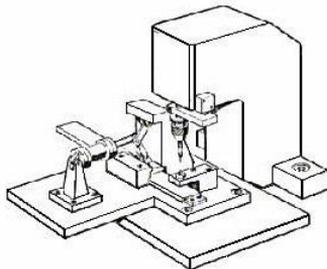
Deskripsi Soal :

Penjepit dikontrol oleh salah satu dari dua buah tombol. Untuk melepas benda tersebut dipergunakan satu tombol lain. Kondisi lain yang harus dipenuhi :

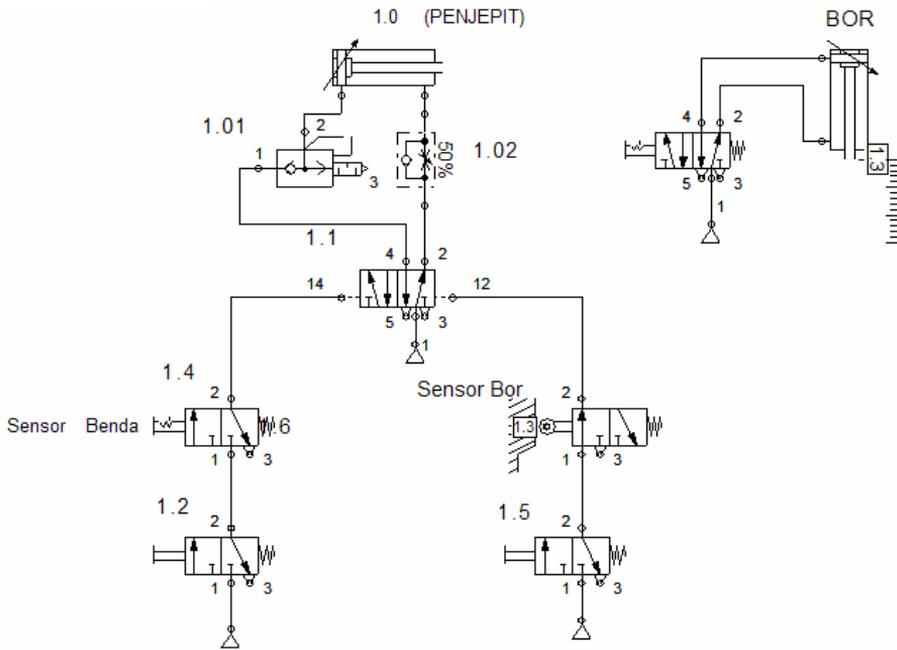
- Menjepit hanya mungkin apabila benda ada di tempat.
- Benda tak dapat dilepas selama proses kerja (pengeboran).
- Kecepatan silinder saat menjepit harus dapat diatur.
- Melepaskan benda dengan cepat.

Tugas :

Gambarkan rangkaian kontrolnya. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.

Gambar Posisi :

JAWABAN SOAL 8



Soal 9 (Rangkaian dengan sakelar tekanan) :

Alat Perekat Pemanas

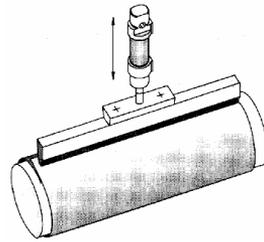
Deskripsi Soal :

Menggunakan tekanan panas, bahan pengepakan direkatkan melalui aplikasi panas dan tekanan. Rel pemanas bergerak keluar memanasi bahan pengepakan sepanjang bidang bahan perekat, apabila benda ada di tempat **dan** sebuah tombol **atau** pedal kaki ditekan. Setelah tekanan perekatan yang diinginkan tercapai maka rel pemanas kembali ke posisi semula dan alat siap memulai tugas baru.

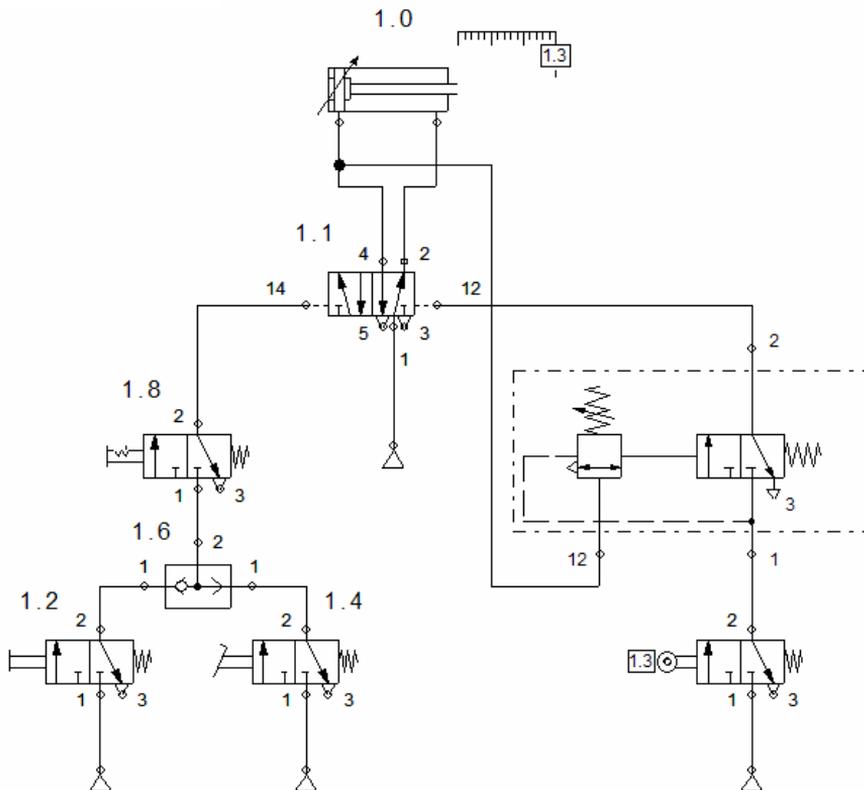
Tugas :

1. Gambarkan rangkaian kontrolnya. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.

Gambar Posisi :



JAWABAN SOAL 9



BAB IV

PENUTUP

Melalui pembelajaran berbasis modul, diharapkan akan membantu siswa/siswi Sekolah Menengah Kejuruan dapat belajar secara mandiri, dapat mengukur kemampuan diri sendiri. Tidak terkecuali dalam memahami pneumatik dan aplikasinya. Semoga modul ini dapat digunakan sebagai referensi tambahan dalam proses pembelajaran baik teori maupun praktik. Siswa/siswi dapat mendalami materi lain disamping materi yang ada pada modul ini melalui berbagai sumber, jurnal maupun internet. Semoga modul ini bermanfaat khususnya pada program keahlian teknik mekatronika

Pada kesempatan ini, penulis mohon saran dan kritik yang memotivasi penyusun untuk lebih menyempurnakan modul ini diwaktu yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- J.P. Hasebrink, R.Kobler, *Fundamentals Of Pneumatic Control Engineering - Textbook*, Esslingen, Festo Didactic, 1989
- Andrew Parr. (2003). *Hidrolika dan Pneumatika*. Jakarta: Erlangga.
- Croser, P & Ebel, F. (2002). *Pneumatik Basic Level*. Esslingen: Festo Didaktik.
- Majumdar. (2001). *Pneumatic System Principles and Maintenance*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Patient, P., dkk. (1985). *Pengantar Teknik Pneumatika*. Jakarta: Gramedia.
- Thomas Krist. (1993). *Dasar-dasar Pneumatika*. Jakarta: Erlangga.
- Werner Deppert, Kurt Stoll, *Pneumatic Control*, Wurzburg, Vogel-Verlag, 1987.
- Wirawan Sumbodo, dkk. (2008). *Teknik Produksi Mesin Industri Untuk SMK Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Iskandar, (2010). *Diktat pneumatik SMK*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta