



Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan  
Republik Indonesia  
2013

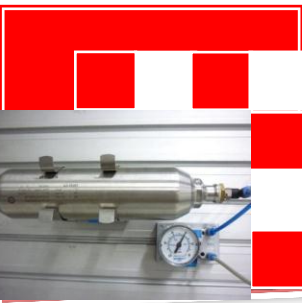


# PNEUMATIK & HIDROLIK



*Untuk*  
**SMK/MAK KELAS XI**

**1**



## Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik"

**Penulis** : SUDARYONO  
**Editor Materi** : MIFTAHU SOLEH  
**Editor Bahasa** :  
**Ilustrasi Sampul** :  
**Desain & Ilustrasi Buku** : PPPPTK BOE MALANG

Hak Cipta © 2013, Kementerian Pendidikan & Kebudayaan

**MILIK NEGARA  
TIDAK DIPERDAGANGKAN**

Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak (merekproduksi), mendistribusikan, atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku teks dalam bentuk apapun atau dengan cara apapun, termasuk fotokopi, rekaman, atau melalui metode (media) elektronik atau mekanis lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit, kecuali dalam kasus lain, seperti diwujudkan dalam kutipan singkat atau tinjauan penulisan ilmiah dan penggunaan non-komersial tertentu lainnya diizinkan oleh perundangan hak cipta. Penggunaan untuk komersial harus mendapat izin tertulis dari Penerbit.

Hak publikasi dan penerbitan dari seluruh isi buku teks dipegang oleh Kementerian Pendidikan & Kebudayaan.

Untuk permohonan izin dapat ditujukan kepada Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, melalui alamat berikut ini:

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: [vedcmalang@vedcmalang.or.id](mailto:vedcmalang@vedcmalang.or.id),  
Laman: [www.vedcmalang.com](http://www.vedcmalang.com)



## DISKLAIMER (DISCLAIMER)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku tek ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setiap komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.

Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratan isi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.

Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusun makna kalimat didalam buku teks ini.

Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Teknik Mekatronika, Edisi Pertama 2013

Kementerian Pendidikan & Kebudayaan

Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, th. 2013: Jakarta

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Keahlian Teknologi Dan Rekayasa, Teknik Mekatronika.

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi BELAJAR (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*pasive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL*.

Buku teks "Pneumatik & Hidrolik "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 buku teks untuk Mata Pelajaran "Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik" " ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik 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 peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai 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 buku teks siswa untuk Mata Pelajaran Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik" kelas XI/Semester 1 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013

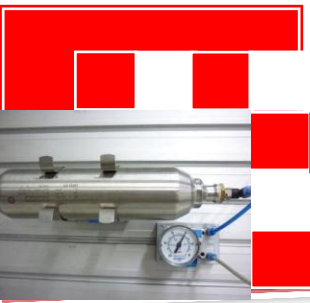
Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

Prof.Dr. Mohammad Nuh, DEA



## DAFTAR ISI

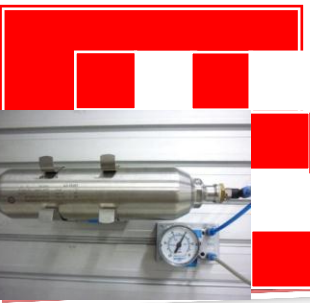
	Halaman
DISKLAIMER (DISCLAIMER) .....	III
KATA PENGANTAR .....	IV
DAFTAR ISI.....	V
GLOSARIUM.....	IX
PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR .....	X
DAFTAR GAMBAR.....	XII
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A. DESKRIPSI.....	1
B. PRASYARAT .....	2
C. PETUNJUK PENGGUNAAN .....	2
D. TUJUAN AKHIR .....	3
E. KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR.....	3
F. CEK KEMAMPUAN AWAL .....	7
<b>BAB II PEMBELAJARAN</b>	<b>13</b>
A. DESKRIPSI.....	13
B. MATERI BELAJAR .....	13
KEGIATAN 1 : DASAR-DASAR PNEUMATIK.....	13
1. TUJUAN PEMBELAJARAN .....	13
2. MATERI PEMBELAJARAN :.....	13
3. RANGKUMAN .....	27



- 4. LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK ..... 27
- 5. TUGAS ..... 28
- KEGIATAN 2 : PRODUKSI UDARA BERTEKANAN ..... 29**
  - 1. TUJUAN PEMBELAJARAN ..... 29
  - 2. MATERI PEMBELAJARAN : ..... 29
  - 3. RANGKUMAN ..... 43
  - 4. TUGAS ..... 44
  - 5. TES FORMATIF..... 46
  - 6. LEMBAR JAWABAN TES FORMATIF..... 47
- KEGIATAN 3 : KOMPONEN-KOMPONEN PNEUMATIK ..... 50**
  - 1. TUJUAN PEMBELAJARAN ..... 50
  - 2. MATERI PEMBELAJARAN..... 85
  - 3. RANGKUMAN: ..... 85
  - 4. TUGAS. .... 86
  - 5. LEMBAR PEKERJAAN SISWA ..... 87
  - 6. TES FORMATIF..... 88
  - 7. LEMBAR TES FORMATIF..... 90
- KEGIATAN 4 : DESAIN RANGKAIAN DASAR DENGAN SATU SILINDER ..... 91**
  - 1. TUJUAN PEMBELAJARAN ..... 91
  - 2. MATERI PEMBELAJARAN : ..... 91
  - 3. RANGKUMAN ..... 97
  - 4. TUGAS: ..... 97
  - 5. LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK ..... 99
- KEGIATAN 5 : KONTROL LANGSUNG DAN TIDAK LANGSUNG SILINDER ..... 100**



1. TUJUAN PEMBELAJARAN .....	100
2. MATERI PEMBELAJARAN.....	100
3. RANGKUMAN .....	111
4. TUGAS .....	111
5. LEMBAR PEKERJAAN PESERTA DIDIK.....	113
<b>KEGIATAN 6 : KONTROL KECEPATAN SILINDER .....</b>	<b>120</b>
1. TUJUAN PEMBELAJARAN .....	120
2. MATERI PEMBELAJARAN.....	120
3. RANGKUMAN .....	127
4. TUGAS .....	128
5. LEMBAR PEKERJAAN PESERTA DIDIK.....	129
6. TES FORMATIF.....	134
7. LEMBAR JAWABAN TES FORMATIF.....	136
<b>KEGIATAN 7 : RANGKAIAN LOGIKA (AND, OR).....</b>	<b>137</b>
1. TUJUAN PEMBELAJARAN .....	137
2. MATERI PEMBELAJARAN.....	137
3. RANGKUMAN .....	144
4. TUGAS .....	144
5. LEMBAR PEKERJAAN PESERTA DIDIK.....	147
6. TES FORMATIF.....	153
7. LEMBAR JAWABAN TES FORMATIF.....	154
<b>KEGIATAN 8 : RANGKAIAN MEMORI (RANGKAIAN PENGUNCI DOMINAN ON &amp; OFF).....</b>	<b>155</b>
1. TUJUAN PEMBELAJARAN .....	155
2. MATERI PEMBELAJARAN :.....	155
3. RANGKUMAN .....	159



**Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik"**

**4. TUGAS ..... 159**

**5. LEMBAR PEKERJAAN PESERTA DIDIK..... 161**

**6. TES FORMATIF..... 168**

**7. LEMBAR JAWABAN TES FORMATIF..... 170**

**DAFTAR PUSTAKA..... 171**





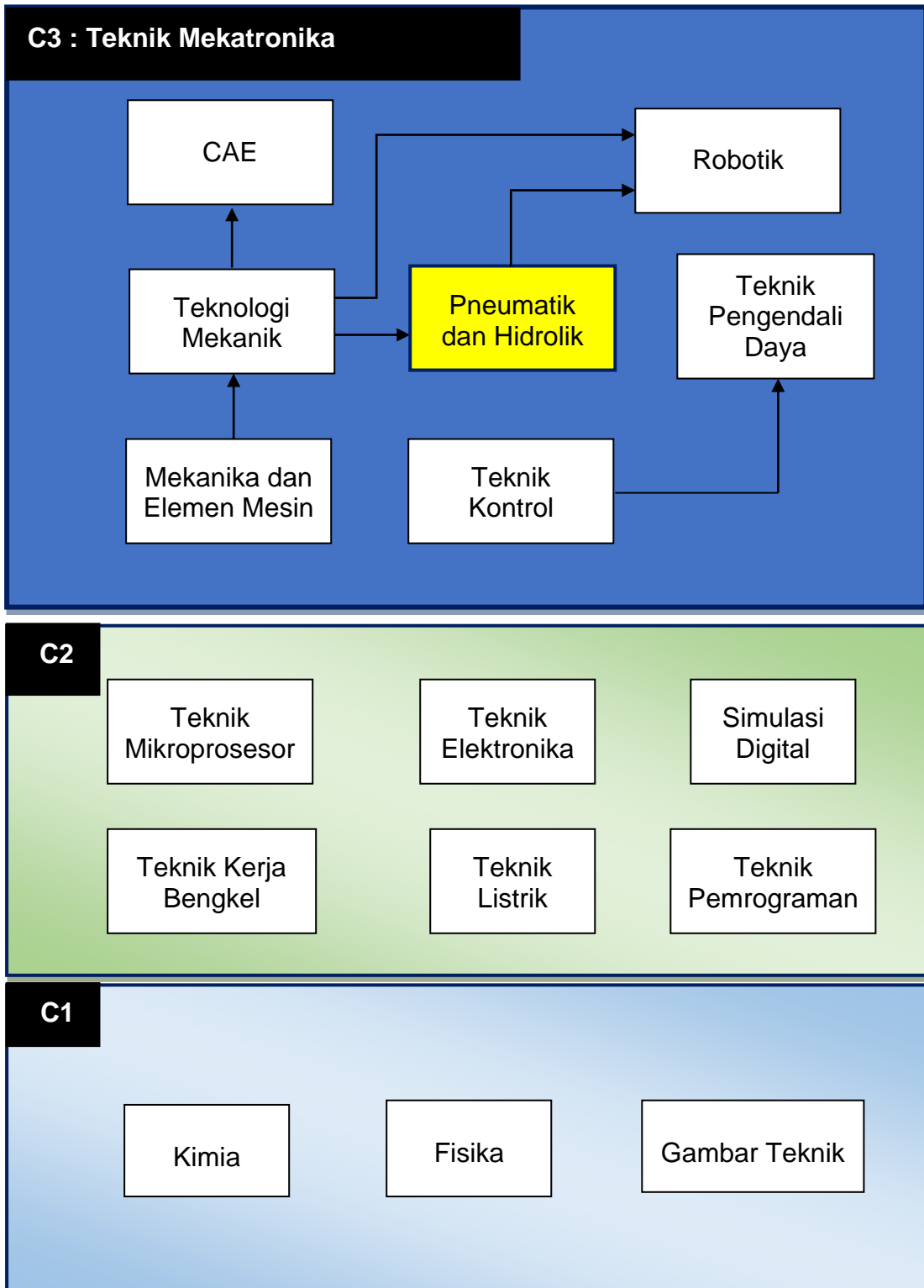
## GLOSARIUM

- 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).
- Distribusi udara : Suatu jaringan yang menyalurkan udara dari kompresor menuju ke pemakai.
- Katup kontrol arah : Katup yang berfungsi untuk mengarahkan aliran udara.
- Katup satu arah : Katup yang fungsinya melewatkan udara ke satu arah saja, arah sebaliknya terblokir.
- Katup kontrol aliran, satu arah : Katup yang mempengaruhi volume aliran hanya pada satu arah saja.
- Kompresor : Suatu peralatan pneumatik yang berfungsi memampatkan udara.
- Kontrol langsung : Kontrol yang langsung memberi perintah ke aktuator.
- Kontrol tidak langsung : Kontrol yang memberi perintah ke aktuator tidak secara langsung tetapi melalui katup kontrol arah yang diaktifkan dengan pneumatik.
- Pneumatik : merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik dimana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan.
- Pengering udara : Suatu peralatan yang berfungsi mengeringkan udara dari kompresor yang dibutuhkan oleh sistem.
- Pengatur tekanan : Komponen pneumatik yang berfungsi mengatur udara dengan tekanan tertentu.
- Sinyal overlapping : Sinyal yang terjadi pada katup kontrol arah pada kedua sisinya secara bersamaan.
- Unit Pelayanan Udara : Peralatan pneumatik yang terdiri dari filter, pengatur tekanan dan pelumas.
- Vakum : udara yang mempunyai tekanan di bawah atmosfer.



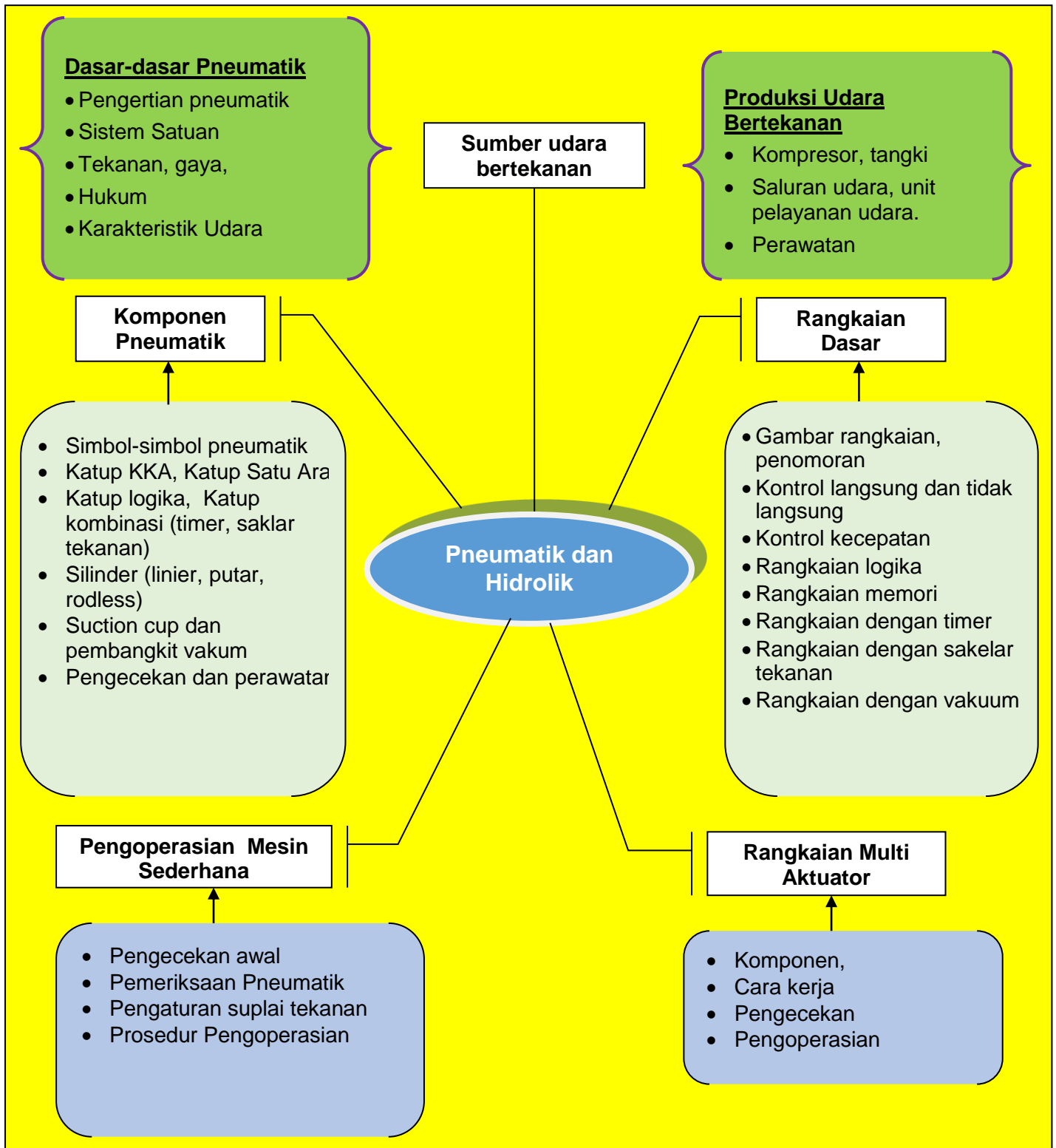
### Peta Kedudukan Bahan Ajar

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





Peta konsep bidang keahlian Teknologi dan Rekayasa program keahlian Teknik Elektronika paket keahlian Teknik Mekatronika mata pelajaran Pneumatik dan Hidrolik kelas XI semester 1.



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1. Tekanan dalam cairan yang dipres
- Gambar 1.2. Hubungan antara tekanan absolut dengan tekanan ukur
- Gambar 1.3. Definisi torsi
- Gambar 1.4. Tekanan dalam botol tertutup
- Gambar 1.5. Keuntungan mekanik
- Gambar 1.6. Jenis aliran
- Gambar 1.7. Hubungan antara tekanan dan volume
- Gambar 1.8. Hubungan antara suhu dan tekanan
- Gambar 2.1. Sistem Pengadaan Udara Bertekanan
- Gambar 2.2. Pembuangan air kondensasi
- Gambar 2.3. Diagram Berbagai Jenis Kompresor
- Gambar 2.4. Kompresor piston tunggal
- Gambar 2.5. Kompresor sekerup
- Gambar 2.6. Kompresor aliran radial
- Gambar 2.7. Kompresor sudu geser
- Gambar 2.8. Kompresor aksial
- Gambar 2.9. Tangki dan komponen-komponennya
- Gambar 2.10. Pemasangan tangki
- Gambar 2.11. Hubungan antara kandungan air dalam udara dengan temperatur pada kelembaban 100 %.
- Gambar 2.12. Pengering temperatur rendah
- Gambar 2.13. Pengering udara jenis absorsi
- Gambar 2.14. Pengering udara jenis adsorsi
- Gambar 2.15. Distribusi udara bertekanan
- Gambar 2.16. Filter
- Gambar 2.17. Pengatur tekanan
- Gambar 2.18. Pelumas
- Gambar 3.1. Stasiun distribusi
- Gambar 3.2. Katup 3/2 N/C, Bola Duduk
- Gambar 3.3a. Katup 3/2 N/C, tidak aktif
- Gambar 3.3b. Katup 3/2 N/C, aktif



- Gambar 3.4. Katup 3/2 N/O
- Gambar 3.5. Katup 3/2 Geser Dengan Tangan
- Gambar 3.6a. Katup 3/2 Pilot Tunggal N/C, dalam keadaan tidak aktif
- Gambar 3.6b. Katup 3/2 Pilot Tunggal N/C, dalam keadaan aktif
- Gambar 3.7. Katup 3/2 Pilot Tunggal N/O, dalam keadaan tidak aktif
- Gambar 3.8. Katup 3/2, dengan tuas rol
- Gambar 3.9. Katup 4/2 dudukan piringan, dalam keadaan tidak aktif
- Gambar 3.10. Katup 4/2 dudukan piringan , dalam keadaan aktif
- Gambar 3.11. Katup 4/3 , plat geser dengan posisi tengah tertutup
- Gambar 3.12. Katup 5/2, Prinsip Geser Mendatar
- Gambar 3.13. Katup 5/2, Dudukan Piringan
- Gambar 3.14. Katup Cek
- Gambar 3.15. Katup buangan cepat, udara mengalir ke silinder
- Gambar 3.16. Katup Cekik
- Gambar 3.17. Katup Kontrol Aliran, Satu Arah
- Gambar 3.18a. Katup Fungsi "DAN" dengan input pada Y
- Gambar 3.18b. Katup Fungsi "DAN" dengan input pada X dan Y
- Gambar 3.19a. Katup Fungsi "ATAU" dengan input pada Y
- Gambar 3.19b. Katup Fungsi "ATAU" dengan input pada X
- Gambar 3.20. Katup Pembatas Tekanan
- Gambar 3.21. Katup Pengatur Tekanan
- Gambar 3.22. Katup Sakelar Tekanan
- Gambar 3.23. Katup Tunda Waktu NC
- Gambar 3.24. Katup Tunda Waktu NO
- Gambar 3.25. Konstruksi Silinder Kerja Tunggal
- Gambar 3.26. Konstruksi Silinder Kerja Ganda
- Gambar 3.27. Konstruksi silinder *rodless*.
- Gambar 3.28. Silinder *rodless* dan simbolnya.
- Gambar 3.29. Motor pneumatik jenis axial piston
- Gambar 3.30. Motor pneumatik jenis vane piston
- Gambar 3.31. Aktuator berayun
- Gambar 3.32. Gambar benda aktuator berayun
- Gambar 3.33. Konstruksi silinder putar
- Gambar 3.34. Silinder putar yang berlubang



- Gambar 3.35. *Vacuum suction cup*
- Gambar 4.1. Tata letak mesin
- Gambar 4.2. Rangkaian mesin pemisah peti
- Gambar 4.3. Diagram alir mata rantai kontrol dan elemen-elemennya
- Gambar 4.4. Struktur rangkaian kontrol
- Gambar 4.5. Diagram rangkaian pneumatik
- Gambar 4.6. Posisi awal yang aktif
- Gambar 5.1. Kontrol langsung silinder kerja tunggal
- Gambar 5.2. Kontrol langsung silinder kerja ganda
- Gambar 6.1. Simbol, gambar potongan dan benda dari katup kontrol aliran satu arah
- Gambar 6.2. Pengurangan Kecepatan Gerakan Maju
- Gambar 6.3. Pengurangan Kecepatan Gerakan Mundur
- Gambar 6.4. Pengurangan kecepatan gerakan maju dan mundur
- Gambar 6.5. Pengurangan kecepatan dengan mengatur udara masuk
- Gambar 6.6. Pengurangan kecepatan dengan mengatur udara buangan
- Gambar 6.7. Simbol, potongan dan benda dari katup buang cepat
- Gambar 6.8. Penambahan kecepatan gerakan mundur
- Gambar 6.9a. Penambahan kecepatan gerakan maju
- Gambar 6.9b. Penambahan kecepatan gerakan mundur
- Gambar 6.10. Komponen pneumatik
- Gambar 7.1. Fungsi DAN melalui rangkaian seri
- Gambar 7.2. Fungsi DAN melalui katup 3/2 NO dengan pengaktifan udara
- Gambar 7.3. Fungsi DAN melalui katup dua tekanan
- Gambar 7.4. Fungsi DAN melalui katup dua tekanan
- Gambar 7.5. Konfigurasi "DAN" dengan 5 masukan
- Gambar 7.6. Fungsi ATAU
- Gambar 7.7. Rangkaian Fungsi ATAU
- Gambar 7.8. Konfigurasi "ATAU" dengan 4 masukan
- Gambar 7.9. Komponen pneumatik
- Gambar 8.1. Rangkaian logika dengan pengunci
- Gambar 8.2. Rangkaian pneumatik pengunci dominan "ON"
- Gambar 8.3. Rangkaian pneumatik pengunci dominan "OFF"
- Gambar 8.4. Simbol a) dominan ON (SET) dan b) dominan OFF (RESET)



- Gambar 8.5. Katup memori
- Gambar 8.6. Rangkaian memori dengan katup memori
- Gambar 8.7. Komponen pneumatik
- Gambar 9.1. Katup 3/2 dengan pengaktifan tombol tekan
- Gambar 9.2. Katup 5/2 dengan pengaktifan pneumatik ganda
- Gambar 9.3. Katup 3/2 dengan pengaktifan rol
- Gambar 9.4. Katup 3/2 N/C dengan tunda waktu
- Gambar 9.5. Selang pneumatik
- Gambar 9.6. Rangkaian pneumatik dengan katup tunda waktu
- Gambar 9.7. Katup sakelar tekanan
- Gambar 9.8. Rangkaian pneumatik dengan katup tunda waktu
- Gambar 9.9. Komponen pneumatik
- Gambar 10.1. Suction Cup
- Gambar 10.2. Vacuum Suction Cup
- Gambar 10.3. Pembangkit vakum tunggal
- Gambar 10.4. Pembangkit vakum dengan ejector
- Gambar 10.5. Rangkaian vakum
- Gambar 11.1. Pengatur tekanan pada kompresor
- Gambar 11.2. Mengatur tekanan pada unit pelayanan udara
- Gambar 11.3. Pemeriksaan minyak pelumas silinder
- Gambar 11.4. Mesin pemisah peti
- Gambar 11.5. Rangkaian mesin pemisah peti
- Gambar 11.6. Kontrol pembuka dan penutup pintu logam
- Gambar 11.7. Rangkaian pembuka/penutup pintu
- Gambar 11.8. Komponen pneumatik
- Gambar 12.1. Tata letak mesin penekuk
- Gambar 12.2. Diagram step(langkah)
- Gambar 12.3. Diagram langkah mesin penekuk
- Gambar 12.4. Diagram waktu
- Gambar 12.5. Diagram waktu mesin penekuk
- Gambar 12.6. Diagram kontrol
- Gambar 12.7. Metode lain dari diagram kontrol
- Gambar 12.8. Diagram fungsi
- Gambar 12.9. Alat Pengangkat Peti



Gambar 12.10. Diagram Rangkaian Alat Pengangkat Peti

Gambar 12.11. Alat Cetak

Gambar 12.12. Diagram Rangkaian Alat Cetak Dengan Sinyal Overlapping

Gambar 12.13. Diagram Fungsi

Gambar 12.14. Pemecahan sinyal konflik dengan katup tuas rol dengan *idle return*

Gambar 12.15. Pemecahan sinyal konflik dengan katup pembalik

Gambar 12.16. Komponen pneumatik





## BAB I PENDAHULUAN

### A. DESKRIPSI

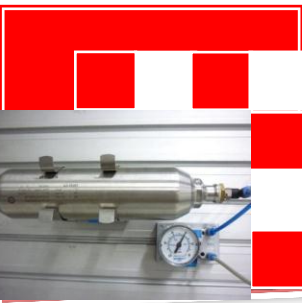
Di dalam industri kebanyakan terjadi proses pemindahan benda atau bahan dari satu lokasi ke lokasi lain, atau proses menahan, membentuk atau mengepres produk. Di banyak lokasi semua penggerak mesin menggunakan listrik sebagai energi suplainya. Selain listrik dapat juga digunakan fluida baik cairan maupun gas untuk memindahkan dari satu lokasi ke lokasi lainnya atau untuk menghasilkan gerakan putar atau linear. Sistem berbasis fluida menggunakan cairan sebagai media yang disebut sistem hidrolik. Sistem berbasis gas disebut sistem pneumatik. Gas dasar yang digunakan adalah udara yang dimampatkan. Pelajaran Pneumatik dan Hidrolik diberikan di kelas XI dan XII selama 4 semester. Pembagiannya adalah sebagai berikut:

Pneumatik	kelas XI semester 1
Elektropneumatik	kelas XI semester 2
Hidrolik	kelas XII semester 1
Elektrohidrolik	kelas XII semester 2

Buku pelajaran Pneumatik dan Hidrolik kelas XI semester 1 ini membahas pneumatik yang terdiri dari 5 bab:

1. Sumber udara bertekanan
2. Komponen-komponen pneumatik
3. Desain Rangkaian Dasar dengan satu silinder
4. Penyusunan rangkaian kontrol mesin sederhana
5. Rangkaian dengan silinder lebih dari satu.

Buku pelajaran ini tidak hanya berisi teori tentang pneumatik saja tetapi dilengkapi juga dengan petunjuk pelaksanaan praktek. Selain itu terdapat juga soal-soal tes formatif untuk mengukur ketercapaian siswa.



### B. PRASYARAT

Pelajaran pneumatik dan hidrolik kelas X semester 1 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.

### C. PETUNJUK PENGGUNAAN

Buku pelajaran ini dapat digunakan siapa saja terutama siswa-siswa SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa, terutama untuk program studi keahlian Teknik Mesin, Teknik Listrik dan Teknik Elektronika yang ingin mempelajari dasar-dasar pneumatik tentang pendistribusian udara dari kompresor sampai ke pemakai pneumatik. Khusus siswa-siswa SMK Paket Keahlian Mekatronika, buku pelajaran ini dapat memenuhi tuntutan profil kompetensi tamatan.

Buku pelajaran ini berisi 12 kegiatan pembelajaran yaitu :

- Kegiatan Belajar 1 : Dasar-Dasar Pneumatik
- Kegiatan Belajar 2 : Produksi Udara Bertekanan
- Kegiatan Belajar 3 : Komponen-komponen pneumatik
- Kegiatan Belajar 4 : Desain Rangkaian Dasar Satu Silinder
- Kegiatan Belajar 5 : Kontrol Langsung dan Tidak Langsung Silinder
- Kegiatan Belajar 6 : Kontrol Kecepatan Silinder
- Kegiatan Belajar 7 : Rangkaian Logika
- Kegiatan Belajar 8 : Rangkaian Memori
- Kegiatan Belajar 9 : Rangkaian Dengan Timer dan Sakelar Tekanan
- Kegiatan Belajar 10 : Rangkaian Dengan Vakum
- Kegiatan Belajar 11 : Pengoperasian Mesin Pneumatik Sederhana
- Kegiatan Belajar 12 : Rangkaian Dengan Silinder Lebih Dari Satu

Setiap kegiatan belajar berisi informasi teori, tugas dan tes formatif. Tugas-tugas merupakan kegiatan praktek. Informasi pelaksanaan praktek dapat dibaca di lembar kerja peserta didik. Tes formatif berisi pertanyaan-pertanyaan baik



teori maupun hasil praktek. Mulailah mempelajari teori terlebih dahulu kemudian lakukan kegiatan praktikum. Belajarlah secara urut dari kegiatan 1 sampai kegiatan 12.

Setiap tugas lakukan secara berkelompok, bagilah tugas dengan teman kelompokmu. Setelah selesai mengerjakan tugas buat laporan dan presentasikan ke teman-teman kelompok lain. Setiap melakukan kegiatan praktek ikuti petunjuk operasionalnya.

Selamat belajar !

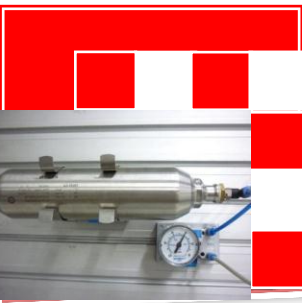
#### D. TUJUAN AKHIR

Setelah selesai mengikuti pelajaran ini siswa dapat:

1. Memahami dasar-dasar fisika yang berkaitan dengan udara bertekanan.
2. Memahami konsep mendapatkan udara bertekanan yang berkualitas, bersih dan kering.
3. Mengenal macam-macam komponen pneumatik dan cara kerjanya.
4. Merangkai rangkaian pneumatik dasar pada papan peraga.
5. Menyiapkan tekanan udara untuk pengoperasian peralatan pneumatik.
6. Mengoperasikan peralatan pneumatik sesuai prosedur.
7. Melakukan tindakan pengamanan jika terjadi kegagalan sistem.

#### E. KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Membangun kebiasaan bersyukur atas limpahan rahmat, karunia dan anugerah yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Kuasa.  1.2. Memilikisikap dan perilaku beriman dan bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlaq mulia, jujur, disiplin, sehat,



	<p>berilmu, cakap, sehingga dihasilkan insan Indonesia yang demokratis dan bertanggung jawab sesuai dengan bidang keilmuannya.</p> <p>1.3. Membangun insan Indonesia yang cerdas, mandiri, dan kreatif, serta bertanggung jawab kepada Tuhan yang menciptakan alam semesta.</p> <p>1.4 Memiliki sikap saling menghargai (toleran) keberagaman agama, bangsa, suku, ras, dan golongan sosial ekonomi dalam lingkup global</p>
<p>2. Menghayati dan Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.</p>	<p>2.1 Menerapkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; bertanggung jawab; terbuka; peduli lingkungan) sebagai wujud implementasi proses pembelajaran bermakna dan terintegrasi, sehingga dihasilkan insan Indonesia yang produktif, kreatif dan inovatif melalui penguatan sikap (tahu meng-apa), keterampilan (tahu bagaimana), dan pengetahuan (tahu apa) sesuai dengan jenjang pengetahuan yang dipelajarinya.</p> <p>2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan</p> <p>2.3 Memiliki sikap dan perilaku patuh pada tata tertib dan aturan yang berlaku dalam kehidupan sehari-hari selama di kelas dan</p>



	lingkungan sekolah.
<p>3. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, proses-dural dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik sesuai untuk memecahkan masalah.</p>	<p>3.1 Memahami fisika dasar yang berkaitan dengan udara bertekanan</p> <p>3.2 Memahami proses penyediaan udara bertekanan yang kering dan bersih.</p> <p>3.3 Menjelaskan macam-macam komponen pneumatik dan cara kerjanya yang digunakan untuk mengoperasikan suatu mesin.</p> <p>3.4 Membaca simbol-simbol komponen pneumatik yang terdapat pada suatu rangkaian pneumatik.</p> <p>3.5 Menjelaskan perbedaan rangkaian langsung dan tidak langsung rangkaian pneumatik.</p> <p>3.6 Menjelaskan cara mengatur kecepatan silinder.</p> <p>3.7 Memahami rangkaian logika dengan komponen pneumatik.</p> <p>3.8 Memahami konsep rangkaian memori dan rangkaian pengunci.</p> <p>3.9 Memahami rangkaian silinder dengan menggunakan katup kombinasi.</p> <p>3.10 Memahami rangkaian pneumatik dengan menggunakan media vakum.</p> <p>3.11 Membaca gambar rangkaian mesin pneumatik sederhana.</p> <p>3.12 Membaca gambar rangkaian pneumatik dengan silinder lebih dari satu.</p>



4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif serta mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

4.1 Menggunakan hukum pascal, boyle-mariotte untuk memahami karakteristik udara bertekanan.

4.2 Menyiapkan komponen-komponen untuk mendapatkan udara yang kering dan bersih serta melakukan pengaturan udara bertekanan untuk mendapatkan tekanan yang sesuai.

4.3 Menunjukkan komponen-komponen pada rangkaian pneumatik dengan melihat simbolnya.

4.4 Menggambar rangkaian sistem pneumatik satu silinder dengan menggunakan komponen-komponen pneumatik.

4.5 Merangkai dan menjalankan rangkaian langsung dan tidak langsung silinder.

4.6 Merangkai dan menjalankan silinder dengan kecepatan maju pelan dan kecepatan mundur lebih cepat.

4.7 Merangkai dan menjalankan silinder dengan perintah AND/ OR.

4.8 Merangkai dan menjalankan silinder dengan rangkaian memori atau pengunci.

4.9 Merangkai dan menjalankan silinder dengan rangkaian timer dan sakelar tekanan.

4.10 Merangkai dan menjalankan rangkaian pneumatik dengan menggunakan vakum generator.

4.11 Merangkai dan menjalankan mesin pneu-



	<p>matik sederhana.</p> <p>4.12 Mengoperasikan dan merawat mesin pneu-matik dengan silinder lebih dari satu.</p>
--	--

## F. CEK KEMAMPUAN AWAL

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar dengan jalan melingkari jawaban yang benar.

### A. Dasar-dasar Pneumatik

1. Cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang sifat, gerakan dan tingkah laku udara adalah ....
  - a. Hidrolik
  - b. pneumatik
  - c. elektrik
  - d. mekanik
  
2. Pneumatik banyak digunakan dalam industri, bekerja dengan menggunakan media ....
  - a. minyak
  - b. udara bertekanan
  - c. udara dan minyak
  - d. listrik
  
3. Satuan tekanan udara adalah ....
  - a. Amper
  - b. volt
  - c. derajat C
  - d. bar
  
4. Tekanan dari garis nol tekanan absolut sampai garis tekanan atmosfer disebut ....
  - a. tekanan 1 bar
  - b. tekanan relative
  - c. tekanan ukur
  - d. tekanan vakum
  
5. Udara dalam tabung dimampatkan maka ....
  - a. volumenya menjadi kecil dan tekanannya naik
  - b. volumenya menjadi besar dan tekanannya turun
  - c. volumenya menjadi kecil dan tekanannya turun



d. volumenya menjadi besar dan tekanannya naik

B. Pembangkitan Udara Bertekanan dan Pendistribusian

6. Komponen pneumatik yang diperlukan untuk memampatkan udara adalah ....

- a. kompresor udara
- b. motor listrik
- c. pengatur tekanan udara
- d. silinder udara

7. Agar sistem pneumatik bekerja dengan baik, diperlukan ....

- a. udara bersih dan kering
- b. udara bersih dan lembab
- c. udara kering dan berminyak
- d. udara lembab dan berminyak



8. Unit pemeliharaan udara (air service unit) seperti gambar berikut terdiri dari ....

- a. penyaring udara, pengatur tekanan udara dan kompresor
- b. penyaring udara, pengatur tekanan udara dan pelumas
- c. pengatur tekanan udara, pelumas dan kompresor
- d. Penyaring udara, pelumas dan katup "shut-off"

9. Fungsi tangki udara seperti berikut ini kecuali ...

- a. Untuk mendapatkan tekanan konstan pada sistem pneumatik, dengan tidak mengindahkan beban yang berfluktuasi,
- b. Untuk memisahkan minyak dan air dari kompresor,
- c. Penyimpan / tandon udara sebagai "emergency suplay" bila sewaktu-waktu ada kegagalan kompresor, beban pemakaian yang tiba-tiba besar, ruangan yang luas dari tangki akan mendinginkan udara.

10. Kondensasi yang terjadi pada tangki udara tidak boleh masuk ke dalam sistem pneumatik karena ....

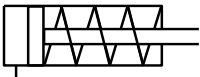
- a. memperlambat kerja silinder
- b. mengganggu fungsi kontak katup pneumatik
- c. mengganggu kerja kompresor





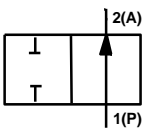
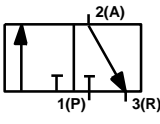
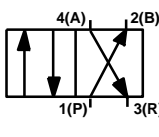
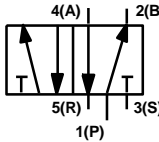
d. membuat bising

C. Komponen-komponen Pneumatik

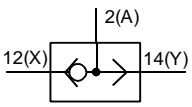
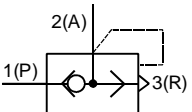
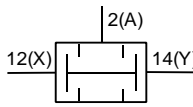
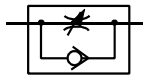
11. Simbol  adalah ....

- a. silinder kerja tunggal
- b. silinder kerja ganda
- c. silinder kerja ganda dengan bantalan udara
- d. silinder putar

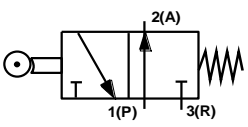
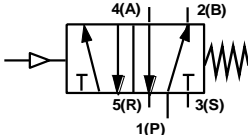
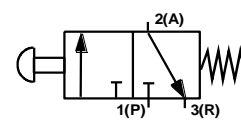
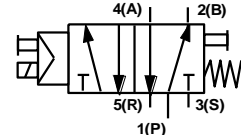
12. Simbol katup 5/2 adalah .....

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 

13. Simbol katup fungsi "OR" adalah .....

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 

14. Simbol katup 3/2 dengan pengaktifan tombol tekan adalah .....

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 

15. Untuk mempercepat laju silinder dipasang alat di dekat silinder yaitu ....

- a. katup pembuang cepat
- b. katup pengatur aliran
- c. katup kontrol arah
- d. katup pengatur tekanan

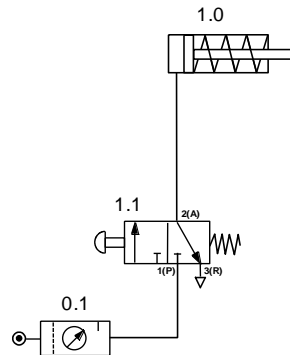


D. Rangkaian Kontrol Dasar

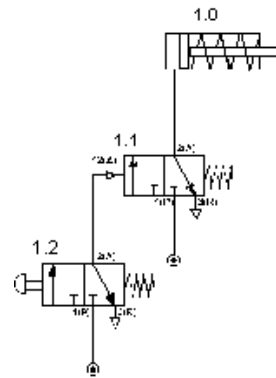
16. Rangkaian kontrol tidak langsung silinder kerja ganda adalah seperti berikut

....

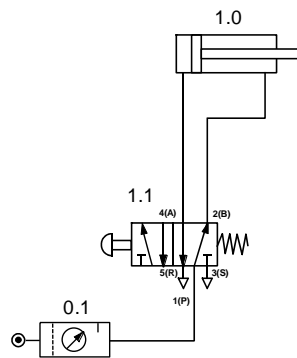
a.



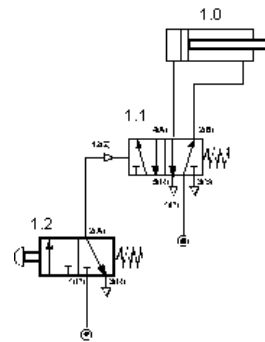
b.



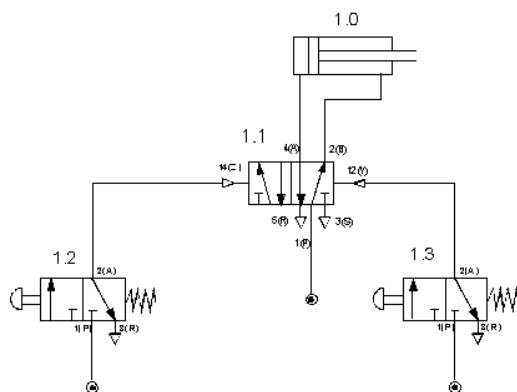
c.



d.



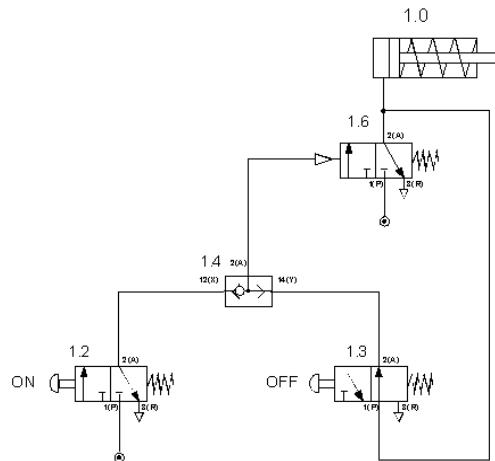
17. Pada rangkaian kontrol berikut, jika katup 1.2 dan katup 1.3 ditekan bersama dalam waktu yang sama pula serta selama tombol belum dilepas maka ....



- a. silinder bergerak maju sampai maksimum dan berhenti
- b. silinder diam (tidak bergerak maju)
- c. silinder bergerak maju sampai maksimum dan kemudian mundur.
- d. silinder maju sedikit dan mundur

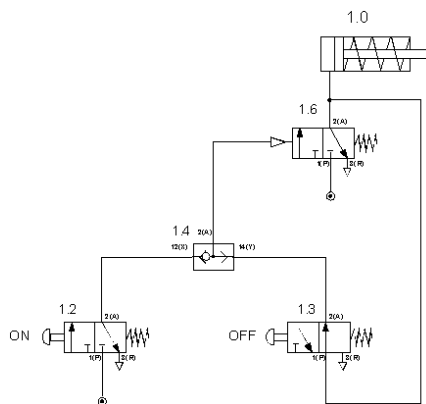


18. Pada rangkaian kontrol berikut, jika katup 1.2 dan katup 1.3 ditekan bersama dalam waktu yang sama pula serta selama tombol belum dilepas maka ....



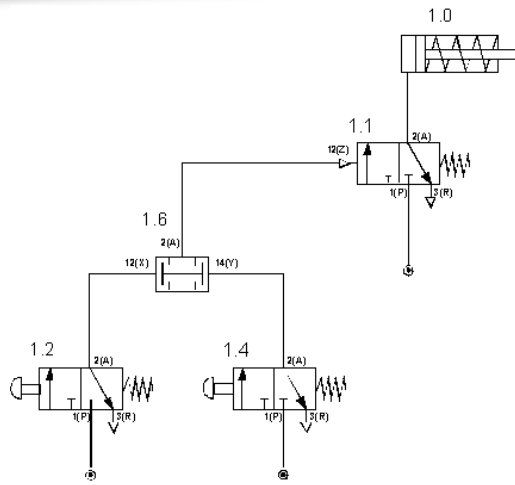
- silinder bergerak maju sampai maksimum dan berhenti
- silinder diam (tidak bergerak maju)
- silinder bergerak maju sampai maksimum dan kemudian mundur.
- silinder maju sedikit dan mundur

19. Pada rangkaian kontrol berikut, jika katup 1.2 ditekan sebentar kemudian dilepas maka ....



- silinder bergerak maju sampai maksimum dan berhenti
- silinder diam (tidak bergerak maju)
- silinder bergerak maju sampai maksimum dan kemudian mundur.
- silinder maju sedikit dan mundur

20. Pada rangkaian kontrol berikut, jika katup 1.2 ditekan dan katup 1.4 tidak ditekan serta selama tombol belum dilepas maka ....



- a. silinder bergerak maju sampai maksimum dan berhenti
- b. silinder diam (tidak bergerak maju)
- c. silinder bergerak maju sampai maksimum dan kemudian mundur.
- d. silinder maju sedikit dan mundur



## BAB II PEMBELAJARAN

### A. DESKRIPSI

Pneumatik di industri merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik yang menggunakan udara bertekanan untuk memindahkan suatu gaya atau gerakan. Pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan yang digerakkan dengan menggunakan media udara bertekanan. Pneumatik yang dibahas pada pelajaran kelas XI semester 1 mulai dari cara mendapatkan udara bertekanan yang bersih dan kering, memahami komponen-komponen pneumatik sampai mengoperasikan peralatan pneumatik.

### B. KEGIATAN

#### KEGIATAN 1 : Dasar-dasar pneumatik

##### 1. Tujuan Pembelajaran

- Memahami fisika dasar yang berkaitan dengan udara bertekanan.
- Menggunakan satuan yang tepat untuk mengukur besaran dasar dan turunan.
- Menggunakan hukum pascal, boyle untuk memahami karakteristik udara bertekanan.

##### 2. Materi Pembelajaran :

###### a. Pengantar

Di industri akan kita jumpai benda atau bahan yang akan dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain. Proses pemindahan benda tersebut menggunakan mesin dengan media listrik. Gerakan putar dapat diberikan oleh motor sederhana, dan gerakan linear dapat diperoleh dari gerakan putaran melalui perangkat seperti *screw jacks* atau *rack* dan *pinions*. Jika diperlukan gerakan pendek linear maka dipergunakan sebuah solenoid. Solenoid dapat menghasilkan gerakan linier tetapi dengan gaya yang terbatas. Selain media listrik, gerakan putar atau linear dapat juga dihasilkan dengan menggunakan



media fluida baik cairan maupun gas untuk memindahkan benda dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Sistem berbasis fluida yang menggunakan cairan sebagai media disebut sistem hidrolik. Sistem berbasis gas disebut sistem pneumatik. Gas dasar yang digunakan adalah udara yang dimampatkan. Dalam bab ini yang akan dibahas adalah sistem pneumatik.

Sebelum membahas pneumatik lebih lanjut, perhatikan tabung/tangki udara yang banyak dijumpai di pinggir jalan yang digunakan oleh tukang ban untuk memompa ban sepeda motor atau ban mobil. Tangki diisi udara oleh kompresor yang digerakkan oleh motor listrik atau motor bakar. Di tangki terdapat alat ukur yang menunjuk ke angka tertentu (misal 8 bar).

### b. Pengertian

Pengertian pneumatik dijelaskan menurut pengertian bahasa, ilmu pengetahuan dan otomasi industri.

Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat-syarat keseimbangan. Perkataan pneumatik berasal bahasa Yunani "*pneuma*" yang berarti "*napas*" atau "*udara*". Jadi pneumatik berarti *terisi udara* atau digerakkan oleh udara bertekanan.

Pneumatik merupakan cabang teori aliran atau mekanika fluida dan tidak hanya meliputi penelitian aliran-aliran udara melalui suatu sistem saluran, yang terdiri atas pipa-pipa, selang-selang, gawai dan sebagainya, tetapi juga aksi dan penggunaan udara bertekanan.

Pneumatik menggunakan hukum-hukum aeromekanika, yang menentukan keadaan keseimbangan gas dan uap (khususnya udara atmosfer) dengan adanya gaya-gaya luar (aerostatika) dan teori aliran (aerodinamika).

Pneumatik dalam pelaksanaan teknik udara bertekanan dalam industri merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik dimana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan. Jadi pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan, dalam mana terjadi proses-proses pneumatik. Dalam bidang kejuruan teknik pneumatik dalam pengertian yang lebih sempit lagi adalah teknik udara bertekanan (udara bertekanan).



Komponen pneumatik beroperasi pada tekanan 8 s.d. 10 bar, tetapi dalam praktik dianjurkan beroperasi pada tekanan 5 s.d. 6 bar untuk penggunaan yang ekonomis.

Beberapa bidang aplikasi di industri yang menggunakan media pneumatik dalam hal penanganan material adalah sebagai berikut :

- 1) Pencekaman benda kerja
- 2) Penggeseran benda kerja
- 3) Pengaturan posisi benda kerja
- 4) Pengaturan arah benda kerja

Penerapan pneumatik secara umum :

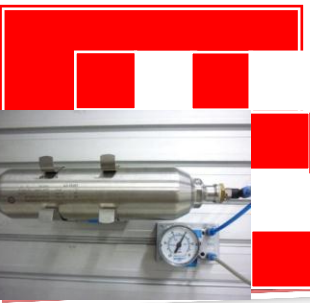
- 1) Pengemasan (*packaging*)
- 2) Pemakanan (*feeding*)
- 3) Pengukuran (*metering*)
- 4) Pengaturan buka dan tutup (*door or chute control*)
- 5) Pemindahan material (*transfer of materials*)
- 6) Pemutaran dan pembalikan benda kerja (*turning and inverting of parts*)
- 7) Pemilahan bahan (*sorting of parts*)
- 8) Penyusunan benda kerja (*stacking of components*)
- 9) Pencetakan benda kerja (*stamping and embosing of components*)

Susunan sistem pneumatik adalah sebagai berikut :

- 1) Catu daya (*energi supply*)
- 2) Elemen masukan (*sensors*)
- 3) Elemen pengolah (*processors*)
- 4) Elemen kerja (*actuators*)

### c. Sistem Satuan

Sistem satuan yang digunakan dalam buku ini adalah "Sistem Satuan Internasional", disingkat SI. Ada 6 besaran dasar dan satuannya seperti terlihat pada tabel 1-1. Satuan turunan dapat dilihat pada tabel 1-2.



Tabel 1-1 Satuan Dasar

Besaran	Simbol	Satuan
Panjang	L	meter ( m )
Massa	M	kilogram ( kg )
Waktu	T	detik ( s )
Temperatur	T	Kelvin ( K ), $0^{\circ}\text{C} = 273^{\circ}\text{K}$
Arus Listrik	I	Ampere ( A )
Itensitas cahaya		candela ( cd )

Tabel 1-2 Satuan Turunan

Besaran	Simbol	Satuan
Gaya	F	Newton ( N ), $1\text{N} = 1\text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$
Luas	A	Meter persegi ( $\text{m}^2$ )
Volume	V	Meter kubik ( $\text{m}^3$ )
Volume Aliran	Q	( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Tekanan	P	Pascal ( Pa ), $1\text{ Pa} = 1\text{ N}/\text{m}^2$ , $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$

Dari tabel 1-1, teknisi pneumatik menggunakan tiga besaran yang pertama yaitu panjang, massa dan waktu. Unit lainnya seperti pada tabel 1-2 (kecepatan, gaya, tekanan) dapat diturunkan dari besaran dasar ini. Kecepatan misalnya, diturunkan dari panjang dibagi waktu (panjang/waktu).

Sistem British yang lama menggunakan satuan feet, pound dan sekon (detik). Oleh karena itu dikenal sebagai sistem fps. Awal sistem metrik yang digunakan adalah sentimeter (cm), gram (g) dan sekon (s) yang dikenal dengan sistem cgs, dan meter (m), kilogram (kg) dan sekon (s) yang dikenal dengan sistem MKS.





Sistem MKS berkembang ke dalam sistem SI yang memperkenalkan lebih banyak metode logikal dari definisi gaya dan tekanan. Tabel 1-3 memberikan konversi besaran dasar.

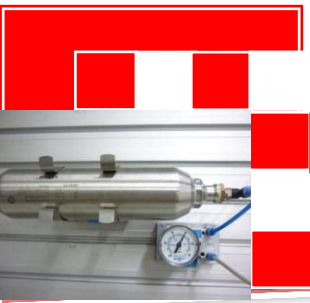
Tabel 1-3 Besaran mekanik dasar

<p><b>Massa</b></p> <p>1 kg = 2.2046 pound (lb) = 1000 g</p> <p>1 lb = 0,4536 kg</p> <p>1 ton (British) = 2240 lb = 1016 kg = 1,12 ton (US)</p> <p>1 tonne = 1000 kg = 2204,6 lb = 0,9842 ton (British)</p> <p>1 ton (US) = 0,8929 ton (British)</p>
<p><b>Panjang</b></p> <p>1 meter = 3,281 foot (ft) = 1000 mm = 100 cm</p> <p>1 inch = 25,4 mm = 2,54 cm</p> <p>1 yard = 0,9144 m</p>
<p><b>Volume</b></p> <p>1 litre = 0,2200 gallon (British) = 0,2642 gallon (US)</p> <p>1 gallon (British) = 4,546 litre = 1,2011 gallon (US) = 0,161 ft<sup>3</sup></p> <p>1 gallon (US) = 3,785 litre = 0,8326 gallon (British)</p> <p>1 meter kubik (m<sup>3</sup>) = 220 gallon (British) = 35,315 ft<sup>3</sup></p> <p>1 inch kubik (inc<sup>3</sup>) = 16,387 cm<sup>3</sup></p>

#### d. Massa dan Gaya

Sistem pneumatik dan hidrolik umumnya bergantung pada tekanan dalam cairan. Sebelum membicarakan definisi tekanan, harus terlebih dahulu mengetahui apa yang dimaksud dengan istilah sehari-hari seperti berat, massa dan gaya.

Berat merupakan gaya yang timbul dari tarikan gravitasi antara massa sebuah obyek dan bumi. Penulis mempunyai berat 75 kg di kamar mandi. Hal ini setara dengan gaya 75 kg antara kaki dan tanah. Oleh karena itu berat tergantung pada gaya gravitasi. Di bulan, dimana gravitasinya adalah seperenam daripada di bumi, maka penulis akan mempunyai berat sekitar 12,5 kg; di ruang bebas berat akan menjadi nol. Dalam semua kasus, massa penulis adalah konstan.



Jika sebuah gaya yang diterapkan ke massa, percepatan (atau perlambatan) akan menghasilkan persamaan yang dikenal dengan rumus :

$$F = m.a \quad (1-1)$$

dengan :  $F$  = gaya dalam lbs f atau kgf,  $m$  = massa dalam lbs atau kg,  $a$  = percepatan atau gravitasi.

Gaya dalam unit SI dengan satuan Newton (N), didefinisikan bukan dari gravitasi bumi, tetapi langsung dari persamaan (1-1). Satu newton didefinisikan sebagai sebuah gaya yang menghasilkan percepatan  $1 \text{ ms}^{-2}$  bila diterapkan ke massa 1 kg.

Satu kgf menghasilkan sebuah percepatan  $1g$  ( $9,81 \text{ ms}^{-2}$ ) bila diterapkan ke massa 1kg. Satu newton menghasilkan sebuah percepatan  $1 \text{ ms}^{-2}$  bila diterapkan ke massa 1 kg. Oleh karena itu :  $1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N}$ , akan tetapi karena kebanyakan instrumen industri yang terbaik mempunyai akurasi 2% maka lebih sederhana menggunakan :

$$1 \text{ kgf} = 10 \text{ N} \quad \text{untuk aplikasi praktek.}$$

Tabel 1-3 memberikan konversi antara berbagai besaran.

$1 \text{ newton (N)} = 0,2248 \text{ pound force (lb f)} = 0,1019 \text{ kilogram force (kg f)}$
$1 \text{ lb f} = 4,448 \text{ N} = 0,4534 \text{ kg f}$
$1 \text{ kg f} = 9,81 \text{ N} = 2,205 \text{ lb}$
<u>Besaran lainnya :</u>
dyne (unit cgs) : $1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyne}$
ponds (gram force): $1 \text{ N} = 102 \text{ ponds}$
Unit SI adalah newton :
$\text{N} = \text{kg ms}^{-2}$

#### **e. Tekanan**

Tekanan dalam cairan terjadi ketika ia diberi gaya. Dalam gambar 1.4 gaya  $F$  diberikan pada cairan tertutup melalui piston dengan luas penampang  $A$ . Ini akan menghasilkan tekanan  $P$  dalam cairan. Memperbesar gaya jelas akan

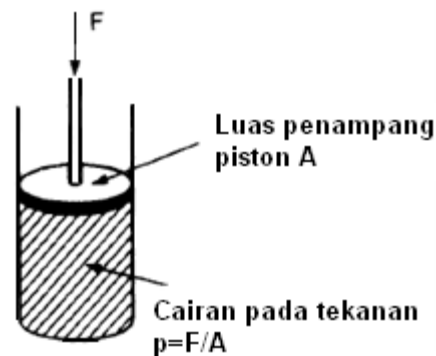


meningkatkan tekanan secara proporsional langsung. Mengurangi luas penampang piston A juga akan meningkatkan tekanan. Tekanan dalam cairan itu

dapat didefinisikan sebagai gaya per luas penampang, atau:

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-2)$$

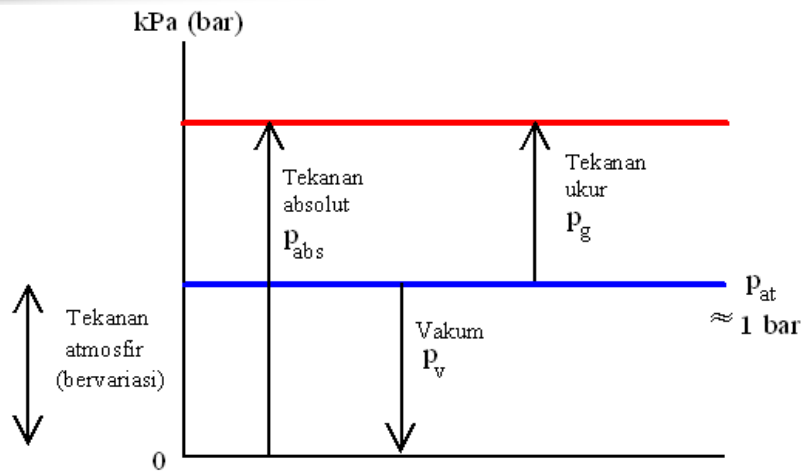
Meskipun persamaan 1-2 sangat sederhana, ada berbagai satuan tekanan yang dipakai. Dalam British menggunakan sistem fps sebagai contoh, F diberikan dalam lbs f dan A diberikan dalam inci persegi memberikan tekanan diukur dalam pound force per square inch (psi).



Gambar 1.4 tekanan dalam cairan yang dipres

Dalam sistem metrik, F biasanya diberikan dalam kgf dan A dalam sentimeter persegi memberikan tekanan dalam kilogram gaya per sentimeter persegi (kgf cm<sup>-2</sup>).

Sistem SI menentukan tekanan sebagai gaya dalam newton per meter persegi (Nm<sup>-2</sup>). Satuan tekanan dalam SI adalah pascal (1Pa = 1 Nm<sup>-2</sup>). Satu pascal adalah tekanan yang sangat rendah untuk digunakan dalam praktik, sehingga kilopascal (1 kPa = 10<sup>3</sup>Pa) atau megapascal (1 MPA = 10<sup>6</sup> Pa) lebih umum digunakan. Hal ini dikenal sebagai tekanan absolut dan penting ketika kompresi dengan gas. Hubungan antara tekanan absolut dan tekanan ukur diilustrasikan pada gambar 1.7.



Gambar 1.7 hubungan antara tekanan absolut dengan tekanan ukur

Tabel 1.4 membandingkan satuan tekanan. Sistem hidrolik beroperasi pada tekanan 150 bar, sedangkan sistem pneumatik beroperasi pada tekanan 10 bar.

Table 1.4 satuan tekanan

1 bar = 100 kPa = 14,5 psi = 750 mmHg = 401,8 inch W G = 1,0197 kgf cm <sup>-2</sup> = 0,9872 atmosphere (atm)
1 kilopascal = 1000 Pa = 0,01 bar = 0,145 psi = 1,0197 x 10 <sup>-3</sup> kgf cm <sup>-2</sup> = 4,018 inches W G = 9,872 x 10 <sup>-3</sup> atmosphere
1 pound per square inch (psi) = 6.895 kPa = 0,0703 kgf cm <sup>-2</sup> = 27,7 inches W G
1 kilogram force per square cm (kgf cm <sup>-2</sup> ) = 98,07 kPa = 14.223 psi
1 atm = 1,013 bar = 14,7 psi = 1,033 kgf cm <sup>-2</sup>

Satuan tekanan dalam unit SI adalah pascal (P<sub>a</sub>). P<sub>a</sub>=1Nm<sup>-2</sup>. Dalam prakteknya satuan yang digunakan adalah bar dan psi.

#### f. Kerja, Energi dan Daya

Kerja dilakukan (energi dipindahkan), ketika obyek tersebut akan dipindahkan terhadap gaya, dan didefinisikan sebagai :

$$\text{kerja} = \text{gaya} \times \text{jarak} \quad (1-3)$$



Dalam sistem British (fps) persamaan 1-3 memberikan satuan ft lb f. Untuk sistem metrik satuannya adalah cm kg f. Untuk unit SI, satuan kerja adalah Joule, dengan  $1\text{J} = 1\text{Nm} (= 1\text{m}^2 \text{kg s}^{-2})$ . Tabel 1.5 membandingkan satuan kerja.

Table 1.5 Satuan Kerja (energi)

<p>1 joule (J) = <math>2,788 \times 10^{-4}</math> Wh (<math>2,788 \times 10^{-7}</math> kWh)</p> <p>= 0,7376 ft lbf</p> <p>= 0,2388 calories</p> <p>= <math>9,487 \times 10^{-4}</math> British thermal units (BTu)</p> <p>= 0,102 kgf m</p> <p>= <math>10^7</math> ergs (cgs unit)</p> <p>Satuan kerja dalam SI adalah joule (J)</p> <p>1J = 1Nm</p> <p>= <math>1 \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2}</math></p>
--

Daya adalah rasio yang sudah dilakukan:

$$\text{daya} = \text{kerja/waktu} \quad (1-4)$$

Satuan daya dalam unit SI adalah watt, yang didefinisikan sebagai  $1 \text{ Js}^{-1}$ . Ini adalah satuan yang paling umum dari daya, seperti yang hampir secara universal digunakan untuk pengukuran daya listrik.

Sistem British menggunakan daya kuda (HP) yang digunakan untuk mendefinisikan daya motor. Satu daya kuda didefinisikan sebagai  $550 \text{ ft lb fs}^{-1}$ . Tabel 1.6 adalah perbandingan satuan daya. Satuan daya dalam SI adalah watt (W).

Tabel 1.6 Satuan daya

<p>1 kilowatt (kW) = 1,34 HP = 1,36 metric HP = <math>102 \text{ kgf m s}^{-1} = 1000 \text{ W}</math></p> <p>1 daya kuda (HP) = <math>0,7457 \text{ kW} = 550 \text{ Ft lb s}^{-1} = 2545 \text{ BTU h}^{-1}</math></p>
--

Kerja dapat dianggap sebagai integral waktu dari daya (sering digambarkan secara longgar sebagai daya total yang digunakan). Seperti daya listrik diukur dalam watt atau kilowatt ( $1\text{kW} = 10^3\text{W}$ ), yang kilowatt jam (kWh) adalah representasi lain dari kerja atau energi.

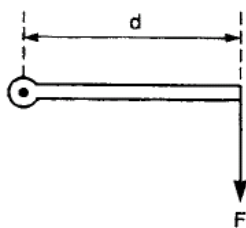


**g. Torsi (Gaya Putar)**

Istilah torsi digunakan untuk mendefinisikan sebuah gaya putar, dan hasil perkalian antara gaya dan jari-jari yang efektif seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.8. Dengan demikian kita memiliki:

$$T = F \times d \tag{1-5}$$

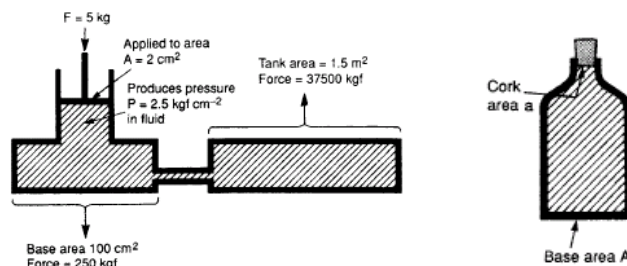
Dalam sistem British satuan torsi adalah lbf ft, dalam sistem metrik adalah kgf m atau kgf cm, dan dalam SI unit adalah Nm.



Gambar 1.8 Definisi torsi

**h. Hukum Pascal**

Tekanan dalam fluida tertutup dapat dianggap seragam di seluruh sistem yang praktis. Mungkin ada perbedaan-perbedaan kecil yang timbul dari tekanan tinggi pada ketinggian yang berbeda, tetapi ini umumnya akan dapat diabaikan bila dibandingkan dengan sistem tekanan kerja. Kesetaraan tekanan ini dikenal sebagai Hukum Pascal, dan diilustrasikan pada gambar 1.9 di mana kekuatan 5 kgf diterapkan pada sebuah piston dengan luas penampang 2cm<sup>2</sup>. Ini menghasilkan tekanan sebesar 2,5 kgf cm<sup>-2</sup> di setiap titik di dalam fluida, yang bertindak sama dengan gaya per satuan luas pada dinding sistem.



(a) Gaya dan tekanan dalam tangki tertutup

(b) Tekanan dalam

botol

Gambar 1.9 Tekanan dalam botol tertutup

Misalkan dasar tangki kiri berukuran 0,1 x 0,1 m memberikan luas 100 cm<sup>2</sup>. Gaya total yang bekerja pada dasar 250 kgf. Jika ukuran bagian atas tangki



kanan adalah 1 m x 1,5 m, akan memberikan gaya ke atas sebesar 37.500kgf. Catatan, ukuran pipa penghubung tidak berpengaruh. Prinsip ini menjelaskan mengapa memungkinkan menggeser dasar sebuah botol dengan menerapkan gaya kecil ke gabus, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.9b. Gaya yang diterapkan tergantung dari tekanan, yang diberikan oleh persamaan:

$$P = \frac{f}{a} \tag{1-6}$$

Gaya pada dasar/alas :

$$F = P \times A \tag{1-7}$$

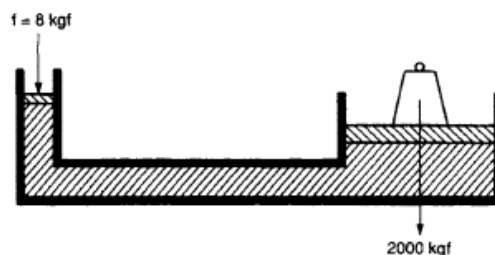
dari turunan :

$$F = f \times \frac{A}{a} \tag{1-8}$$

Persamaan di atas menunjukkan fluida tertutup dapat digunakan untuk memperbesar gaya. Dalam gambar 1.10 beban 2000 kg sedang duduk di sebuah piston dengan luas 500 cm<sup>2</sup> (jari-jari sekitar 12 cm). Piston yang lebih kecil mempunyai luas 2 cm<sup>2</sup>. Sebuah gaya sebesar:

$$f = 2000 \times \frac{2}{500} = 8 \text{ kgf.} \tag{1-9}$$

akan mengangkat beban sebesar 2000 kg. Dapat dikatakan keuntungan mekanik sebesar 250 kali.



Gambar 1.10 Keuntungan mekanik

### i. Aliran Fluida

Sistem hidrolik dan pneumatik keduanya berkaitan dengan aliran fluida (cair atau gas) ke pipa. *Flow* (aliran) adalah istilah yang umum yang memiliki tiga arti yang berbeda:

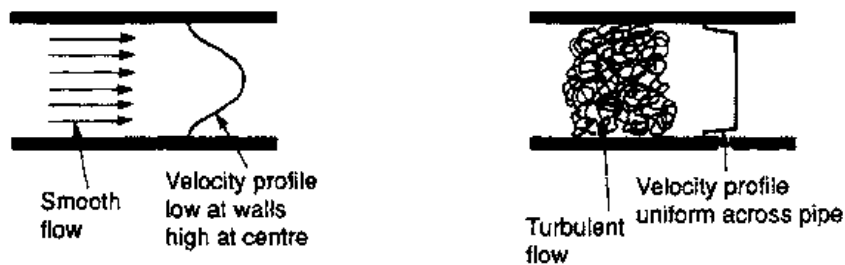
- Aliran volumetrik digunakan untuk mengukur volume fluida yang melewati titik per unit waktu. Yang mana fluida adalah gas bertekanan, suhu dan tekanan harus ditentukan atau aliran dinormalisasi ke beberapa suhu dan



tekanan standar (suatu topik yang dibahas nanti). Aliran volumetrik yang paling umum dalam kontrol proses pengukuran.

- aliran massa mengukur massa fluida yang melewati titik dalam satuan waktu.
- ukuran kecepatan aliran laju linear (dalam  $\text{ms}^{-1}$ ) melewati titik pengukuran. Kecepatan aliran sangat penting dalam perancangan sistem hidrolik dan pneumatik.

Jenis aliran fluida diilustrasikan pada gambar 1.11. Pada kecepatan aliran rendah, pola aliran halus dan linier dengan kecepatan rendah pada dinding pipa dan aliran tertinggi di tengah pipa. Hal ini dikenal sebagai arus laminer atau aliran. Ketika kecepatan aliran meningkat, pusaran mulai terbentuk sampai kecepatan aliran tinggi berbentuk turbulensi seperti ditunjukkan pada gambar 1.11b. Kecepatan aliran sekarang hampir seragam di pipa.



a) aliran laminar

b) aliran turbulen

Gambar 1.11 Jenis aliran

#### j. Hukum Gas

Untuk semua tujuan praktis, cairan yang digunakan dalam sistem hidrolik dapat dianggap inkompresibel dan tidak sensitif terhadap perubahan temperatur (suhu tetap menyediakan cukup luas dalam beberapa batas). Gas dalam sistem pneumatik sangat sensitif terhadap perubahan tekanan dan temperatur, dan perilaku ditentukan oleh hukum gas yang dijelaskan berikut ini.

Dalam istilah berikut tekanan diberikan secara mutlak, tidak mengukur, persyaratan dan suhu mutlak diberikan dalam derajat Kelvin, bukan dalam derajat Celcius. Jika kita membahas, katakanlah, satu liter udara pada tekanan atmosfer dan  $20^{\circ}\text{C}$  yang dimampatkan dengan tekanan ukur 3 atm, tekanan aslinya adalah 1 atm, suhu aslinya 293 K dan tekanan akhir 4 atm absolut.

Tekanan dan volume dihubungkan dengan hukum Boyle. Dalam gambar 1.12 kita memiliki volume gas  $V_1$  pada tekanan  $p_1$  (ingat dalam satuan absolut).

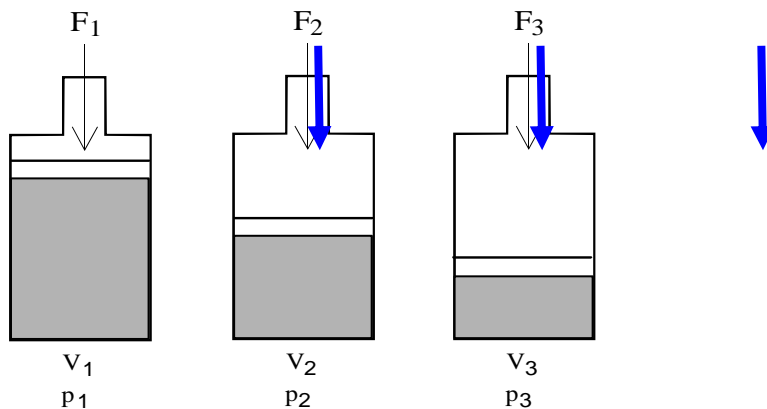




Gas dikompresi dengan volume  $V_2$ , lalu ke  $V_3$  yang akan mengakibatkan kenaikan tekanan ke  $p_2$ , kemudian  $p_3$ :

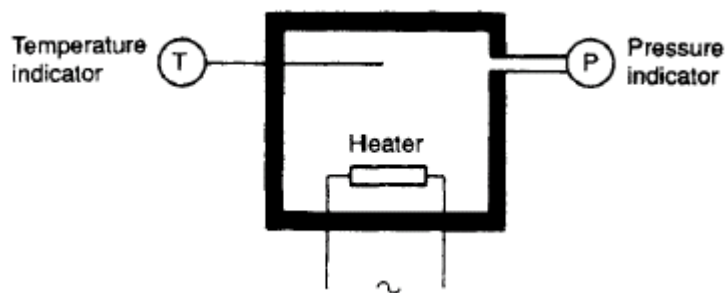
$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = \text{konstan} \quad (1-10)$$

asalkan suhu gas tidak berubah (tetap) selama kompresi. Penurunan tekanan juga menyebabkan kenaikan volume.



Gambar 1.12 : Hubungan antara tekanan dan volume

Dalam prakteknya, kompresi gas selalu disertai dengan kenaikan temperatur (seperti yang sering kita lihat ketika memompa ban sepeda) dan pengurangan tekanan menghasilkan suhu jatuh (prinsip pendinginan). Untuk penerapan persamaan 1-10, gas harus diizinkan untuk kembali ke suhu semula. Dalam gambar 1.13, di sisi lain, suhu dari volume tetap suatu gas dikendalikan oleh suatu pemanas.



Gambar 1.13 Hubungan antara suhu dan tekanan

Kenaikan suhu dari  $T_1$  sampai  $T_2$  menghasilkan peningkatan tekanan dari  $p_1$  ke  $p_2$ , di mana:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (1-11)$$

Sekali lagi harus diingat tekanan dan temperatur dalam bentuk absolut. Meskipun persamaan 1-11 memberikan perubahan tekanan akibat perubahan suhu, hal itu juga berlaku untuk perubahan temperatur akibat perubahan tekanan



yang diberikan tidak ada panas yang hilang dari sistem. Dalam kompresor udara pneumatik, suhu udara bertekanan yang keluar sangat ditinggikan oleh peningkatan tekanan, sehingga kompresor membutuhkan pendingin udara.

Persamaan 1-5 dan 1-6 digabungkan untuk memberikan hukum gas umum :

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad (1-12)$$

dengan  $p_1$ ,  $V_1$ ,  $T_1$  adalah kondisi awal dan  $p_2$ ,  $V_2$ ,  $T_2$  adalah kondisi akhir. Seperti sebelumnya, persamaan 1-12 mengasumsikan tidak ada panas yang hilang ke, atau diperoleh dari lingkungan.

### i. Karakteristik Udara

Udara mengandung oksigen, nitrogen, partikel uap air, kotoran, debu udara dan lain-lain. Udara bertekanan memiliki banyak sekali keuntungan, tetapi dengan sendirinya juga terdapat segi-segi yang merugikan atau lebih baik pembatasan-pembatasan pada penggunaannya. Hal-hal yang menguntungkan dari pneumatik pada mekanisasi yang sesuai dengan tujuan sudah diakui oleh cabang-cabang industri yang lebih banyak lagi. Pneumatik mulai digunakan untuk pengendalian maupun penggerakan mesin-mesin dan alat-alat.

Keuntungan :

- Jumlah tidak terbatas
- mudah disimpan
- transportasi mudah
- bersih
- Tahan ledakan
- mudah pengontrolan
- tahan beban lebih

Kerugian :

- Biaya tinggi
- Persiapan
- polusi suara (dikurangi dengan silencer)
- gaya terbatas (ekonomis sampai 25 000 N)



### 3. Rangkuman

- a. Pengertian Pneumatik
  - Menurut bahasa berarti napas atau udara
  - Menurut ilmu pengetahuan berarti cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang sifat, gerakan dan tingkah laku udara.
  - Menurut otomasi Industri berarti peralatan yang bergerak (linier/putar) dengan menggunakan media udara bertekanan, gerakan tersebut diakibatkan adanya perbedaan tekanan antara sisi masukan dan sisi keluaran
- b. Besaran fisika yang banyak digunakan untuk pembahasan sistem pneumatik adalah panjang, massa, waktu, temperatur, gaya, luas, volume, volume aliran dan tekanan.
- c. Sistem satuan yang digunakan dalam buku ini adalah "Sistem Satuan Internasional", disingkat SI.
- d. Pada umumnya tekanan atmosfer dianggap sebagai tekanan dasar, sedangkan yang bervariasi (akibat penyimpangan nilai) adalah:

$$\text{Tekanan ukur (tekanan relatif)} = p_g$$

$$\text{Tekanan vakum} = p_v$$

Tekanan atmosfer tidak mempunyai nilai yang konstan. Variasi nilainya tergantung pada letak geografis dan iklimnya. Daerah dari garis nol tekanan absolut sampai garis tekanan atmosfer disebut daerah vakum dan di atas garis tekanan atmosfer adalah daerah tekanan.

### 4. Lembar Kerja Peserta Didik

Untuk memahami dasar-dasar pneumatik ada 2 kegiatan yang harus dilakukan oleh para siswa.

1. Mengamati alat ukur tekanan (manometer). Perhatikan skala pada alat ukur.





Isilah tabel berikut :

Bar	Psi
0	
2	
4	

Bar	psi
6	
8	
10	



2. Udara dimasukkan dalam tabung dengan volume 0,4 liter. Berapa udara yang dimasukkan jika tekanan tabung:
- 4 bar.
  - 5 bar.
  - 6 bar.
  - 8 bar.

### 5. Tugas

Jawablah pertanyaan berikut ini.

- Apakah arti pneumatik dalam dunia industri?
- Berapa tekanan ekonomis yang digunakan di dunia industri?
- Mengapa pada industri pangan, perkayuan, tekstil dan pengepakan banyak menggunakan peralatan dan mesin dengan tenaga udara bertekanan ?
- Udara yang ditiup keluar menimbulkan kebisingan (desisan), terlebih dalam ruangan kerja dan sangat mengganggu. Bagaimana mengatasinya?
- Berapakah besar besaran berikut dengan satuan lain:
  - 100 kg = ..... lb
  - 50 inch = ..... M
  - 5 bar = ..... psi
  - 300 kPa = ..... bar
  - 40 N = ..... kgf
  - 1,5 HP = ..... kW.



## Kegiatan 2

### Produksi udara bertekanan

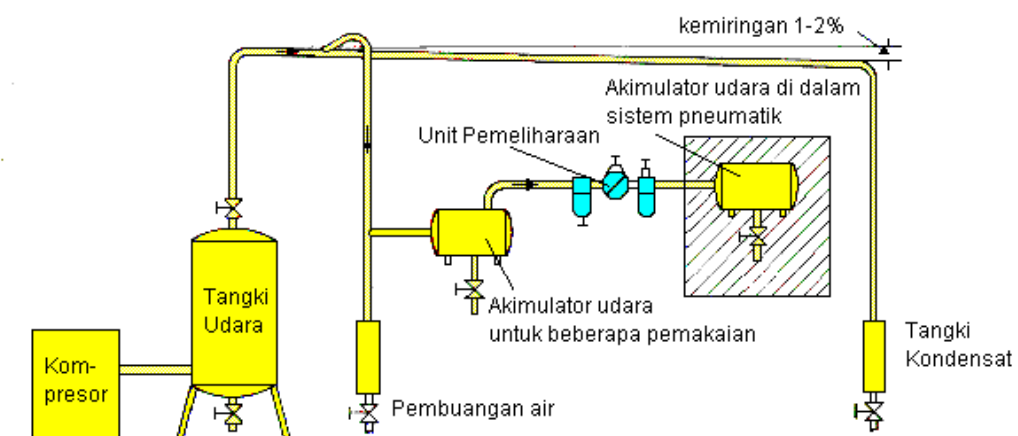
#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Memahami proses penyediaan udara bertekanan yang kering dan bersih.
- Menyiapkan komponen-komponen untuk mendapatkan udara yang kering dan bersih
- Melakukan pengaturan udara bertekanan untuk mendapatkan tekanan yang sesuai.

#### 2. Materi Pembelajaran :

##### a. Pengantar

Sistem pengadaan udara bertekanan diperlukan untuk menjamin keandalan sistem pneumatik. Sistem harus menjamin udara yang berkualitas. Termasuk di dalamnya adalah udara yang bersih, kering, dan tekanan yang tepat. Udara bertekanan diperoleh dari kompresor, kemudian dialirkan melalui beberapa elemen sampai mencapai pemakai. Perhatikan sistem pengadaan udara bertekanan pada gambar 2.1 berikut. Sistem terdiri dari kompresor udara, tangki udara, pengering udara, saluran udara dan tempat pembuangan untuk kondensasi, serta unit pemeliharaan/pelayanan udara yang terdiri dari filter udara, pengatur tekanan dan pelumas.



Gambar 2.1 Sistem Pengadaan Udara Bertekanan

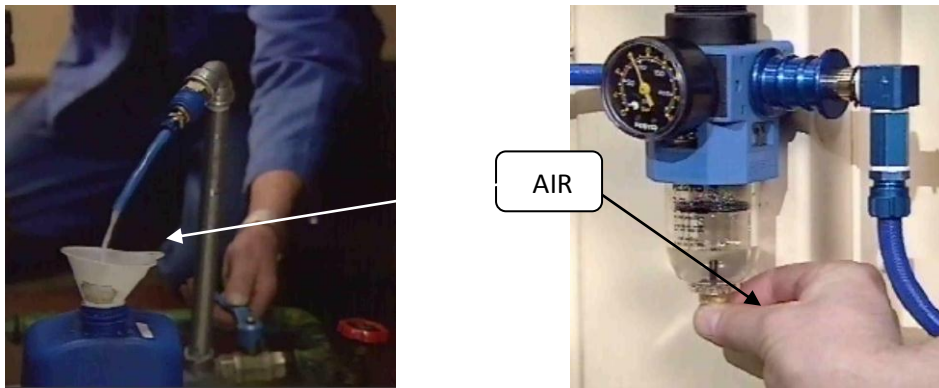


### Gejala apa yang tampak pada persiapan udara yang kurang baik?

Jenis dan penempatan kompresor turut mempengaruhi kadar partikel-partikel debu, minyak, dan air masuk ke dalam sistem. Persiapan udara yang kurang baik akan mengakibatkan sering menimbulkan gangguan dan menurunkan daya tahan sistem pneumatik. Berikut adalah gejala-gejala yang tampak:

- Keausan yang cepat pada seal dan elemen yang bergerak dalam katup dan silinder.
- Katup beroli
- Peredam suara kotor.

Perhatikan gambar berikut, seorang teknisi sedang membuang air dari tangki (gambar 2.2a) dan dari tabung unit pelayanan udara (gambar 2.2b).



Gambar 2.2 Pembuangan air kondensasi

Yang menjadi pertanyaan adalah darimana datangnya air tersebut? Apa yang terjadi jika air tersebut masuk ke dalam sistem pneumatik?

Pada kegiatan ini kita pelajari pengadaan udara bertekanan mulai dari kompresor sebagai sumber pembangkit udara bertekanan sampai ke unit pelayanan udara.

### b. Kompresor

#### 1). Fungsi

Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor dibutuhkan agar mendapatkan tekanan kerja yang diinginkan. Kompresor udara biasanya mengisap udara dari atmosfer. Namun ada pula yang mengisap udara atau gas yang bertekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Dalam hal ini kompresor bekerja sebagai penguat. Sebaliknya ada kompresor yang mengisap



gas yang bertekanan lebih rendah dari tekanan atmosfer. Dalam hal ini kompresor disebut pompa vakum.

## 2). Kriteria pemilihan kompresor

Karakteristik kompresor yang terpenting adalah volume gas yang dikeluarkan dengan satuan  $\text{m}^3/\text{min}$  atau liter (l)/min dan tekanan kerja dengan satuan bar. Pemilihan kompresor tergantung *tekanan kerja* dan *jumlah udara* yang dibutuhkan.

Kriteria lain yang diperlukan untuk menentukan kompresor adalah :

- desain
- tipe penggerak
- kapasitas penyimpanan
- pendinginan
- kondisi dan lingkungan instalasi
- perawatan
- biaya

Tergantung jenis kompresor, kapasitas/volume yang dihasilkan bervariasi dari beberapa liter permenit sampai kira-kira  $50.000 \text{ m}^3/\text{min}$ . Sedangkan tekanan yang dihasilkan berkisar antara beberapa milimeter udara sampai lebih 10 bar.

## 3). Macam-macam kompresor

Kompresor terdapat dalam berbagai jenis dan model tergantung pada volume dan tekanannya. Klasifikasi kompresor tergantung tekanannya adalah :

- kompresor (pemampat) dipakai untuk tekanan tinggi,
- blower (peniup) dipakai untuk tekanan agak rendah,
- fan (kipas) dipakai untuk tekanan sangat rendah.

Atas dasar cara pemampatannya, kompresor dibagi atas jenis :

- Jenis turbo (aliran)

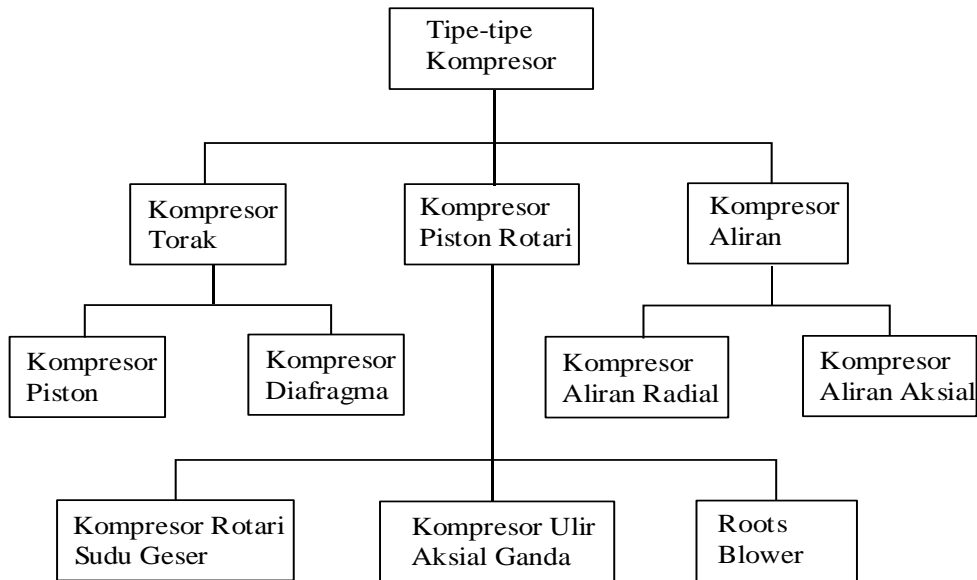
Jenis ini menaikkan tekanan dan kecepatan gas dengan gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh kipas (impeler) atau dengan gaya angkat yang ditimbulkan oleh sudu-sudu.

- Jenis perpindahan (*displacement*)

Jenis ini menaikkan tekanan dengan memperkecil atau memampatkan volume gas yang diisap ke dalam silinder atau stator oleh sudu. Jenis



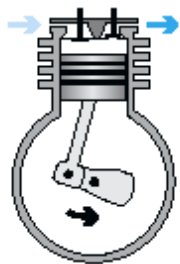
perpindahan terdiri dari jenis putar (piston putar) dan jenis bolak balik (torak).



Gambar 2.3. Diagram Berbagai Jenis Kompresor

a). Kompresor piston

Piston menarik udara melalui katup isap pada langkah turun, memampatkannya pada langkah naik dan mendorong keluar melalui katup tekanan.



Daerah tekanan :

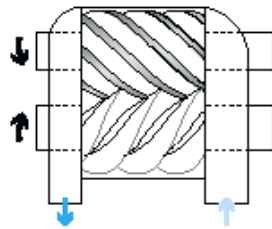
- Satu tahap sampai 600 kPa ( 6 bar)
- Dua tahap sampai 1500 kPa (15 bar)

Gambar 2.4. Kompresor piston tunggal

b). Kompresor sekerup

Udara dihisap melalui lubang hisap dan dipindahkan aksial melalui dua propeller dengan kecepatan tinggi untuk mendapatkan tekanan.



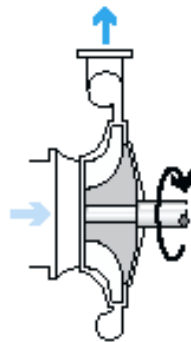


Gambar 2.5. Kompresor sekerup

Daerah tekanan:

- sampai 1000 kPa (10 bar)

c). Kompresor aliran radial



Gambar 2.6. Kompresor aliran radial

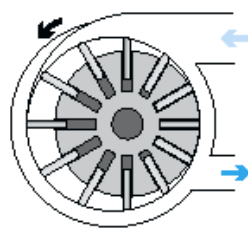
Melalui baling-baling putaran cepat, udara dipercepat secara radial. Energi kinetik dari udara diubah menjadi energi tekanan.

Daerah tekanan :

- Dengan langkah banyak sampai 1000 kPa (10 bar)

d). Kompresor sudu geser

Kompresor ini mempunyai rotor yang dipasang secara eksentrik di dalam rumah yang berbentuk silinder. Pada rotor terdapat beberapa parit dalam arah aksial dimana sudu-sudu dipasang.



Gambar 2.7.

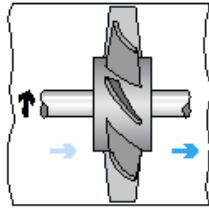
Kompresor sudu geser

Selama berputar ukuran sudu-sudu berubah-ubah, sehingga udara dimampatkan. Daerah tekanan :

- Satu tahap sampai 400 kPa (4 bar)
- Dua tahap sampai 800 kPa (8 bar)



e). Kompresor aksial



Melalui baling-baling putaran cepat, udara dipercepat secara radial. Energi kinetik dari udara diubah menjadi energi tekanan.

Daerah tekanan :

- Dengan langkah banyak sampai 600kPa (6bar)

Gambar 2.8. Kompresor aksial

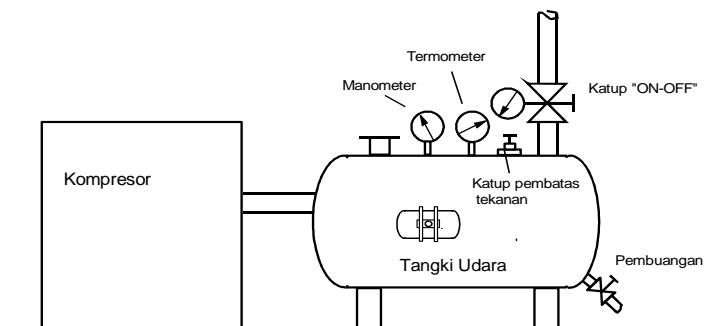
c. Tangki

1). Fungsi Tangki

- Untuk mendapatkan tekanan konstan pada sistem pneumatik, dengan tidak mengindahkan beban yang berfluktuasi.
- Penyimpan/tandon udara sebagai "emergency suplay" bila sewaktu-waktu ada kegagalan kompresor, beban pemakaian yang tiba-tiba besar.
- Ruangan yang luas dari tangki akan mendinginkan udara. Oleh karena itu, penting pada tangki bagian bawah dipasang kran untuk membuang air kondensasi.

2). Komponen-komponen Tangki

Komponen-komponen yang terdapat pada tangki adalah sebagai berikut:

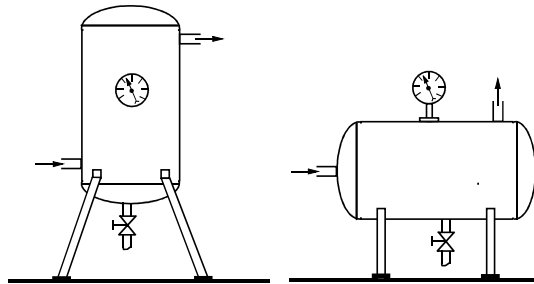


Gambar 2.9. Tangki dan komponen-komponennya

- Manometer
- Thermometer
- Katup pembatas tekanan
- Katup pengatur tekanan
- Pembuangan air
- Pintu tangki



### 3). Pemasangan Tangki



Tangki udara dapat dipasang secara vertikal atau horisontal. Udara keluaran diambilkan dari bagian atas tangki, sedangkan udara masuk lewat bagian bawah tangki.

Gambar 2.10. Pemasangan tangki

### 4). Pemilihan ukuran tangki

Pemilihan ukuran tangki udara bertekanan tergantung dari:

- Volume udara yang ditarik ke dalam kompresor
- Pemakaian udara konsumen
- Ukuran saluran
- Jenis dari pengaturan siklus kerja kompresor
- Penurunan tekanan yang diperkenankan dari jaringan saluran.

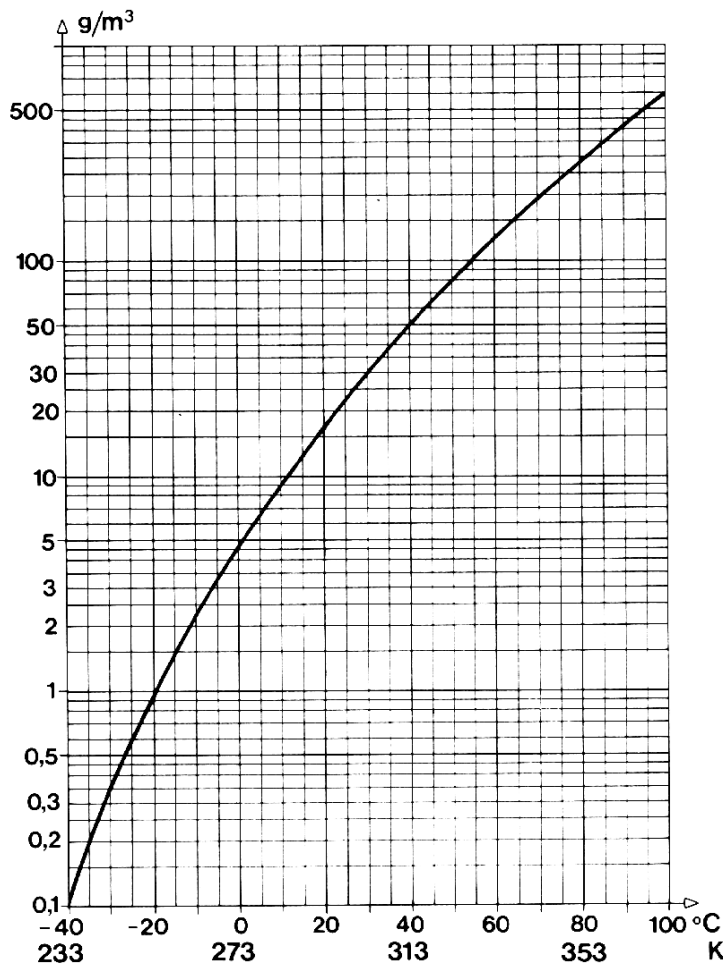
Hal lain yang harus diperhatikan dalam pemilihan tangki udara adalah adanya :

- Penunjuk tekanan (manometer)
- Penunjuk temperatur (termometer)
- Katup relief
- Pembuangan air
- Pintu masuk (untuk tangki yang besar)

### d. Pengering udara

#### 1). Kondisi Udara Bertekanan

Udara yang dihisap kompresor selalu mengandung uap air. Kadar air ini harus ditekan serendah mungkin. Suhu dan tekanan udara menentukan kadar kelembaban udara. Makin tinggi suhu udara, makin banyak kadar uap air yang dapat diserap. Apabila titik jenuh dari kelembaban udara mencapai 100%, meneteslah air.



Gambar 2.11. menunjukkan hubungan antara kandungan air dalam udara dengan temperatur pada kelembaban 100 %.

Contoh : Lihat gambar 2.11

- Pada temperatur 20°C, udara mengandung air sebesar 17 gram/m<sup>3</sup>.
- Pada temperatur 40°C, udara mengandung air sebesar 51 gram/m<sup>3</sup>.

Sebuah kompresor berdaya hisap 10 m<sup>3</sup>/h memampatkan udara bebas (20°C, kelembaban relatif 50%) pada tekanan absolut 7bar (1,43m<sup>3</sup>/h). Sebelum pemampatan, kadar air sebesar 8,5g/m<sup>3</sup>. Hasilnya adalah massa air 85 g/h. Setelah pemampatan, suhu naik menjadi 40°C. Udara yang dijenuhkan pada lubang-keluar kompresor, mempunyai kadar air sebesar 51g/m<sup>3</sup>.

Pada massa udara yang dimampatkan 1,43 m<sup>3</sup>/h, massa airnya adalah:

- $1,43 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 51 \text{ g/ m}^3 = 72,93 \text{ g/h}$

Dengan demikian massa air yang dikeluarkan dari kompresor adalah:

- $85 \text{ g/h} - 72,93 \text{ g/h} = 12,07 \text{ g/h}$



2). Akibat air kondensasi dalam sistem pneumatik

Air kondensasi ini, jika tidak dikeluarkan dapat mengakibatkan :

- Korosi dalam pipa, katup, silinder, dan elemen-elemen lainnya. Ini akan menambah biaya pemakaian dan perawatan.
- Mencuci pelumas asli pada elemen yang bergerak.
- Mengganggu fungsi kontak dari katup
- Mencemarkan dan merusak hal tertentu misalnya pada industri makanan, dan pengecatan.

3). Macam-macam pengering udara

Ada 3 cara untuk mengurangi kandungan air di dalam udara :

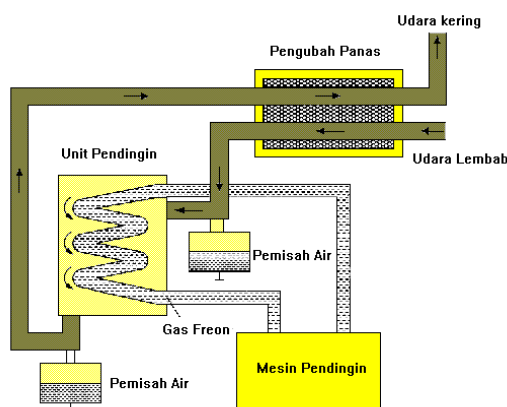
- Pengering temperatur rendah (dengan sistem pendingin)
- Pengering adsorpsi
- Pengering absorpsi

Penambahan biaya untuk pengadaan peralatan pengering udara dikompensasi dengan turunnya biaya pemeliharaan dan menambah keandalan sistem.

a). Pengering temperatur rendah

Proses pengeringan :

- Udara bertekanan mengalir melalui penukar panas ke unit pendingin dengan tujuan untuk menurunkan temperatur udara sampai ke titik embun. Air dalam udara akan mengembun dan jatuh ke luar ke dalam bak air. Sebelum dialirkan ke sistem, udara dipanaskan agar kembali ke kondisi semula.





Gambar 2.12. Pengering temperatur rendah

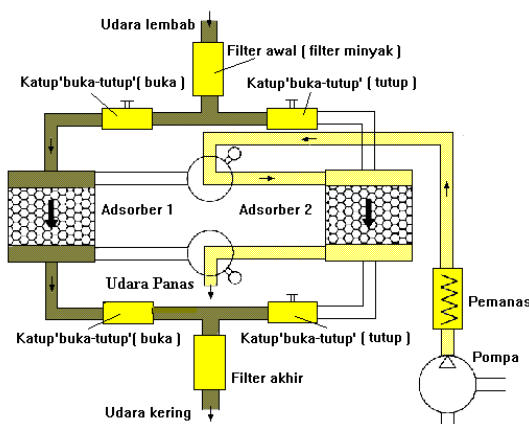
Keuntungan :

- Biaya operasi dan perawatan rendah

b). Pengering adsorpsi

Pengertian :

- air yang disimpan dalam permukaan benda padat



Proses :

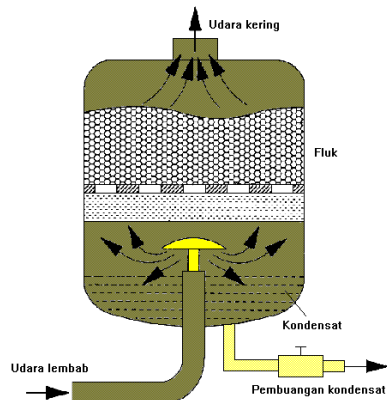
- Udara bertekanan dilewatkan melalui gel dan airnya disimpan pada permukaannya. Dipergunakan dua tangki, yang satu dipakai sebagai pengeringan dan tangki lainnya dalam proses pencucian dengan udara panas.

Gambar 2.13 Pengering udara jenis adsorpsi

c). Pengering absorpsi

Prinsip kerja :

- merupakan proses kimia murni udara bertekanan yang lembab bercampur dengan bahan pengering dan selanjutnya menyebabkan bahan pengering menjadi rusak.



Keuntungan :

- Peralatan instalasinya sederhana
- Pemakaian mekanik rendah (tidak ada bagian yang bergerak)
- Tanpa energi dari luar

Kerugian :

- Biaya operasi tinggi
- Efisiensinya rendah

Gambar 2.14 Pengering udara jenis



adsorsi

#### e. Saluran udara

Untuk menjamin distribusi udara yang handal dan lancar, beberapa hal harus diperhatikan. Ukuran pipa yang benar sama pentingnya seperti halnya bahan yang digunakan, tahanan sirkulasi, susunan pipa dan pemeliharaan.

##### 1). Ukuran Pipa Saluran

Penentuan diameter dalam pipa tergantung dari :

- kecepatan aliran
- panjang pipa
- kerugian tekanan yang diijinkan ( ideal 0,1 bar )
- tekanan kerja
- jumlah pencabangan, tahanan pipa.

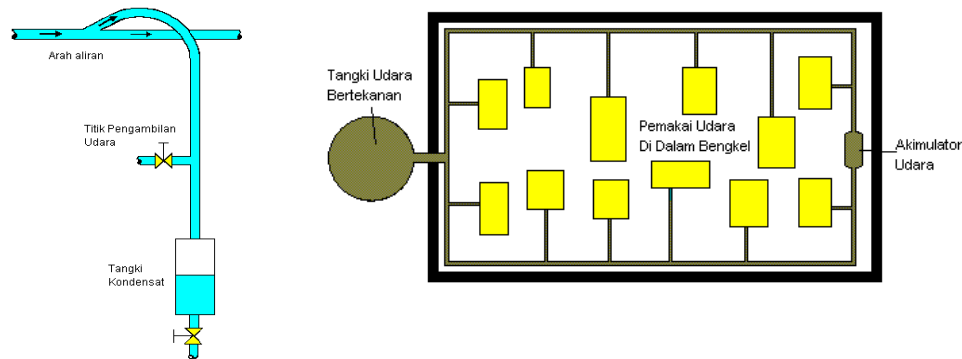
##### 2). Bahan pipa

Kriteria bahan pipa yang baik adalah sebagai berikut :

- kerugian tekanan rendah
- bebas kebocoran
- tahan karat
- mempunyai kemampuan pemuaian.

##### 3). Instalasi Pipa Udara Bertekanan

- saluran pemipaan dengan kemiringan 1-2% agar air kondensasi dapat dibuang,
- pada titik terendah dipasang pembuangan air,
- dibuat dalam bentuk melingkar (*Ring Main*)



Gambar 2.15. Distribusi udara bertekanan

#### f. Unit Pelayanan Udara

Pada prinsipnya, udara bertekanan harus kering, bebas dari minyak. Untuk beberapa komponen udara berlubrikasi adalah merusak yang lain, tetapi untuk komponen daya, lubrikasi justru sangat diperlukan. Lubrikasi dari udara bertekanan, seharusnya dibatasi pada bagian tertentu, jika lubrikasi diperlukan. Untuk hal ini, diperlukan minyak khusus. Minyak yang terbawa udara dari kompresor tidak cocok bila digunakan untuk lubrikasi komponen sistem kontrol.

Masalah yang terjadi dengan lubrikasi (pelumasan) yang berlebihan adalah:

- Gangguan pada komponen yang terlubrikasi secara berlebihan.
- Polusi pada lingkungan.
- Pengaretan terjadi setelah komponen diam dalam waktu yang lama.
- Kesulitan di dalam pengaturan lubrikasi yang tepat.

Walaupun hal tersebut di atas adalah masalah, tetapi lubrikasi diperlukan pada hal-hal sebagai berikut:

- Gerakan bolak-balik yang sangat cepat
- Silinder diameter besar (125 mm ke atas), lubrikator seharusnya dipasang langsung dekat dengan silinder.

Lubrikasi yang tepat ditentukan oleh kebutuhan udara silinder. Lubrikator disetel pada aliran minimum sebelum memulai pemberian minyak. Bila lubrikator disetel terlalu besar, maka keadaan tersebut tidak efektif. Sedangkan penyetyelan lubrikator yang terlalu kecil, dapat menyebabkan minyak cepat kering dalam perjalanan menuju ke silinder. Silinder dengan seal tahan panas tidak harus





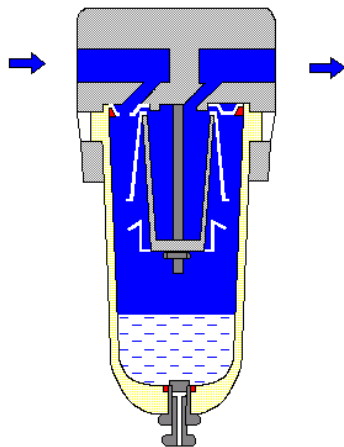
disuplai dengan udara bertekanan yang berlubrikasi. Karena lubrikasi khusus dalam silinder akan tercuci.

Unit Pelayanan Udara terdiri dari:

- Penyaring udara bertekanan (*Filter*)
- Pengatur tekanan udara (*Pressure Regulator*)
- Pelumas udara bertekanan (*Lubricator*)

Kombinasi ukuran dan jenis yang benar dari elemen ini ditentukan oleh penerapan dan permintaan dari sistem kontrol. Unit pemelihara udara dipasang pada setiap jaringan kerja sistem kontrol untuk menjamin kualitas udara bagi tiap tugas sistem kontrol.

1). Filter



a). Fungsi:

- Untuk menyaring partikel-partikel debu
- Untuk menyaring kotoran-kotoran

b). Ukuran filter

- Ukuran pori filter menunjukkan ukuran partikel minimum yang dapat disaring dari udara mampat,
- Misal filter 5 micron akan menyaring partikel yang mempunyai diameter lebih besar dari 0,005 mm.

Gambar 2.16. Filter

c). Penggantian filter

- Penggantian filter dilakukan jika perbedaan tekanan antara output dan input sebesar 0,4 – 0,6 bar.

d). Perawatan Filter

- mengganti atau mencuci elemen filter
- membuang air kondensasi

Harap diperhatikan!

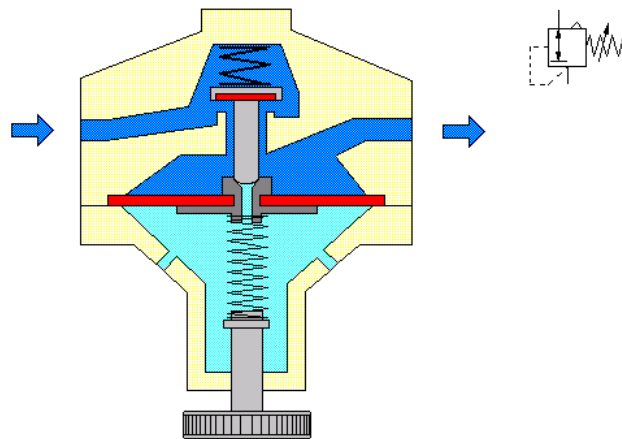
- Arah aliran
- Jumlah/besar aliran
- Batas maksimum air kondensasi
- Pembersihan elemen filter yang kontinyu



2). Pengatur Tekanan

Fungsi

- untuk menjaga tekanan konstan dari udara mampat pada elemen kontrol

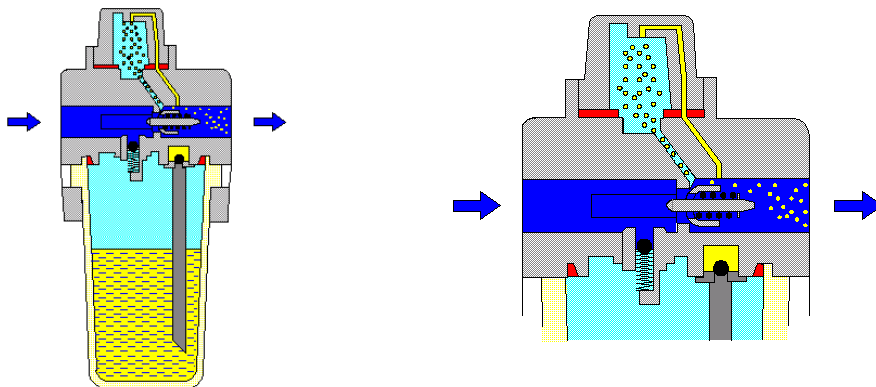


Gambar 2.17. Pengatur tekanan

3). Pelumas

Fungsi

- untuk menyalurkan minyak berupa kabut dalam jumlah yang dapat diatur, lalu dialirkan ke komponen pneumatik yang membutuhkannya.



Gambar 2.18 Pengatur tekanan

**g. Perawatan**

Berikut hal-hal yang harus diperhatikan dalam unit pelayanan udara :

- 1). Ukuran unit pelayanan udara ditentukan oleh aliran udara ( $m^3/h$ ). Nilai aliran udara yang terlalu tinggi mengakibatkan susutnya tekanan dalam peralatan menjadi besar pula. Oleh sebab itu keterangan pabrik mutlak harus diperhatikan.



- 2). Tekanan kerja jangan melampaui harga yang tercantum pada unit pemeliharaan. Suhu lingkungan tidak boleh lebih tinggi dari 50°C (nilai maksimal untuk mangkuk plastik)

Pekerjaan pemeliharaan berikut ini harus dilaksanakan secara teratur :

- 1). Filter Udara

Batas kondensat harus dikontrol secara teratur, sebab batas yang tampak pada kaca pemeriksa tidak boleh terlampaui. Kalau terlampaui mengakibatkan kondensat yang sudah terkumpul terisap lagi kedalam saluran udara. Kondensat yang terlalu banyak dapat dibuang melalui kran pembuangan di bawah mangkuk. Selanjutnya pelindung filterpun harus selalu dikontrol dan kalau perlu dibersihkan.

- 2). Pengatur Tekanan:

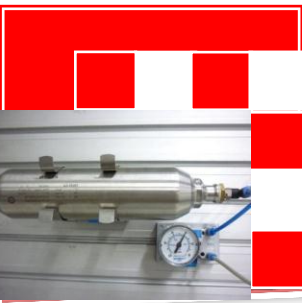
Tidak memerlukan pemeliharaan kecuali kalau filter dipasang di depan.

- 3). Pelumas Udara :

Penunjuk keadaan penuh harus dikontrol pada kaca periksa dan bila perlu ditambahkan minyak. Hanya minyak mineral yang boleh dipakai. Filter plastik dan mangkuk minyak tidak boleh dibersihkan dengan trikloretilin.

### 3. Rangkuman

- Udara yang diperlukan oleh peralatan pneumatik harus bersih dan kering. Peralatan yang diperlukan untuk mendapatkan udara yang berkualitas adalah kompresor, tangki, pengering, dan unit pelayanan udara.
- Udara kotor dan berair dalam sistem menyebabkan korosi pada peralatan, mencuci pelumas asli pada silinder, mengganggu fungsi kontak dari katup, pencemaran pada industri makanan dan pengecatan.
- Air di mangkuk/tabung unit pelayanan udara harus diperiksa secara rutin dan dibuang jika sudah mencapai batas maksimumnya.



#### 4. Tugas

##### Tugas 1 :

Amati sebuah unit kompresor.

- Perhatikan kompresornya (jenis apa yang dipakai)!
- Penggerak apa yang digunakan (motor listrik atau motor bakar)?
- Apakah ada alat pengukur tekanan?
- Dimana udara dikeluarkan?
- Berapa ukuran tangki? (Berapa liter volume tangki udara?)
- Apakah ada lubang pembuangan air? Dimana letaknya?

Lakukan pengamatan secara berkelompok. Diskusikan hasilnya dengan teman-temanmu. Tulis hasil pekerjaan di lembar pekerjaan siswa.

	<p><u>Lembar Pekerjaan Siswa Tugas 1:</u></p> <p>Dari pengamatan unit kompresor yang anda lakukan. Tulis komponen-komponen unit kompresor sesuai nomor komponen.</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>3. ....</p> <p>4. ....</p> <p>5. ....</p> <p>6. ....</p>
--	--

##### Tugas 2 :

Amati sebuah unit pelayanan udara.

- Perhatikan mangkuk air dari unit pelayanan udara. Apa ada airnya? Buang dengan jalan memutar sekrup di bawah mangkuk.
- Lepas unit pelayanan udara dari sambungan kompresor. Buka/putar mangkuk air. Periksa filternya!

Lakukan pengamatan secara berkelompok. Diskusikan hasilnya dengan teman-temanmu. Tulis hasil pekerjaan di lembar pekerjaan siswa.



Lembar Pekerjaan Siswa Tugas 2:

Pekerjaan 1 : membuang air di mangkuk air.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Pekerjaan 2 : melepas mangkuk air.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Pekerjaan 3: melepas dan mengamati filter udara.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Tugas 3 :

Amati sebuah unit pelayanan udara.

- Hubungkan unit pelayanan udara dengan kompresor.
- Putar pengatur tekanan untuk mendapatkan tekanan udara 6bar, 4 bar dan 2bar .

Lakukan pengamatan secara berkelompok. Diskusikan hasilnya dengan teman-temanmu. Tulis hasil pekerjaan di lembar pekerjaan siswa.



Lembar Pekerjaan Siswa Tugas 3:

Pekerjaan 1 : cara mendapatkan tekanan 6 bar.

.....  
.....  
.....

Pekerjaan 2 : cara mendapatkan tekanan 4 bar dari 6 bar.

.....  
.....  
.....

Pekerjaan 3 : cara mendapatkan tekanan 2 bar dari 4 bar.

.....  
.....  
.....

**5. Tes Formatif**

**Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!**

1. Mengapa udara bertekanan sistem pneumatik harus kering ?
2. Berapa kandungan air udara atmosfer pada : (lihat grafik titik pengembunan)
  - a. temperatur 25°C, kelembaban 80%,
  - b. temperatur 30°C, kelembaban 60%,
  - c. temperatur 40°C, kelembaban 60%,
  - d. temperatur 50°C, kelembaban 50%,
3. Sebuah kompresor berdaya hisap 8 m<sup>3</sup>/h memampatkan udara bebas (kelembaban relatif 60%, temperatur 30°C ) ke dalam tabung 2 m<sup>3</sup>/h pada



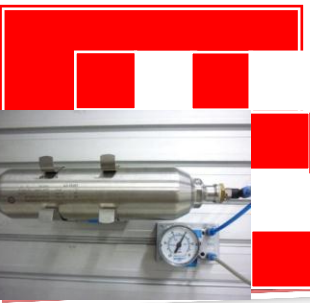
tekanan absolut 7 bar. Setelah dimampatkan suhu udara dalam tabung 40°C. Berapa air kondensasi dalam tabung ?

4. Jelaskan cara kerja pengering sistem pendingin !
5. Ada berapa macam fungsi tangki udara? Sebutkan!
6. Apa sajakah kriteria pemilihan tangki udara? Dan apa pula pelengkap yang harus diperhatikan?
7. Sebutkan -syarat bahan pipa pneumatik yang baik !
8. Bagaimana cara pengambilan udara bertekanan dari saluran utama ?
9. Apakah fungsi filter udara ?
10. Apakah fungsi pengatur tekanan udara ?

**6. Lembar Jawaban Tes Formatif**

**Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!**

1. Mengapa udara bertekanan sistem pneumatik harus kering ?  
.....  
.....  
.....  
.....
2. Berapa kandungan air udara atmosfer pada : (lihat grafik titik pengembunan)
  - a. temperatur 25°C, kelembaban 80% : .....
  - b. temperatur 30°C, kelembaban 60% : .....
  - c. temperatur 40°C, kelembaban 60% : .....
  - d. temperatur 50°C, kelembaban 50% : .....
3. Sebuah kompresor berdaya hisap 8 m<sup>3</sup>/h memampatkan udara bebas (kelembaban relatif 60%, temperatur 30°C ) ke dalam tabung 2 m<sup>3</sup>/h pada tekanan absolut 7 bar. Setelah dimampatkan suhu udara dalam tabung 40°C. Berapa air kondensasi dalam tabung ?  
.....  
.....



.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Jelaskan cara kerja pengering sistem pendingin !

.....  
.....  
.....  
.....

5. Ada berapa macam fungsi tangki udara? Sebutkan!

.....  
.....  
.....  
.....

6. Apa sajakah kriteria pemilihan tangki udara? Dan apa pula pelengkap yang harus diperhatikan?

.....  
.....  
.....  
.....

7. Sebutkan -syarat bahan pipa pneumatik yang baik !

.....  
.....  
.....  
.....

8. Bagaimana cara pengambilan udara bertekanan dari saluran utama ?

.....  
.....





.....  
.....

9. Apakah fungsi filter udara ?

.....  
.....  
.....  
.....

10. Apakah fungsi pengatur tekanan udara ?

.....  
.....  
.....  
.....

### Kegiatan 3

#### Komponen-komponen pneumatik

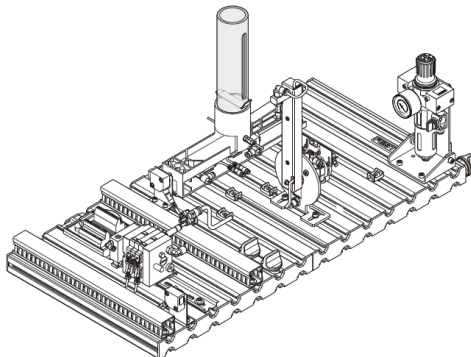
##### 1. Tujuan Pembelajaran

- Menjelaskan macam-macam komponen pneumatik dan cara kerjanya yang digunakan untuk mengoperasikan suatu mesin,
- Menunjukkan komponen-komponen pada rangkaian pneumatik dengan melihat simbolnya,
- Menyebutkan macam-macam aktuator linier dan cara kerjanya,
- Menyebutkan macam-macam aktuator putar dan cara kerjanya,
- Memahami prinsip kerja katup kontrol arah,
- Memahami prinsip kerja katup satu arah,
- Memahami prinsip kerja katup kontrol aliran,
- Memahami fungsi katup tekanan ,
- Memahami fungsi katup tunda waktu.

##### 2. Materi Pembelajaran :

###### a. Pengantar

Gambar 3.1 adalah stasiun distribusi yang berfungsi mengeluarkan benda kerja dari *stack magazine* kemudian dipindahkan oleh *modul changer* ke tempat lain. Amati komponen-komponen yang ada pada stasiun distribusi. Komponen-komponen apa saja yang dipakai? Bagaimana mengenali komponen tersebut?



###### Keterangan gambar:

1. Silinder kerja ganda,
2. Silinder putar
3. Katup
4. Sensor
5. Unit pelayanan udara

Gambar 3.1. Stasiun distribusi



Pada kegiatan ini akan dibahas simbol-simbol komponen pneumatik, nama komponen-komponen dan cara kerja komponen pneumatik.

**b. Simbol-simbol Pneumatik**

Simbol-simbol yang digunakan dalam sistem pneumatik berdasarkan standart DIN/ISO 1219.

1). Katup Kontrol Arah

Nama Komponen	Keterangan	Simbol
Katup 2/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mempunyai 2 lubang (masukan dan keluaran) dan 2 posisi hubungan katup</li> <li>Lubang keluaran tertutup. Pada posisi normal tertutup, tidak aliran yang keluar (konfigurasi NC)</li> <li>Pada posisi normal terbuka, ada aliran keluar (konfigurasi NO )</li> </ul>	
Katup 3/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mempunyai 3 lubang (masukan, keluaran dan pembuangan) dan 2 posisi hubungan katup</li> <li>Pada posisi normal, tidak ada aliran udara yang keluar (konfigurasi NC).</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pada posisi normal, ada aliran udara yang keluar (konfigurasi NO).</li> </ul>	
Katup 4/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mempunyai 4 lubang ( masukan , keluaran dan 1 pembuangan ) dan 2 posisi hubungan katup .</li> </ul>	
Katup 5/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mempunyai 5 lubang.( masukan , keluaran dan 2 pembuangan ) dan 2 posisi hubungan katup.</li> </ul>	

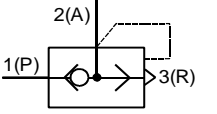
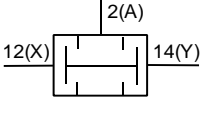
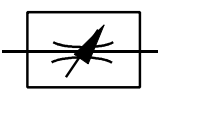
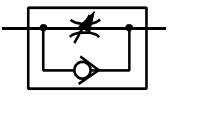


<p>Katup 3/3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mempunyai 3 lubang (masukan, keluaran dan pembuangan) dan 3 posisi hubungan katup.</li> <li>Pada posisi normal (tengah) tertutup</li> </ul>	
<p>Katup 4/3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mempunyai 4 lubang (masukan, keluaran dan pembuangan ) dan 3 posisi hubungan katup</li> <li>Pada posisi normal (tengah) lubang keluaran sambung dengan pembuangan.</li> </ul>	
<p>Katup 5/3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mempunyai 5 lubang (masukan, keluaran dan pembuangan) dan 3 posisi hubungan katup</li> <li>Pada posisi normal (tengah) tertutup</li> </ul>	




2). Katup-katup lainnya

Nama Komponen	Keterangan	Simbol
<p>Katup cek</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanpa pegas. Lubang keluaran terbuka jika tekanan masukan lebih besar daripada tekanan keluaran</li> <li>Dengan pegas. Terbuka jika tekanan masukan lebih besar daripada tekanan keluaran (termasuk gaya pegas ).</li> </ul>	
<p>Katup fungsi "ATAU" (Shuttle Valve)</p>	<p>Lubang keluaran akan bertekanan, bila salah satu atau kedua lubang masukan bertekanan.</p>	



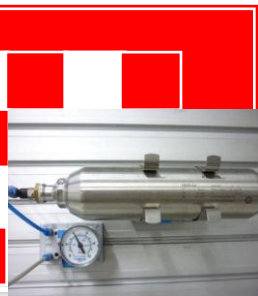
<p>Katup pembu-ang cepat (Quick Exhaust Valve)</p>	<p>Bila lubang masukan disuplai oleh udara bertekanan, lubang keluaran akan membuang udara secara langsung ke atmosfer.</p>	
<p>Katup fungsi "DAN" (Two-pressure Valve)</p>	<p>Lubang keluaran hanya akan bertekanan bila udara bertekanan disuplai ke kedua lubang masukan.</p>	
<p>Katup kontrol aliran (Flow Control Valve)</p>	<p>Aliran udara keluar dapat diatur, dengan memutar pengaturannya.</p>	
<p>Katup kontrol aliran satu arah (One-way Flow Control Valve)</p>	<p>Katup cek dengan katup kontrol aliran. Katup kontrol aliran dengan arah aliran satu arah dan dapat diatur.</p>	

3). Jenis-Jenis Pengaktifan

Jenis Pengaktifan	Keterangan	Simbol
<p>Kerja manual</p>	<p>Umum</p>	
	<p>Tombol tekan</p>	
	<p>Tuas</p>	



Jenis Pengaktifan	Keterangan	Simbol
Kerja manual	Pedal kaki	
	Tuas ( putar ) dengan pengunci ( tidak reset otomatis)	
Kerja mekanik	Plunjer	
	Pegas	
	Rol	
	Rol, idle(kerja hanya ke satu arah saja)	
Kerja pneumatik	Kerja langsung oleh tekanan kerja	
	Tekanan kembali ( pressure relief )	
	Tidak langsung melalui katup pilot	
Kerja listrik	Solenoid tunggal	
	Solenoid ganda	



Kombinasi	Solenoid ganda dan kerja pilot dengan tambahan manual	
	Simbol umum <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanda ini menunjukkan keterangan pengaktifan katup tersebut.</li> </ul>	

4). Macam-macam Aktuator Linier

Nama Aktuator	Keterangan	Simbol
Silinder Kerja Tunggal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Silinder dengan tekanan hanya bekerja ke satu arah saja. (langkah maju):</li> <li>• Langkah kembali oleh gaya dari luar.</li> </ul>	
Silinder kerja tunggal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langkah kembali oleh pegas</li> </ul>	
Silinder Kerja Ganda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Silinder dengan tekanan dapat bekerja ke dua arah ( langkah maju dan mundur )</li> <li>• Dengan batang piston tunggal</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dengan batang piston ganda</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dengan bantalan udara tetap dalam satu arah.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dengan bantalan udara tetap dalam dua arah.</li> </ul>	



Silinder Kerja Ganda dengan Bantalan Udara	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dengan bantalan udara yang dapat diatur dalam satu arah saja.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dengan bantalan udara yang dapat diatur dalam dua arah.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dengan bantalan udara yang dapat diatur dalam dua arah dan piston dengan magnet penyensor.</li> </ul>	

5). Macam-macam Aktuator Gerakan Putar

Nama Aktuator	Keterangan	Simbol
Motor Pneumatik	<ul style="list-style-type: none"> <li>Putaran dalam satu arah, kapasitas tetap</li> </ul>	

Nama Aktuator	Keterangan	Simbol
Motor Pneumatik	<ul style="list-style-type: none"> <li>Putaran dalam dua arah, kapasitas tetap</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Putaran dalam satu arah, kapasitas bervariasi.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Putaran dalam dua arah, kapasitas bervariasi.</li> </ul>	
Motor Osilasi (Motor dengan derakan terbatas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aktuator putar lintasan terbatas. Putaran dalam dua arah.</li> </ul>	





6). Pengadaan Udara Bertekanan

Nama Komponen	Keterangan	Simbol
Kompresor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kapasitas tetap</li> </ul>	
Tangki udara	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alat untuk menyimpan udara bertekanan (tandon udara bertekanan)</li> </ul>	
Filter	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alat untuk menyaring kotoran-kotoran yang terbawa oleh udara</li> </ul>	
Pemisah air	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kerja Manual</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pembuangan otomatis</li> </ul>	
Filter dengan pemisah udara	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alat ini adalah kombinasi antara filter dan pemisah air :</li> <li>Manual</li> </ul>	



Nama Komponen	Keterangan	Simbol
Filter dengan pemisah udara	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pembuangan otomatis</li> </ul>	
Pengering udara	<ul style="list-style-type: none"> <li>alat untuk mengeringkan udara</li> </ul>	
Pelumas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alat untuk memasukkan minyak pelumas ke dalam aliran udara yang digunakan untuk melumasi peralatan.</li> </ul>	
Pengatur tekanan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Katup untuk mengatur tekanan keluaran yang konstan sesuai yang diinginkan</li> </ul>	
Alat ukur tekanan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manometer</li> </ul>	
Unit pelayanan/ pemeliharaan udara ( Air Service Unit )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unit yang terdiri filter, pengatur tekanan, alat ukur tekanan, dan pelumas.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simbol penyederhanaan.</li> </ul>	
Sumber tekanan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simbol standart</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simbol tidak standart</li> </ul>	



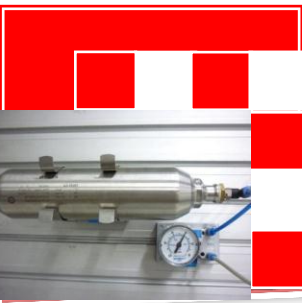
7). Katup Tekanan

Nama Katup	Keterangan	Simbol
Katup Pembatas Tekanan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Katup ini digunakan sebagai pembatas tekanan pada tangki udara</li> </ul>	
Katup pengatur tekanan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanpa lubang pembuangan</li> </ul>	

Nama Katup	Keterangan	Simbol
Katup pengatur tekanan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dengan lubang pembuangan</li> </ul>	
Katup urutan (Sequen valve)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dengan sumber tekanan dari luar</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dengan sumber tekanan dari saluran masukan</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kombinasi katup urutan</li> </ul>	


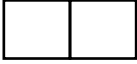
c. Katup Kontrol Arah

Katup kontrol arah (KKA) adalah bagian yang mempengaruhi jalannya aliran udara . Aliran udara akan lewat, terblokir atau membuang ke atmosfer tergantung dari lubang dan jalan aliran KKA tersebut. KKA digambarkan dengan jumlah lubang dan jumlah kotak. Lubang-lubang menunjukkan saluran-saluran



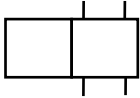


## Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik"

udara dan jumlah kotak menunjukkan jumlah posisi. Cara membaca simbol katup pneumatik sebagai berikut :

	Kotak menunjukkan posisi pensakelaran katup
	Jumlah kotak menunjukkan jumlah posisi pensakelaran katup  Contoh : <ul style="list-style-type: none"><li>• jumlah kotak 2 menunjukkan hanya 2 kemungkinan pensakelaran misal : posisi <b>ON</b> dan posisi <b>OFF</b>.</li><li>• jumlah kotak 3 menunjukkan 3 kemungkinan pensakelaran misal : posisi <b>1 - 0 - 2</b></li></ul>



	Garis menunjukkan lintasan aliran. Panah menunjukkan arah aliran
	Garis blok menunjukkan aliran tertutup (terblokir)
	Garis diluar kotak menunjukkan saluran masukan dan keluaran, digambar di posisi awal

Sistem penomoran yang digunakan untuk menandai KKA sesuai dengan DIN ISO 5599. Sistem huruf terdahulu digunakan dan sistem penomoran dijelaskan sebagai berikut :

Lubang/Sambungan	DIN ISO 5599	Sistem Huruf
Lubang tekanan ( masukan )	1	P
Lubang keluaran	2,4	B , A
Lubang pembuangan	3 ( katup 3/2 )	R ( katup 3/2 )
Lubang pembuangan	5 , 3 ( katup 5/2 )	R , S (katup 5/2 )
Saluran pengaktifan :		
• membuka aliran 1 ke 2	12 ( katup 3/2 )	Z ( katup 3/2 )
• membuka aliran 1 ke 2	12 ( katup 5/2 )	Y ( katup 5/2 )
• membuka aliran 1 ke 4	14 ( katup 5/2 )	Z ( katup 5/2 )

1). Konfigurasi dan Konstruksi

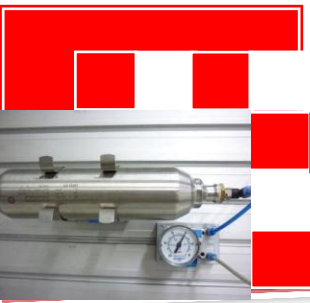
Perencanaan dikategorikan sebagai berikut :

a). Katup duduk :

- Katup dengan kedudukan bola
- Katup dengan kedudukan piringan

b). Katup geser :

- Katup geser memanjang
- Katup geser rata memanjang



- Katup geser dengan piringan

### a). Katup Duduk

Dengan katup duduk aliran terbuka dan tertutup dengan menggunakan bola, piringan dan kerucut. Kedudukan katup biasanya ditutupi dengan menggunakan penutup elastis. Kedudukan katup mempunyai sedikit bagian yang aktif dan karena itu ia mempunyai kelangsungan hidup yang lama. Katup ini *sangat peka sekali dan tidak tahan terhadap kotoran*. Bagaimanapun juga gaya aktuasinya relatif lebih besar seperti untuk menahan gaya pegas pengembali yang ada di dalam dan tekanan udara.

### b). Katup Geser

Pada katup geser masing-masing sambungan dihubungkan bersama atau ditutup oleh kumparan geser, kumparan geser yang rata dan katup dengan piringan geser.

## 2). Jenis Katup KKA

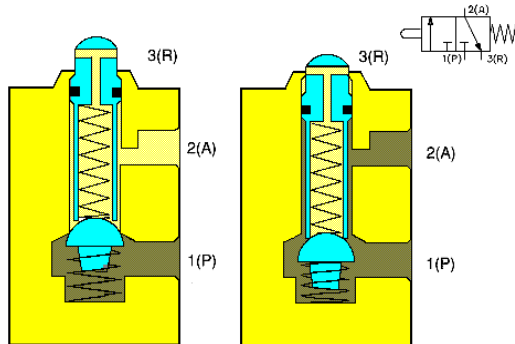
### a). Katup 3/2

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



a1). Katup 3/2 N/C , Bola Duduk



Tidak aktif

Aktif

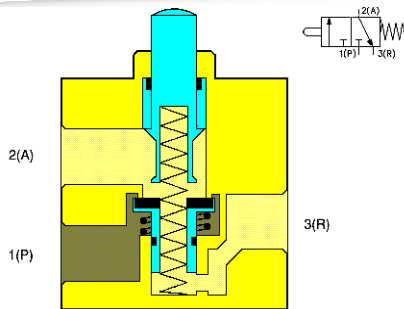
Gambar 3.2 : Katup 3/2 N/C, Bola Duduk

Hubungan posisi awal katup adalah lubang keluaran sinyal 2(A) terhubung dengan lubang pembuangan 3(R). Gaya pegas mengembalikan sebuah bola pada kedudukan katup sehingga mencegah udara bertekanan mengalir dari lubang 1(P) ke lubang keluaran 2(A). Dengan tertekannya tuas penekan katup menyebabkan bola duduk menerima gaya dan lepas dari kedudukannya.

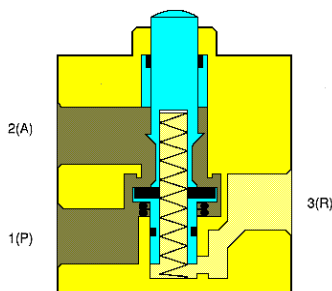
Dalam melakukan ini gaya tekan harus dapat melawan gaya pegas pengembali dan akhirnya udara bertekanan harus mengalir. Suplai udara bertekanan ke posisi keluaran katup dan sinyal dikeluarkan. Sekali tuas penekan dilepas lubang 1(P) tertutup dan lubang keluaran 2(A) terhubung ke lubang pembuangan 3(R) melalui tuas penekan sehingga sinyal dipindahkan.

Dalam hal ini katup dioperasikan secara manual atau mekanik. Untuk menggerakkan tuas katup sebagai tambahan pengaktifan bisa dipasang langsung pada kepala katup seperti tombol tekan, rol dan sebagainya. Gaya yang dibutuhkan untuk mengaktifkan tuas tergantung pada tekanan suplai gaya pegas pengembali dan kerugian gesekan dalam katup. Ukuran katup dan luas permukaan kedudukan katup harus lebih kecil untuk mendapatkan batasan gaya aktifnya yang kecil pula. Konstruksi katup bola duduk sangat sederhana dan oleh karena itu harganya relatif murah. Yang membedakan adalah ukuran yang sederhana dan praktis.

a2). Katup 3/2 N/C , Dudukan Piring



Gambar 3.3a : Katup 3/2 N/C, tidak aktif



Gambar 3.3b : Katup 3/2 N/C, aktif

Dengan aktifnya tuas menyebabkan tertutupnya saluran udara dari lubang 2(A) ke lubang pembuangan 3(R). Selanjutnya dengan menekan tuas piring didorong dari dudukannya sehingga memperbolehkan udara bertekanan mengalir dari lubang masukan 1(P) ke lubang keluaran 2(A). Pengembalian ke posisi awal dilakukan oleh pegas pengembali. Dengan melepas tuas, lubang masukan 1(P) tertutup dan saluran keluaran terhubung ke atmosfer melalui lubang pembuangan 3(R).

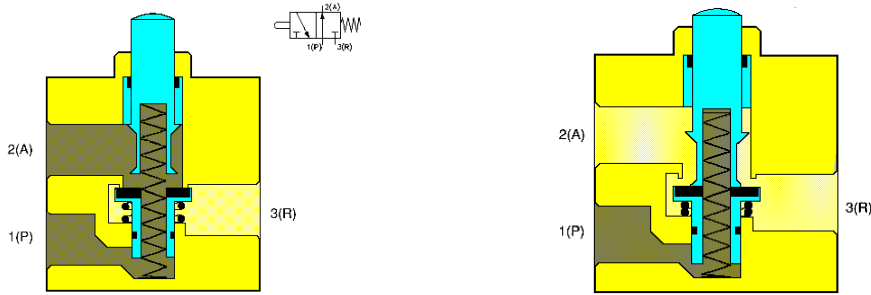
#### a3). Katup 3/2 N/O, Dudukan Piring

Sebuah katup 3/2 yang posisi normalnya terbuka mengalirkan udara dari lubang masukan 1(P) ke lubang keluaran 2(A), dinamakan katup normal terbuka (N/O), seperti pada gambar 3.4.

Katup yang ditunjukkan disini dikonstruksi pada prinsip dudukan piring. Karet sealnya sederhana tetapi efektif. Waktu reaksinya pendek dan gerakan sedikit pada permukaan yang luas cukup untuk mengalirkan udara. Sama juga dengan katup dudukan bola, katup ini sangat peka dan tidak tahan terhadap kotoran dan mempunyai kelangsungan hidup yang lama.

Katup jenis dudukan piring tunggal adalah jenis tanpa konflik sinyal. Jika dioperasikan dengan lambat tidak ada udara yang hilang.





Tidak aktif

Aktif

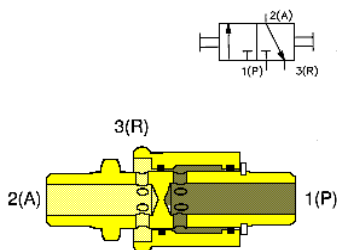
Gambar 3.4 : Katup 3/2 N/O

Posisi awal lubang masukan 1(P) tersambung ke lubang keluaran 2( A ) melalui tangkai katup dan dudukan piringan menutup lubang ke pembuangan 3(R). Ketika tuas ditekan, udara dari lubang masukan 1(P) ditutup oleh tangkai duduk dan selanjutnya piringan tertekan sehingga lubang keluaran 2(A) terhubung ke atmosfer melalui lubang pembuangan 3(R). Ketika tuas dilepas, piston dengan dua karet seal pada kedudukannya dikembalikan ke posisi awal oleh pegas pengembali. Sekali lagi lubang pembuangan 3(R) tertutup dan udara mengalir dari lubang masukan 1(P) ke lubang keluaran 2(A).

Katup bisa diaktifkan secara manual, mekanik, listrik dan pneumatik. Perbedaan metode pengaktifan bisa diterapkan pada kebutuhan yang sesuai dengan aplikasi itu sendiri.

a4). Katup 3/2 Geser Dengan Tangan ( Hand Slide Valve )

Katup 3/2 geser dengan tangan digunakan untuk mensuplai udara dari sebuah leher pensuplai udara ke pemakai. Konstruksi katup ini sederhana dan difungsikan sebagai katup pemutus dan penghubung aliran udara. Bentuknya kompak dan mempunyai dua penahan untuk memegang katup pada kondisi terbuka atau tertutup.



Gambar 3.5 : Katup 3/2 Geser

Dengan menggeser rumah luar katup saluran 1(P) terhubung ke saluran keluaran 2(A) pada satu posisi, sedangkan posisi yang lain saluran keluaran 2(A) terhubung ke saluran pembuangan 3(R) yang membuang udara dari rangkaian kerja ke atmosfer.



Dengan Tangan

a5). Katup 3/2 Diaktifkan Secara Pneumatik

Katup 3/2 diaktifkan secara pneumatik, dioperasikan oleh sinyal udara pada lubang pengaktifan 12(Z), menggunakan udara dari luar sebagai pembantu. Ini digolongkan sebagai katup beroperasi dengan pilot tunggal, karena hanya ada satu sinyal kontrol dan katup mempunyai pegas pengembali.

a5.1). Katup 3/2 Pilot Tunggal N/C

Pada posisi awal katup adalah normal tertutup karena saluran masukan 1(P) diblok oleh kedudukan piringan dan saluran keluaran 2(A) dibuang ke atmosfer. Katup yang diaktifkan secara pneumatik dapat dipakai sebagai sebuah elemen kontrol akhir dengan sistem kontrol tidak langsung. Konstruksi katup 3/2, pilot tunggal dengan posisi normal tertutup seperti pada gambar 3.6 di bawah.



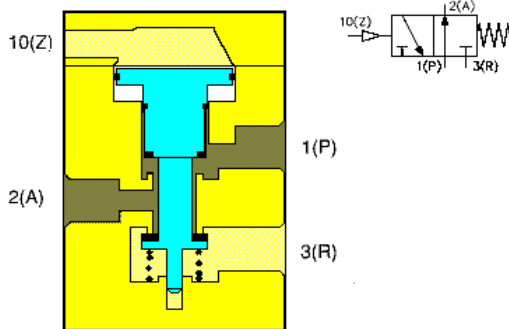
Gambar 3.6a : Katup 3/2 Pilot Tunggal N/C, dalam keadaan tidak aktif  
 Gambar 3.6b : Katup 3/2 Pilot Tunggal N/C, dalam keadaan aktif

Udara yang diberikan pada lubang pengaktifan 12( Z ) menggerakkan tuas katup dan akibatnya pegas tertekan. Saluran masukan 1(P) dan saluran keluaran 2(A) mengeluarkan sinyal, sedangkan lubang pembuangan 3(R) terblok. Pada saat sinyal pada lubang 12(Z) dihentikan, tuas katup kembali ke posisi awal oleh gaya pegas pengembali. Piringan menutup sambungan antara saluran masukan 1(P) dan saluran keluaran 2(A), akibatnya udara yang ada dalam elemen kerja (silinder) dibuang ke saluran pembuangan 3(R) melalui saluran keluaran 2(A).

a5.2). Katup 3/2 Pilot Tunggal N/O



Pada posisi awal katup adalah normal terbuka karena saluran masukan 1(P) terhubung dengan saluran keluaran 2(A). Konstruksi katup 3/2, pilot tunggal dengan posisi normal terbuka seperti pada gambar 3.7 di bawah.



Gambar 3.7. Katup 3/2 Pilot Tunggal N/O, dalam keadaan tidak aktif

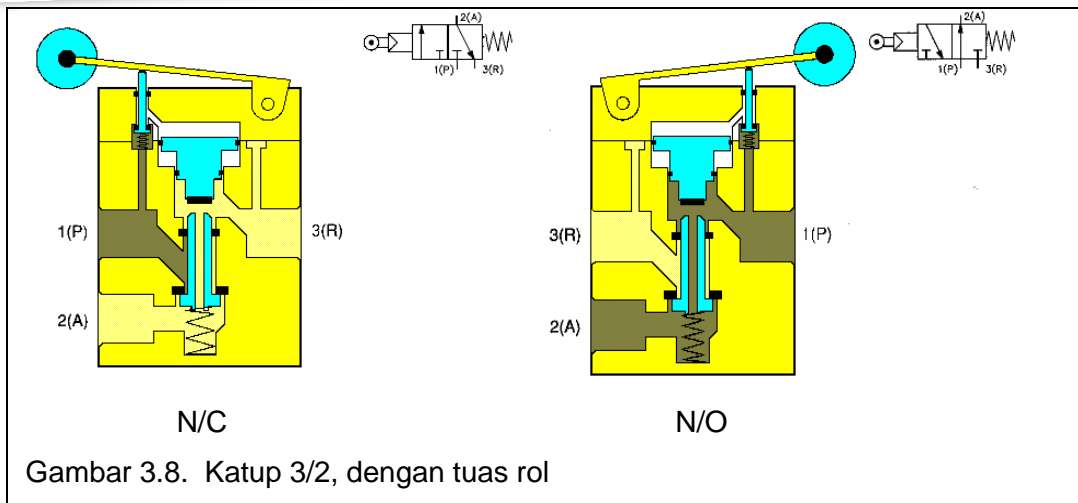
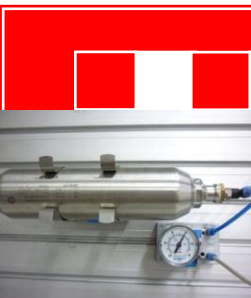
Udara yang diberikan pada lubang pengaktifan 12(Z) menggerakkan tuas katup dan akibatnya pegas tertekan. Saluran masukan 1(P) terblokir dan saluran keluaran 2(A) tidak mengeluarkan sinyal, sedangkan lubang pembuangan 3(R) terhubung dengan saluran keluaran 2(A) sehingga udara yang ada dalam elemen kerja (silinder)

dibuang ke saluran pembuangan 3(R). Pada saat sinyal pada lubang 12(Z) dihentikan, tuas katup kembali ke posisi awal oleh gaya pegas pengembali, sehingga aliran udara dari lubang 1(P) mengalir ke lubang 2(A)

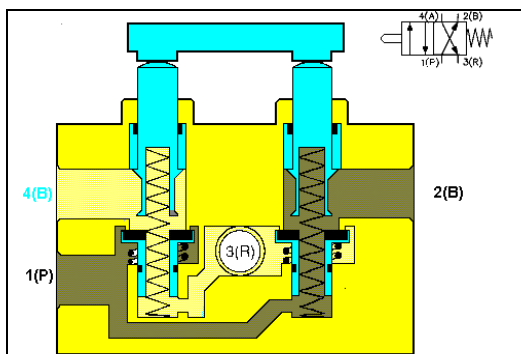
#### a6). Katup 3/2 Dengan Tuas Rol

Untuk menahan gaya tekan pengaktifan yang tinggi, KKA yang diaktifkan secara mekanik bisa dilengkapi dengan katup pilot internal dan piston servo untuk membantu pembukaan katup. Gaya pengaktifan katup sering sebagai faktor penentu dalam aplikasinya. Bantuan servo memperbolehkan katup diaktifkan dengan gaya pengaktifan yang rendah, hal ini meningkatkan kepekaan dari sistem.

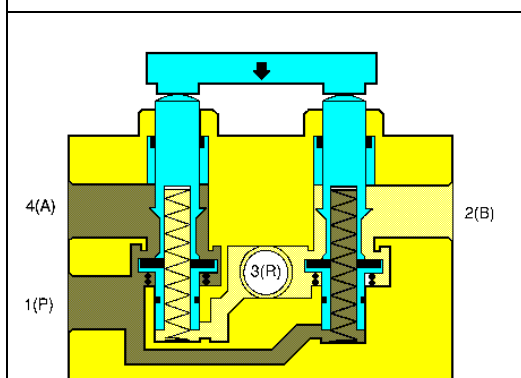
Sebuah lubang kecil menghubungkan saluran masukan 1(P) dengan katup pilot. Jika tuas rol diaktifkan katup pilot membuka. Udara bertekanan mengalir ke piston servo dan mengaktifkan piringan katup utama. Pada katup 3/2 dengan posisi normal tertutup, pengaruhnya adalah tertutupnya saluran keluaran 2(P) ke saluran pembuangan 3(R), diikuti oleh kedua kedudukan piringan membuka udara mengalir dari saluran 1(P) ke 2(A). Konstruksi katup 3/2 dengan tuas rol seperti gambar 3.8 di bawah.



b). Katup 4/2



Gambar 3.9 : Katup 4/2 dudukan piringan, dalam keadaan tidak aktif



Gambar 3.10. Katup 4/2 dudukan piringan , dalam keadaan aktif

Katup 4/2 mempunyai 4 lubang dan 2 posisi kontak. Sebuah katup 4/2 dengan kedudukan piringan adalah sama konstruksi dengan kombinasi gabungan dua katup 3/2 : satu katup N/C dan satu katup N/O. Konstruksi katup 4/2 dengan posisi awal (tidak tertekan) seperti pada gambar 3.9.

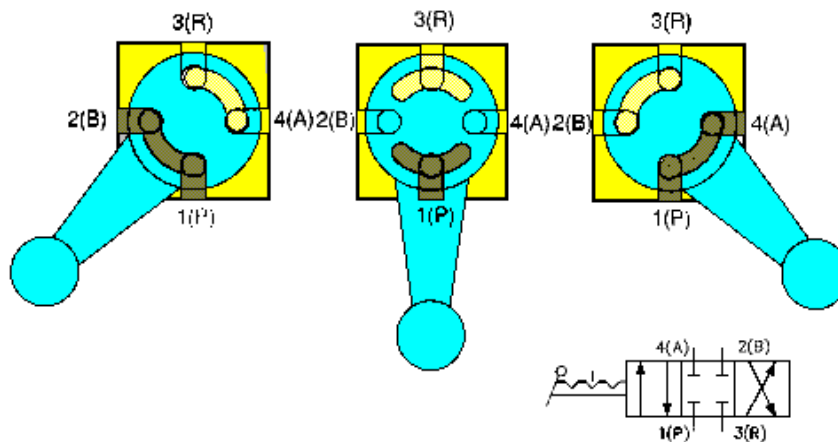
Jika dua tuas diaktifkan secara bersamaan, saluran 1(P) ke 2(B) dan 4(A) ke 3(R) ditutup oleh gerakan pertama. Dengan menekan tuas katup selanjutnya piringan melawan gaya pegas pengembali, aliran antara saluran 1(P) ke 4(A) dan 2(B) ke 3(R) terbuka. Tuas katup bisa dioperasikan dengan menambah pada bagian

puncak tuas dengan lengan rol atau tombol tekan. Katup 4/2 dudukan piringan, tertekan diperlihatkan seperti pada gambar 3.10.



c). Katup 4/3

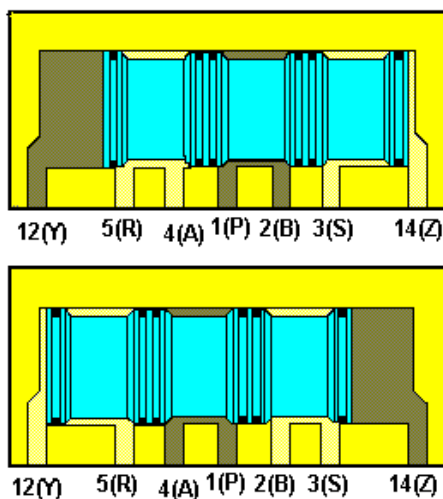
Katup 4/3 mempunyai 4 lubang dan 3 posisi kontak. Contoh katup ini adalah katup geser pelat dengan pengaktifan tangan. Konstruksi katup diperlihatkan seperti pada gambar 3.10 di bawah.



Gambar 3.11 : Katup 4/3 , plat geser dengan posisi tengah tertutup

Pada saat posisi normal ( pegangan di tengah ), semua lubang terblokir. Pada saat aktif, kanal-kanal sirkulasi akan saling berhubungan dengan berputarnya dua piringan. Jika pegangan diputar ke kanan, aliran dari 1(P) ke 4(A) dan 2(B) ke 3(R) terbuka. Sedangkan jika pegangan diputar ke kiri, aliran dari 1(P) ke 2(B) dan 4(A) ke 3(R) terbuka.

d). Katup 5/2



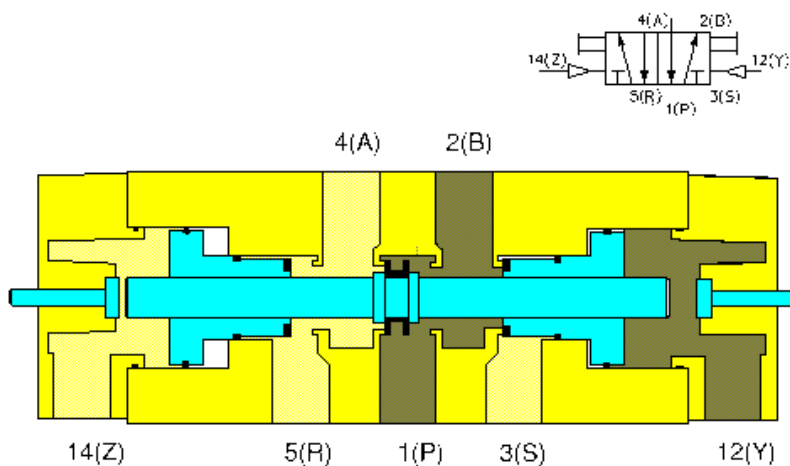
Gambar 3.12. Katup 5/2, Prinsip Geser Mendatar

Katup 5/2 prinsip geser mendatar seperti gambar 3.12. Katup 5/2 mempunyai 5 lubang dan 2 posisi kontak. Katup ini dipakai sebagai elemen kontrol akhir untuk menggerakkan silinder. Katup geser memanjang adalah contoh katup 5/2. Sebagai elemen kontrol, katup ini memiliki sebuah piston kontrol yang dengan gerakan horisontalnya menghubungkan atau memisahkan saluran yang sesuai.



Tenaga pengoperasian-nya adalah kecil sebab tidak ada tekanan udara atau tekanan pegas yang harus diatasi (prinsip dudukan bola atau dudukan piring).

Metode lain dari seal adalah menggunakan sebuah dudukan piring penutup dengan gerakan memutus-menghubung relatif kecil. Dudukan piringan seal menyambung saluran masukan 1(P) ke saluran keluaran 2(B) atau 4(A). Seal kedua pada kumparan piston menghubungkan saluran pembuangan ke lubang pembuangan . Ada tombol manual yang menumpang pada setiap akhir dari pengoperasian katup secara manual. Katup 5/2 dengan pilot udara ganda mempunyai sifat memori kontrol. Posisi pensakelaran terakhir dipertahankan sampai posisi pensakelaran baru diawali oleh sinyal pilot pada sisi yang berlawanan dari sinyal terakhir. Posisi yang baru ini disimpan sampai sinyal yang lain diberikan. Konstruksi katup 5/2 dudukan piringan seperti gambar 3.13.



Gambar 3.13 : Katup 5/2, Dudukan Piringan

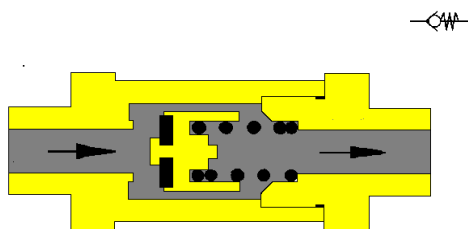
#### d. Katup Satu Arah

Katup satu arah adalah bagian yang menutup aliran ke satu arah dan melewatkannya ke arah yang berlawanan. Tekanan pada sisi aliran membebani bagian yang menutup dan dengan demikian meningkatkan daya perapatan katup.

Ada banyak variasi dalam ukuran dan konstruksi dikembangkan dari katup satu arah. Disamping itu katup satu arah dengan fungsi elemen yang lain membentuk elemen yang terpadu, seperti katup kontrol aliran satu arah, katup buangan cepat, katup fungsi "DAN", katup fungsi "ATAU".



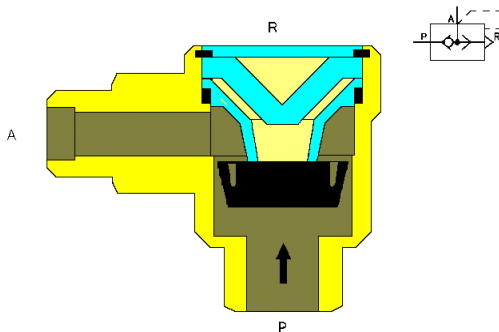
1). Katup Cek (Check Valves)



Gambar 3.14. Katup Cek

Katup satu arah dapat menutup aliran secara sempurna pada satu arah. Pada arah yang berlawanan, udara mengalir bebas dengan kerugian tekanan seminimal mungkin. Pemblokiran ke satu arah dapat dilakukan dengan konis (cones), bola, pelat atau membran.

2). Katup Buangan-Cepat ( Quick Exhaust Valve )



Gambar 3.15. Katup buangan cepat, udara mengalir ke silinder

Katup buangan - cepat digunakan untuk meningkatkan kecepatan silinder. Prinsip kerja silinder dapat maju atau mundur sampai mencapai kecepatan maksimum dengan jalan memotong jalan pembuangan udara ke atmosfer.

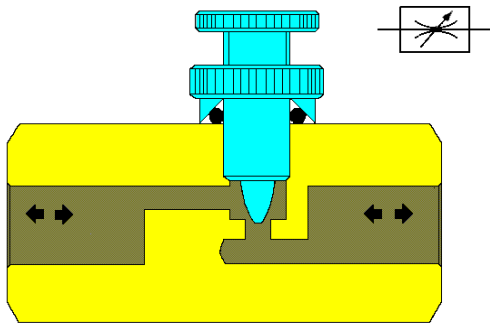
Dengan menggunakan katup buangan cepat, udara pembuangan dari silinder keluar lewat lubang besar katup tersebut.

3). Katup Kontrol Aliran

Katup kontrol aliran mempengaruhi volume aliran udara bertekanan yang keluar pada dua arah. Bila katup cek dipasang bersama-sama dengan katup ini, maka pengaruh kontrol kecepatan hanya pada satu arah saja. Gabungan katup ini dapat dipasang langsung pada lubang masukan atau keluaran silinder atau pada lubang pembuangan katup kontrol arah.

a). Katup Cekik, Dua Arah (Throttle Valves)

Katup cekik pada keadaan normal dapat diatur dan pengesetannya dapat dikunci pada posisi yang diinginkan. Karena sifat udara yang kompresibel, karakteristik gerakan silinder tergantung dari beban dan tekanan udara.

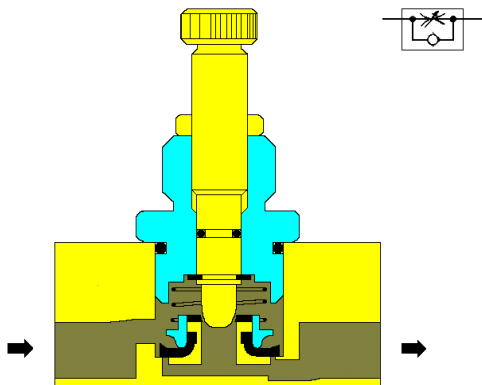


Gambar 3.16. Katup Cekik

Oleh karena itu katup kontrol aliran digunakan untuk mengontrol kecepatan silinder dengan berbagai harga yang bervariasi.

Hati-hati agar tidak menutup katup ini penuh, karena akan menutup udara ke sistem.

b). Katup Kontrol Aliran, Satu Arah.



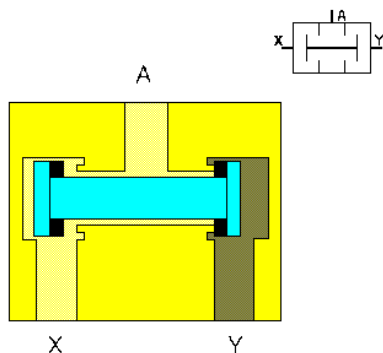
Gambar 3.17. Katup Kontrol Aliran, Satu Arah

Dengan konstruksi katup seperti ini, aliran udara lewat pengecilan (penyempitan) hanya satu arah saja. Blok katup cek akan memblokir aliran udara, sehingga aliran udara hanya lewat pengecilan. Pada arah yang berlawanan udara bebas mengalir lewat katup cek. Katup ini digunakan untuk mengatur kecepatan silinder.

e. Katup logika, Katup kombinasi (saklar tekanan, timer)

1). Katup Logika

a). Katup Dua Tekanan / Katup Fungsi " DAN " (Two Pressure Valves )



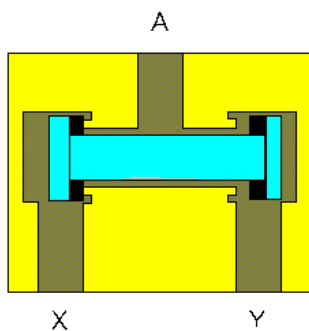
Elemen-elemen pada 3 saluran penghubung yang mempunyai sifat satu arah dapat dipasang sebagai elemen penghubung sesuai arah aliran udara. Dua katup yang ditandai sebagai elemen penghubung mempunyai karakteristik logika yang ditentukan melalui dua sinyal





Gambar 3.18a : Katup Fungsi "DAN" dengan input pada Y

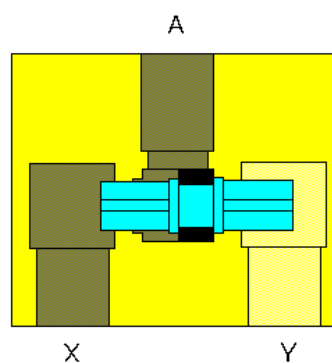
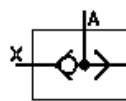
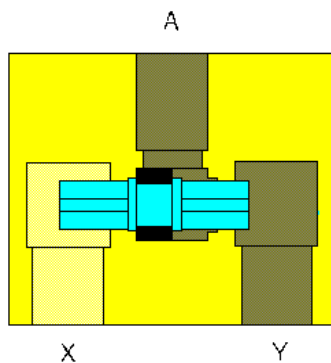
masukan dan satu keluaran. Salah satu katup yang membutuhkan dua sinyal masukan untuk menghasilkan sinyal keluaran adalah katup dua tekanan (*Two Pressure Valves*) atau katup fungsi "DAN".



Gambar 3.18b : Katup Fungsi "DAN" dengan input pada X dan Y

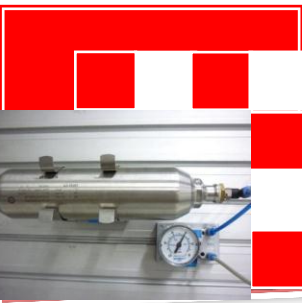
b). Katup Ganti / Katup Fungsi "ATAU" ( Shuttle Valve )

Katup ini mempunyai dua masukan dan satu keluaran. Jika udara dialirkan melalui lubang pertama (Y), maka kedudukan seal katup menutup lubang masukan yang lain sehingga sinyal dilewatkan ke lubang keluaran (A). Ketika arah aliran udara dibalik (dari A ke Y), silinder atau katup terhubung ke pembuangan. Kedudukan seal tetap pada posisi sebelumnya karena kondisi tekanan.



Gambar 3.19a : Katup Fungsi "ATAU" dengan input pada Y

Gambar 3.19b : Katup Fungsi "ATAU" dengan input pada X



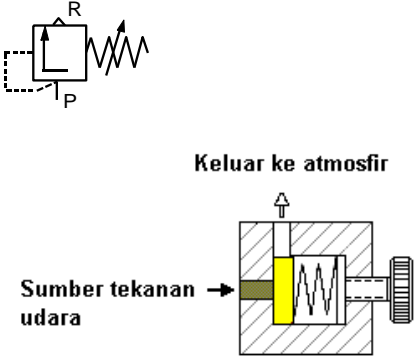
c). Katup Tekanan

Katup tekanan adalah elemen yang sangat mempengaruhi tekanan atau dikontrol oleh besarnya tekanan. Katup tekanan dapat dibagi dalam 3 kelompok sebagai berikut :

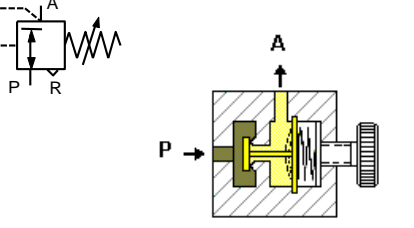
- Katup pengatur tekanan (*Pressure Regulating Valve*)
- Katup pembatas tekanan (*Pressure Limiting Valve*)
- Katup sakelar tekanan (*Sequence Valve*)

c1). Katup Pembatas Tekanan

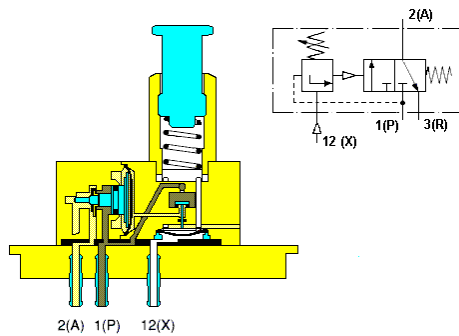
Katup ini terutama dipakai sebagai katup pengaman (katup tekanan lebih).

 <p>Gambar 3.20 : Katup Pembatas Tekanan</p>	<p>Katup ini mencegah terlampauinya tekanan maksimal yang ditolerir dalam sistem. Apabila nilai dalam tekanan maksimal tercapai pada lubang masukan, maka lubang keluaran pada katup akan terbuka dan udara bertekanan dibuang ke atmosfer. Katup tetap terbuka sampai katup ditutup oleh gaya pegas di dalam setelah mencapai tekanan kerja yang diinginkan.</p>
--	---

c2). Katup Pengatur Tekanan

 <p>Gambar 3.21. Katup Pengatur Tekanan</p>	<p>Katup pengatur tekanan diuraikan di bagian perlengkapan pemeliharaan udara (<i>Air Service Unit</i>). Yang penting dari unit ini adalah untuk menjaga tekanan yang stabil, walaupun dengan tekanan masukan yang berubah-ubah. Tekanan masukan harus lebih besar daripada tekanan keluaran yang diinginkan.</p>
--	---

c3). Katup Sakelar Tekanan



Gambar 3.22 :  
Katup Sakelar Tekanan

Katup ini bekerja sesuai dengan prinsip yang sama seperti katup pembatas tekanan. Katup akan terbuka apabila tekanan yang diatur pada pegas terlampaui. Udara mengalir dari 1(P) ke 2(A). Lubang keluaran 2(A) terbuka apabila sudah terbentuk tekanan yang diatur pada saluran kontrol 12(X). Piston kontrol membuka jalur 1(P) ke 2(A).

#### d). Katup Tunda Waktu

Katup tunda waktu adalah kombinasi/gabungan dari katup 3/2, katup kontrol aliran satu arah, dan tangki udara. Katup 3/2 dapat sebagai katup dengan posisi normal membuka (NO) atau menutup (NC). Jika hanya menggunakan katup 3/2 dan katup kontrol aliran satu arah, tunda waktunya biasanya berkisar antara 0-30 detik. Dengan menggunakan tambahan tangki udara, waktu dapat diperlambat. Perubahan waktu secara akurat dijamin, jika udara bersih dan tekanan relatif stabil.

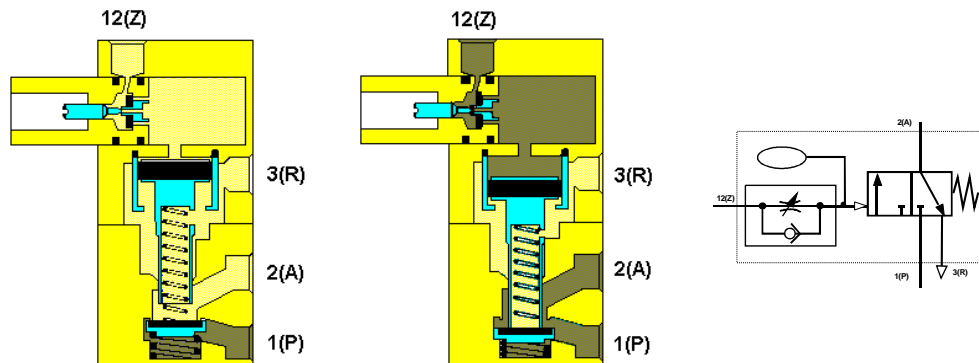
##### d1). Katup Tunda Waktu NC

Berdasarkan gambar diagram dibawah, udara bertekanan dimasukkan ke katup pada saluran 1(P). Aliran udara kontrol masuk katup pada saluran 12(Z). Udara ini akan mengalir melalui katup kontrol aliran satu arah dan tergantung pada setting sekrup pencekik, lebih besar atau lebih kecil dari jumlah aliran udara setiap unit waktunya ke dalam tangki udara. Ketika tekanan kontrol yang diperlukan telah terpenuhi di dalam tangki udara, bantalan pemandu katup 3/2 digerakkan turun ke bawah. Hal ini akan memblokir saluran 2(A) ke 3(R). Piringan katup diangkat dari kedudukan semula dan kemudian udara dapat mengalir dari 1(P) ke 2(A). Waktu yang diperlukan untuk tekanan mencapai nominal dalam tangki udara adalah sama dengan waktu tunda kontrol pada katup.

Jika katup tunda waktu adalah menghubungkan ke posisi inisialnya, jalur pilot 12(Z) harus dibuang. Udara mengalir dari tangki udara ke atmosfer melalui jalan pintas katup kontrol aliran satu arah dan kemudian ke jalur pembuangan. Pegas



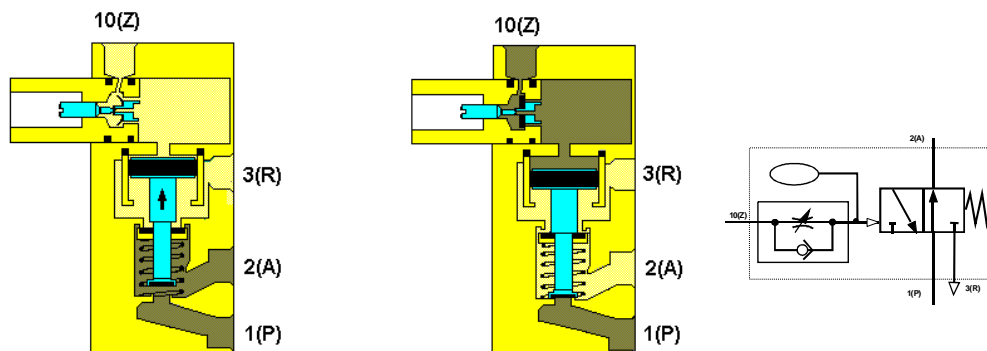
katup mengembalikan bantalan pemandu dan piringan katup ke posisi inisialnya. Jalur kerja 2(A) membuang ke 3(R) dan 1(P) terblok.



Gambar 3.23 : Katup Tunda Waktu NC

d2). Katup Tunda Waktu NO

Katup tunda waktu normal membuka memiliki katup 3/2 dengan posisi NO. Pada posisi inisial output 2(A) adalah aktif. Ketika katup dihubungkan dengan 10(Z) output 2(A) dibuang. Akibatnya sinyal keluaran akan segera mati setelah setting tunda waktu tercapai.



Gambar 3.24. Katup Tunda Waktu NO

#### f. Aktuator (linier, putar, rodless)

Aktuator adalah bagian keluaran untuk mengubah energi suplai menjadi energi kerja yang dimanfaatkan. 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 dan putar. :



1). Gerakan lurus (gerakan linear) :

- Silinder kerja tunggal.
- Silinder kerja ganda.

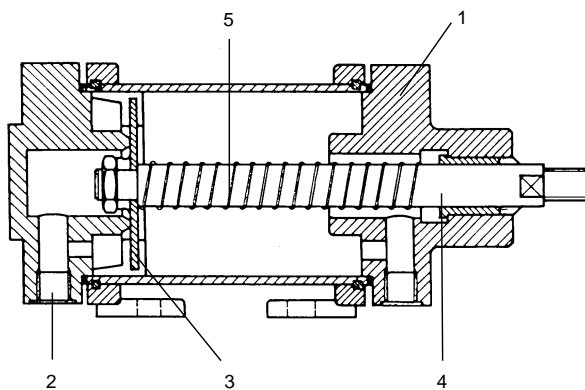
2). Gerakan putar :

- Motor udara
- Aktuator yang berputar (ayun)

1a). 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. 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. Seal terbuat dari bahan yang fleksibel yang ditanamkan di dalam piston dari logam atau plastik. Selama bergerak permukaan seal bergeser dengan permukaan silinder.

Gambar konstruksi silinder kerja tunggal sebagai berikut :



Keterangan

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

Gambar 3.25 : Konstruksi 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.



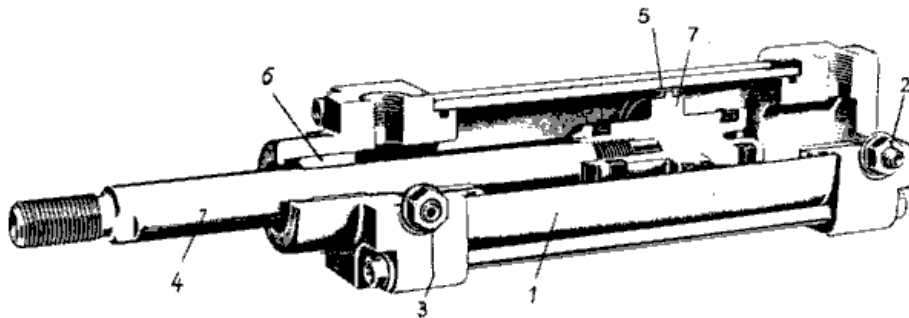
Pada silinder kerja tunggal dengan pegas, langkah silinder dibatasi oleh panjangnya pegas. Oleh karena itu silinder kerja tunggal dibuat maksimum langkahnya sampai sekitar 80 mm.

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

- menjepit benda kerja
- pemotongan
- pengeluaran
- pengepresan
- pemberian dan pengangkatan.

### 1b). Silinder 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 3.26 : Konstruksi Silinder Kerja Ganda

#### Keterangan :

- |                            |            |
|----------------------------|------------|
| 1. Batang / rumah silinder | 5. Seal    |
| 2. Saluran masuk           | 6. Bearing |
| 3. Saluran keluar          | 7. Piston  |
| 4. Batang piston           |            |



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 baja pada permukaan yang bergeser dilapisi chrom keras. Rancangan khusus dipasang pada suatu area dimana tidak boleh terkena korosi.

Penutup akhir tabung adalah bagian paling penting yang terbuat dari bahan cetak seperti aluminium besi tuang. Kedua penutup bisa diikatkan pada tabung silinder dengan batang pengikat yang mempunyai baut dan mur.

Batang piston terbuat dari baja yang bertemperatur tinggi. Untuk menghindari korosi dan menjaga kelangsungan kerjanya, batang piston harus dilapisi chrom.

Ring seal dipasang pada ujung tabung untuk mencegah kebocoran udara. Bantalan penyangga gerakan batang piston terbuat dari PVC, atau perunggu. Di depan bantalan ada sebuah ring pengikis yang berfungsi mencegah debu dan butiran kecil yang akan masuk ke permukaan dalam silinder. Bahan seal pasak dengan alur ganda :

- Perbunan                      untuk - 20° C s/d    + 80° C
- Viton                            untuk - 20° C s/d    + 190° C
- Teflon                          untuk - 80° C s/d    + 200° C

Ring O normal digunakan untuk seal diam.

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



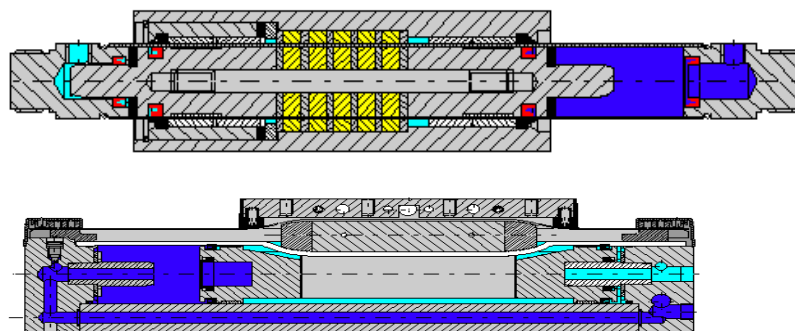
Silinder aktif adalah dibawah kontrol suplai udara pada kedua arah gerakannya. Pada prinsipnya panjang langkah silinder dibatasi, walaupun faktor lengkungan dan bengkokan yang diterima batang piston harus diperbolehkan. Seperti silinder kerja tunggal, pada silinder kerja ganda piston dipasang dengan seal jenis cincin O atau membran.

Silinder pneumatik telah dikembangkan pada arah berikut :

- Kebutuhan penyensoran tanpa sentuhan (menggunakan magnet pada piston untuk mengaktifkan katup batas /limit switch dengan magnet )
- Penghentian beban berat pada unit penjepitan dan penahan luar tiba-tiba.
- Silinder rodless digunakan dimana tempat terbatas.
- Alternatif pembuatan material seperti plastik
- Mantel pelindung terhadap pengaruh lingkungan yang merusak, misalnya sifat tahan asam
- Penambah kemampuan pembawa beban.
- Aplikasi robot dengan gambaran khusus seperti batang piston tanpa putaran, batang piston berlubang untuk mulut pengisap.

#### 1c). Rodless Cylinder

*Rodless Cylinder* adalah silinder kerja ganda yang terdiri dari tabung bulat dan piston tanpa batang. Sebuah penggeser menempel pada tabung. Piston dalam tabung dapat bergerak bebas berdasarkan tekanan udara yang diberikan padanya. Pada piston dipasang magnet permanen. Kopling magnet dihasilkan antara penggeser dan piston. Bila piston bergerak maka penggeser mengikutinya secara serempak. Gambar 3.27. menunjukkan konstruksi *Rodless Cylinder*.



Gambar 3.27. Konstruksi silinder *rodless*.





Sedangkan simbol dan silinder *rodless* dapat dilihat pada gambar 3.28 berikut ini.



Gambar 3.28 Silinder *rodless* dan simbolnya.

#### 2a). Motor pneumatik

Motor pneumatik adalah aktuator yang menghasilkan gerak putar secara terus menerus dengan menggunakan udara bertekanan. Dibandingkan dengan motor listrik, motor pneumatik mempunyai keuntungan yaitu :

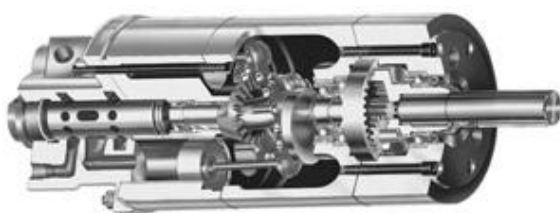
- karena motor pneumatik tidak memerlukan daya listrik, maka motor pneumatik dapat digunakan pada udara yang *volatile*.
- Motor pneumatik mempunyai kepadatan daya yang tinggi sehingga motor pneumatik yang lebih kecil dapat memberikan daya yang sama dengan motor listrik.
- Tidak seperti motor listrik, kebanyakan motor pneumatik dapat beroperasi tanpa memerlukan bantuan pengatur kecepatan.
- Beban lebih yang melampaui torsi tidak menyebabkan kerugian pada motor pneumatik. Pada motor listrik, beban lebih dapat menjatuhkan pengaman listrik, sehingga operator harus meresetnya sebelum menjalankan kembali.
- Kecepatan motor pneumatik dapat diatur melalui katup kontrol aliran satu arah daripada pengatur kecepatan elektronik yang rumit dan mahal pada motor listrik.
- Torsi motor pneumatik dapat diubah-ubah secara mudah melalui pengaturan tekanan.
- Motor pneumatik tidak memerlukan *starter* magnetik, pengaman beban lebih atau komponen penunjang lain yang diperlukan oleh motor listrik.
- Motor pneumatik membangkitkan panas lebih kecil daripada motor listrik.



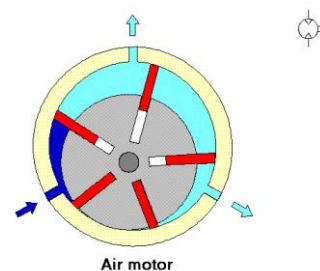
Selain itu, motor listrik mempunyai beberapa keunggulan daripada motor pneumatik :

- Jika tidak ada sumber udara bertekanan yang baik sekali dalam pemakaian, biaya motor pneumatik beserta peralatan penunjangnya (kompresor, kontrol, filter, katup dsb) akan melebihi biaya motor listrik beserta peralatan penunjangnya.
- Motor pneumatik mengkonsumsi udara bertekanan yang relatif mahal sehingga biaya pengoperasiannya akan memungkinkan lebih besar daripada biaya pengoperasian motor listrik.
- Meskipun kontrol kecepatan elektronik mahal, tetapi ia mengontrol kecepatan yang lebih akurat (dengan toleransi  $\pm 1\%$  dari kecepatan yang diinginkan).
- Motor pneumatik beroperasi langsung dari pembangkit sistem udara maka rentan terhadap perubahan kecepatan dan torsi jika aliran dan tekanan turun-naik.

Ada bermacam-macam jenis motor pneumatik tergantung desainnya yaitu *rotary vane*, *axial piston*, *radial piston*, *gerotor*, *turbine*, *V-type*, and *diaphragm*. *Rotary vane*, *axial-* dan *radial-piston*, dan *gerotor air motors* banyak digunakan untuk aplikasi industri. Motor-motor desain tersebut beroperasi dengan efisiensi tinggi dan berumur panjang bila menggunakan udara bertekanan yang berpelumas. Motor tipe khusus disediakan untuk aplikasi dimana udara berpelumas ternyata tidak disukai. Motor turbin digunakan untuk kecepatan tinggi tetapi torsi startnya rendah.



Gambar 3.29. Motor pneumatik jenis axial piston



Gambar 3.30 Motor pneumatik jenis vane piston

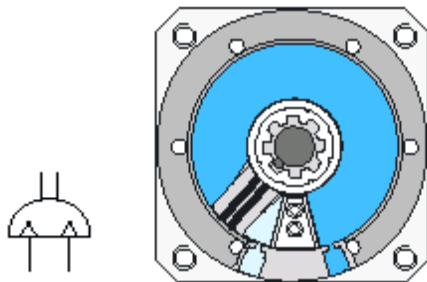
Karakteristik motor pneumatik sebagai berikut :



- Pengaturan kecepatan dan torsi putar yang halus,
- Ukuran motor kecil dan ringan,
- Aman terhadap pembebanan lebih,
- Tidak peka terhadap debu, air, panas, dingin,
- Aman terhadap ledakan,
- Biaya pemeliharaannya ringan,
- Arah putaran mudah dikendalikan,
- Daerah kecepatan yang dapat diatur lebar.

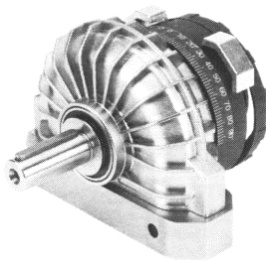
## 2b). Aktuator Putar

### 2b.1). Aktuator Berayun



Gambar 3.31. aktuator berayun

Aktuator berayun adalah aktuator yang bergerak dari  $0^\circ$  sampai  $270^\circ$ . Konstruksi aktuator putar seperti pada gambar 3.31 dan bendanya seperti pada gambar 3.32.



Gambar 3.32. Gambar benda aktuator berayun

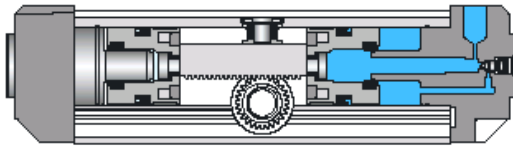
Udara bertekanan menggerakkan baling-baling. Gerakan baling-baling dikirim langsung ke poros penggerak. Sudut ayunan antara  $0^\circ$  sampai  $270^\circ$ . Torsi yang dihasilkan antara 0,5 Nm sampai 20 Nm pada tekanan kerja 6 bar, tergantung ukuran baling-baling.

### 2b.2). Silinder Putar

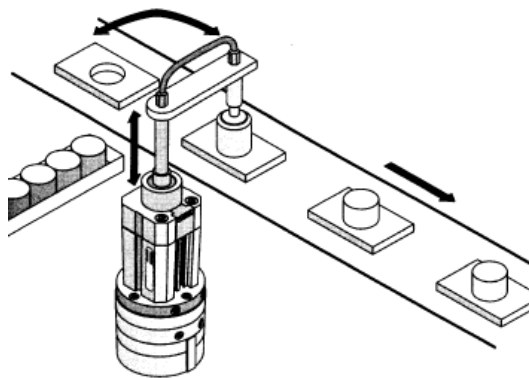
Silinder putar adalah aktuator yang menghasilkan gerakan berputar dari  $0^\circ$  sampai  $360^\circ$  yang berasal dari gerakan lurus. Konstruksi silinder putar seperti pada gambar 7.42 dan bendanya pada gambar 3.33. Batang piston mempunyai profil bergigi. Profil bergigi ini menggerakkan roda gigi. Gerakan linear piston diubah menjadi gerakan putar dari roda gigi dengan sudut putaran dari  $0^\circ$  sampai



360°. Torsi yang dihasilkan mulai 0,5 Nm sampai 150 Nm pada tekanan kerja 6 bar, tergantung diameter piston.



Gambar 3.33. Konstruksi silinder putar

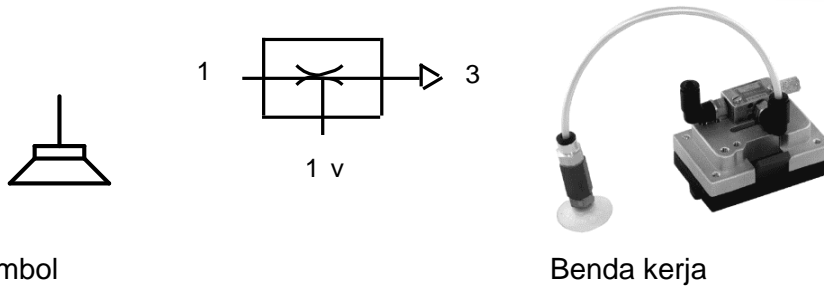


Untuk pemakaian gripper atau suction cup, sumber udara dapat dialirkan melalui batang piston yang berlubang, seperti terlihat pada gambar 3.34

Gambar 3.34 Silinder putar yang berlubang

#### g. Suction cup dan vakum generator

*Vacuum suction cup* adalah aktuator yang menghasilkan udara vakum yang dipakai untuk mengangkat suatu benda. *Vacuum suction cup* terdiri dari *vacuum suction nozzle* dan *sucker* (penghisap). Penghisap dapat digunakan pada sambungan *vacuum suction cup* untuk menghisap benda kerja. *Vacuum suction nozzle* membangkitkan tekanan vakum berdasarkan pada prinsip semprotan. Udara bertekanan mengalir dari lubang 1 ke lubang 3, membangkitkan udara vakum pada sambungan 1v. Penghisap disambungkan ke 1v. Bila aliran udara bertekanan pada sambungan 1 dihentikan maka hisapan pada 1v berhenti. Gambar 3.35 adalah gambar *vacuum suction cup*.



Simbol

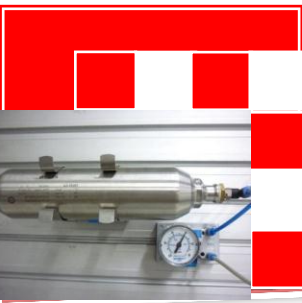
Benda kerja

Gambar 3.35 *vacuum suction cup*

### 3. Rangkuman:

Sistem pneumatik diterapkan dalam dunia industri menggunakan aktuator udara (silinder linier, putar, motor pneumatik) dan perangkat kendali yang dibutuhkan. Aktuator dipergunakan untuk menggerakkan mesin. Perangkat kendalinya berupa katup kontrol arah, katup logika, katup satu arah dan katup kombinasi. Katup kontrol aliran satu arah dipergunakan untuk memperlambat gerakan silinder, sedangkan untuk mempercepat gerakan silinder dipergunakan katup buang cepat. Simbol-simbol pneumatik diperlukan untuk mengenali jenis komponen pneumatik.

- Aktuator terdiri dari aktuator linier seperti silinder kerja tunggal, silinder kerja ganda, silinder tanpa batang (*rodless cylinder*) dan aktuator putar terdiri dari motor putar, aktuator berayun.
- Katup kontrol arah (KKA) mempunyai jenis-jenis seperti katup 3/2, 4/2, 5/2 katup 5/3.
- Katup satu arah terdiri dari jenis katup cek, katup cekik, katup kontrol aliran satu arah, katup buang cepat.
- Katup logika terdiri dari katup fungsi ATAU dan katup fungsi DAN.
- Katup tekanan terdiri dari katup pengatur tekanan dan katup pembatas tekanan.
- Katup kombinasi terdiri dari katup tunda waktu dan katup sakelar tekanan.



#### 4. Tugas.

##### Tugas 1 :

Amati sebuah silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda.

- Perhatikan apa perbedaan silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda?
- Beri udara bertekanan pada lubang silinder kerja tunggal kemudian lepas udaranya. Apa yang terjadi?
- Beri udara bertekanan pada salah satu lubang silinder kerja ganda secara bergantian. Apa yang terjadi?
- Beri udara bertekanan pada kedua lubang silinder kerja ganda. Apa yang terjadi?

Lakukan pengamatan secara berkelompok. Diskusikan hasilnya dengan teman-temanmu. Tulis hasil pekerjaan di lembar pekerjaan

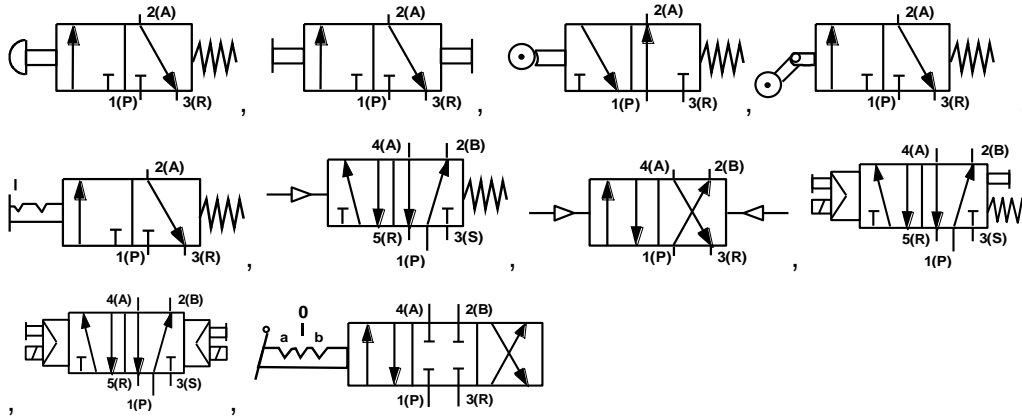
##### Tugas 2 :

- a. Amati beberapa katup pneumatik, lihat simbol-simbol yang tertera pada badan katup. Simpulkan katup jenis apa yang sedang anda amati!
  - b. Amati sebuah KKA 5/2 dengan pengoperasian tombol tekan.
    - Hubungkan lubang 1 ke sumber tekanan (kompresor),
    - Amati lubang mana dari KKA 5/2 yang keluar udaranya?
    - Tekan tombol. Amati lubang mana dari KKA 5/2 yang keluar udaranya?
  - c. Lakukan langkah b dengan KKA dan katup jenis yang lain.
- Lakukan pengamatan secara berkelompok. Diskusikan hasilnya dengan teman-temanmu. Tulis hasil pekerjaan di lembar pekerjaan siswa.

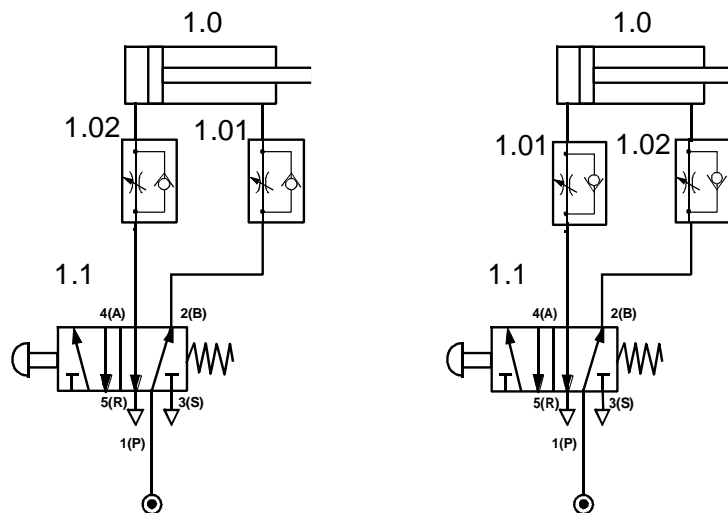


6. Tes Formatif

1. Apakah arti simbol-simbol pneumatik berikut ini ?



- Sebutkan katup-katup yang termasuk kelompok katup satu arah !
- Berapa tekanan udara pada lubang keluaran katup dua tekanan, bila tekanan 4 bar pada lubang masukan X dan pada lubang masukan Y tekanannya 6 bar? Jelaskan !
- Berapa tekanan udara pada lubang keluaran katup ganti , bila tekanan 4 bar pada lubang masukan X dan pada lubang masukan Y tekanannya 6 bar? Jelaskan !
- Dimana katup ganti, katup dua tekanan digunakan ?
- Sebutkan perbedaan katup cekik dengan katup kontrol aliran !
- Katup manakah yang mengatur kecepatan silinder maju pada rangkaian berikut?

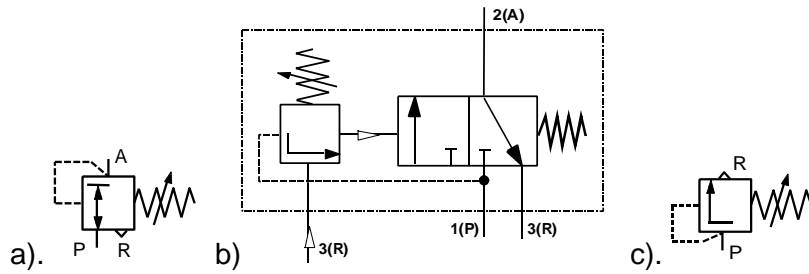


8. Ada berapa macam katup pengatur tekanan? Sebutkan!



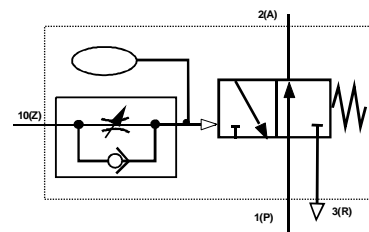
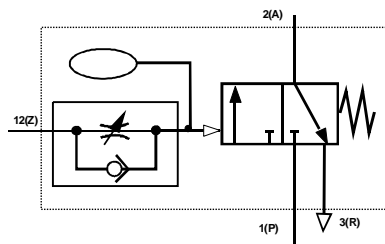


9. Simbol apakah berikut ini!



10. Jelaskan cara kerja katup sakelar tekanan normally closed!

11. Terangkan arti simbol berikut ini dan jelaskan cara kerjanya!







## Kegiatan 4

### Desain Rangkaian Dasar dengan satu silinder

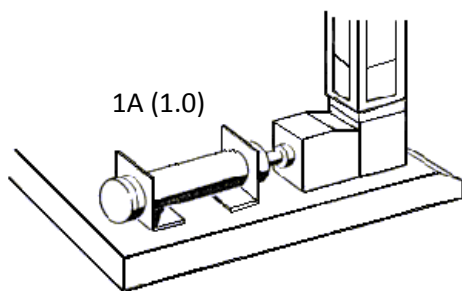
#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Membaca simbol-simbol komponen pneumatik yang terdapat pada suatu rangkaian pneumatik,
- Menandai komponen-komponen pneumatik pada suatu rangkaian pneumatik,
- Menggambar rangkaian sistem pneumatik satu silinder dengan menggunakan komponen-komponen pneumatik

#### 2. Materi Pembelajaran :

##### a. Pengantar

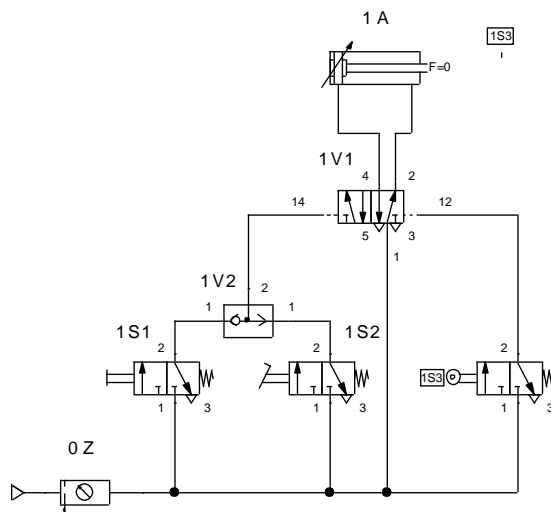
Untuk mendesain rangkaian pneumatik diperlukan beberapa informasi yang mendukung. Informasi tersebut antara lain diskripsi tentang cara kerja mesin dan tata letak mesin. Berikut ini adalah contoh sederhana dari mesin pemisah peti. Gambar 4.1 adalah tata letak mesin pemisah peti.



Gambar 4.1. Tata letak mesin

Peti dipindahkan dari gudang penyimpanan ke tempat perakitan dengan menggunakan silinder kerja ganda. Operasi kerja dimulai menggunakan sebuah tombol tekan atau sakelar pedal kaki. Silinder kerja ganda 1A (1.0) akan bergerak keluar jika salah satu dari *tombol* atau *pedal* ditekan.

Setelah silinder mencapai gerakan maksimal kemudian kembali secara otomatis. Dengan informasi tersebut dapat digambarkan rangkaian pneumatik dari mesin pemisah peti. Perhatikan rangkaian pneumatik mesin tersebut seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Rangkaian mesin pemisah peti

Untuk dapat mendesain rangkaian pneumatik mesin pemisah peti yang harus diketahui adalah:

- Cara menggambar rangkaian dengan susunan seperti pada gambar 4.2,
- Simbol-simbol komponen yang digunakan,
- Cara memberi nomor komponen.

## b. Penggambaran dan Penomoran

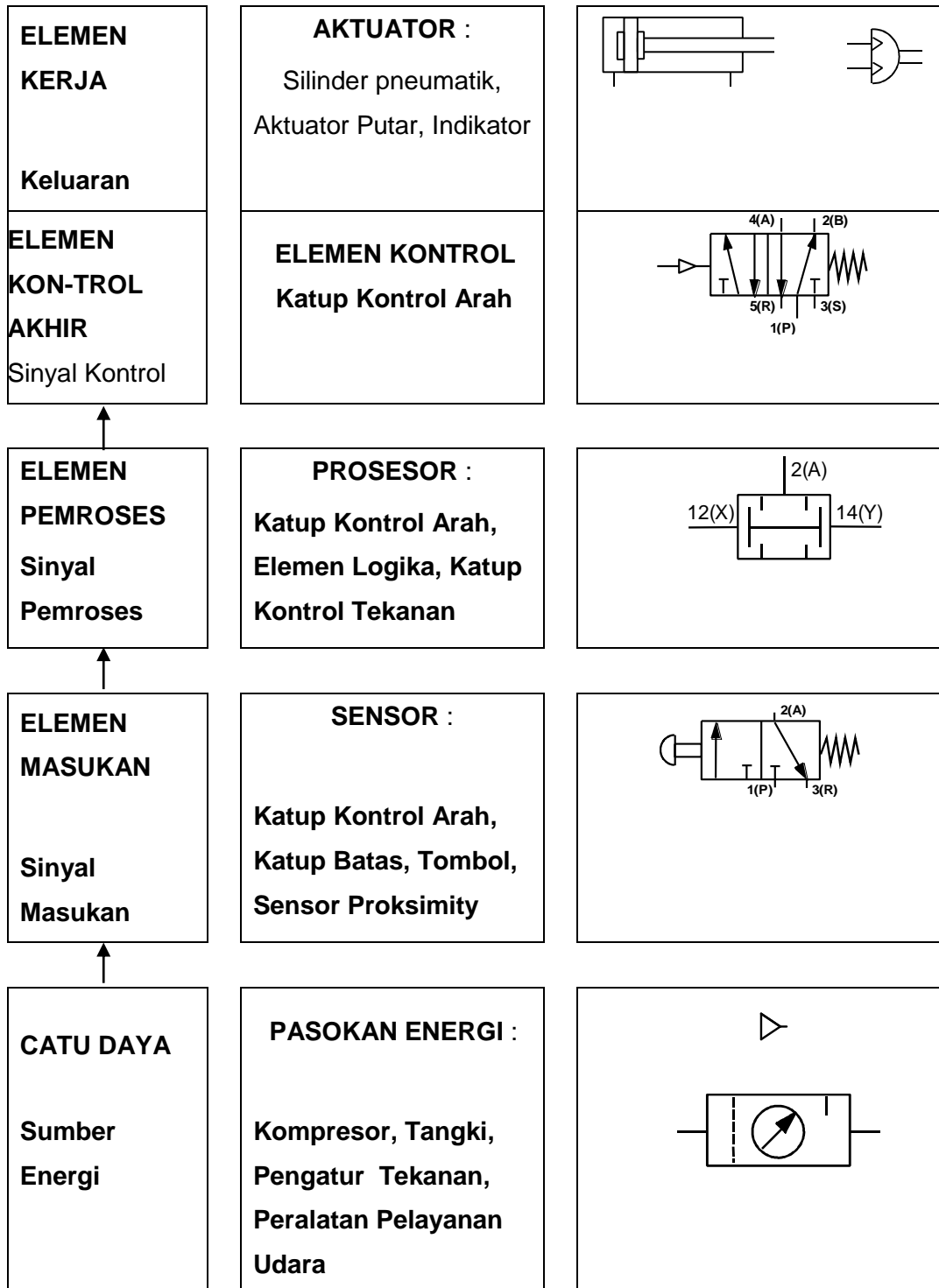
### 1). Diagram alir

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. Elemen yang dibutuhkan untuk catu daya digambarkan pada bagian bawah rangkaian secara simbol sederhana atau komponen penuh. Pada rangkaian yang lebih luas, bagian catu daya seperti unit pelayanan udara, katup pemutus dan berbagai distribusi sambungan dapat digambarkan tersendiri.



Diagram alir mata rantai kontrol dan elemen-elemennya digambarkan sebagai gambar 4.3 berikut.

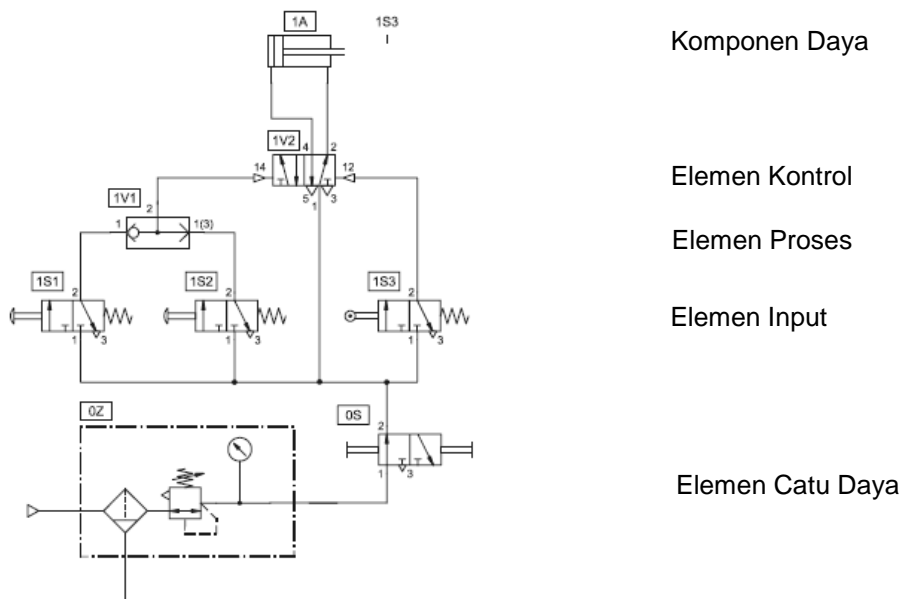


Gambar 4.3. Diagram alir mata rantai kontrol dan elemen-elemennya



Gambar 4.3 menunjukkan struktur rangkaian kontrol :

- Elemen input berupa katup yang diaktifkan secara manual dengan tombol tekan yang diberi huruf 1S1, 1S2 dan diaktifkan secara mekanik oleh katup rol dengan huruf 1S3.
- Elemen proses berupa katup "OR" diberi huruf 1V1,
- Elemen kontrol berupa katup kontrol arah (KKA) diberi huruf 1V2,
- Komponen daya berupa silinder dengan huruf 1A.



Gambar 4.4. struktur rangkaian kontrol

## 2). Tata Letak Rangkaian

Yang dimaksud tata letak rangkaian adalah diagram rangkaian harus digambar tanpa mempertimbangkan lokasi tiap elemen yang diaktifkan secara fisik. Dianjurkan bahwa semua silinder dan katup kontrol arah digambarkan secara horisontal dengan silinder bergerak dari kiri ke kanan, sehingga rangkaian lebih mudah dimengerti.

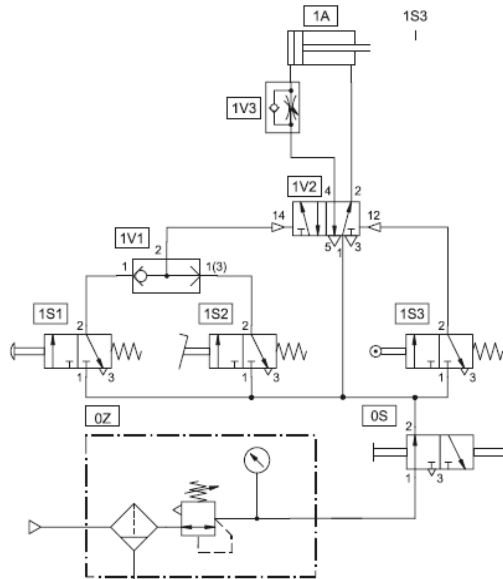
### **Contoh :**

Batang piston silinder kerja ganda bergerak keluar jika tombol tekan atau pedal kaki ditekan. Batang piston kembali ke posisi awal setelah keluar penuh dan tekanan pada tombol atau pedal kaki dilepas. Masalah tersebut dipecahkan oleh rangkaian kontrol dengan tata letak seperti pada gambar 4.5.

Katup dengan rol 1S3 diposisikan sebagai limit switch terletak pada posisi akhir langkah keluar silinder. Pada diagram rangkaian elemen 1S3 digambar



sejajar dengan elemen input dan tidak mencerminkan posisi katup. Penandaan 1S3 pada posisi silinder keluar penuh menunjukkan posisi sesungguhnya dari katup rol 1S3 tersebut.



Gambar 4.5. Diagram rangkaian pneumatic

Diagram rangkaian memperlihatkan aliran sinyal dan hubungan antara komponen dan lubang saluran udara.

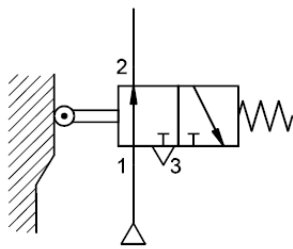
Diagram rangkaian tidak menjelaskan tata letak komponen secara mekanik. Rangkaian digambar dengan aliran energi dari bawah ke atas. Yang terdapat dalam rangkaian meliputi sumber energi, elemen input, elemen proses, elemen kontrol dan komponen daya (aktuator). Posisi limit switch ditandai pada aktuator.

Jika kontrol rumit dan terdiri dari beberapa elemen kerja, rangkaian kontrol harus dibagi ke dalam rangkaian rantai kontrol yang terpisah. Satu rantai dapat dibentuk untuk setiap fungsi grup. Kalau mungkin, rantai-rantai ini sebaiknya disusun berdampingan dalam urutan yang sama dengan gerakan langkah operasinya.

### 3). Penandaan Elemen

Penandaan tiap-tiap elemen kontrol untuk mengetahui dimana lokasi elemen tersebut berada. Ada dua macam penandaan yang telah dikenal dan sering digunakan yaitu :

- a) penandaan dengan angka
- b) penandaan dengan huruf



Gambar 4.6. Posisi awal yang aktif

Elemen sinyal digambarkan pada posisi normal di dalam rangkaian diagram. Jika katup telah aktif pada posisi awal sebagai syarat sebelum start, maka dalam gambar harus ditunjukkan aktif oleh cam. Pada posisi ini, sambungan energi harus dihubungkan dengan posisi katup yang aktif.

a). Penandaan Dengan Angka

Dengan penandaan angka, elemen/komponen pneumatik dibagi ke dalam grup. Grup 0 berisi komponen catu daya, grup 1,2 dst : penandaan dari satu mata rantai kontrol (grup).

- 0Z1, 0Z2 dst : unit catu daya/sumber udara bertekanan
- 1A, 2A, dst : komponen daya
- 1V1, 1V2 dst : elemen kontrol
- 1S1, 1S2 dst : elemen input (katup yang diaktifkan dengan manual dan mekanik)

b). Penandaan Dengan Huruf

Tipe ini digunakan terutama pada rangkaian yang dikembangkan secara metodik.

- 1A, 2A dst : tanda dari elemen-elemen kerja
- 1S1, 2S1 dst : tanda dari limit switch yang digerakkan pada posisi belakang silinder 1A, 2A, dst
- 1S2, 2S2 dst : tanda dari limit switch yang digerakkan pada posisi batang piston ke depan dari silinder 1A, 2A dst

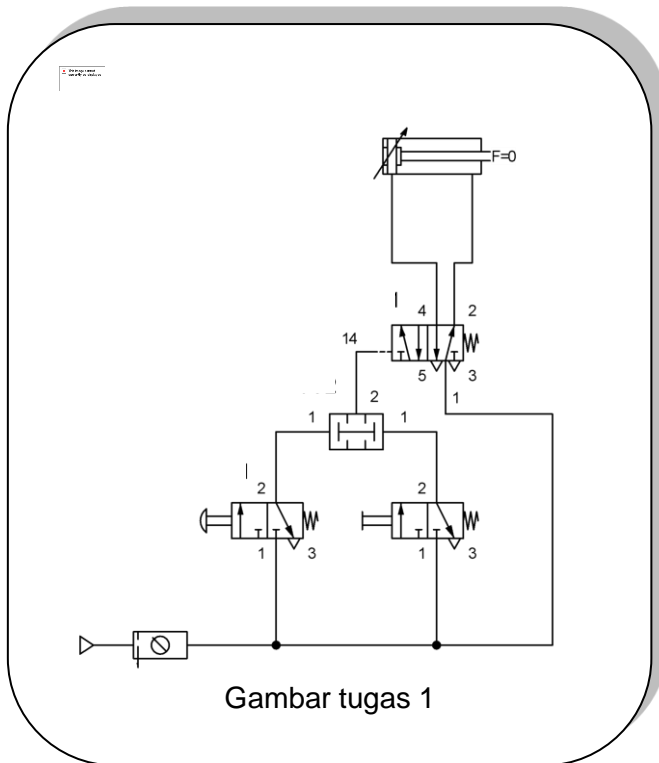




### 3. Rangkuman

- Susunan secara fisik dari elemen diabaikan
- Gambar silinder dan KKA saling berdekatan
- Aliran energi bergerak dari bawah ke atas
- Gambar sumber energi dapat digambarkan dalam bentuk yang sederhana
- Elemen-elemen digambarkan pada posisi inisial (awal) dari kontrol. Beri identitas pada elemen yang telah diaktifkan oleh cam.
- Gambarkan garis pemipaan tegak lurus tanpa silang.

### 4. Tugas:



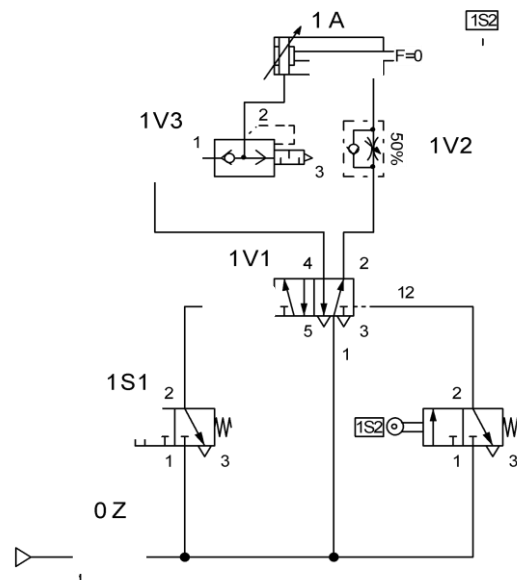
#### Tugas 1:

1. Berilah tanda pada masing-masing komponen dari gambar rangkaian pneumatik di samping!
2. Sebutkan nama komponen-komponen yang digunakan!



Tugas 2:

1. Berilah tanda pada masing-masing komponen dari gambar rangkaian pneumatik tugas 2 !
2. Sebutkan nama komponen-komponen yang digunakan!

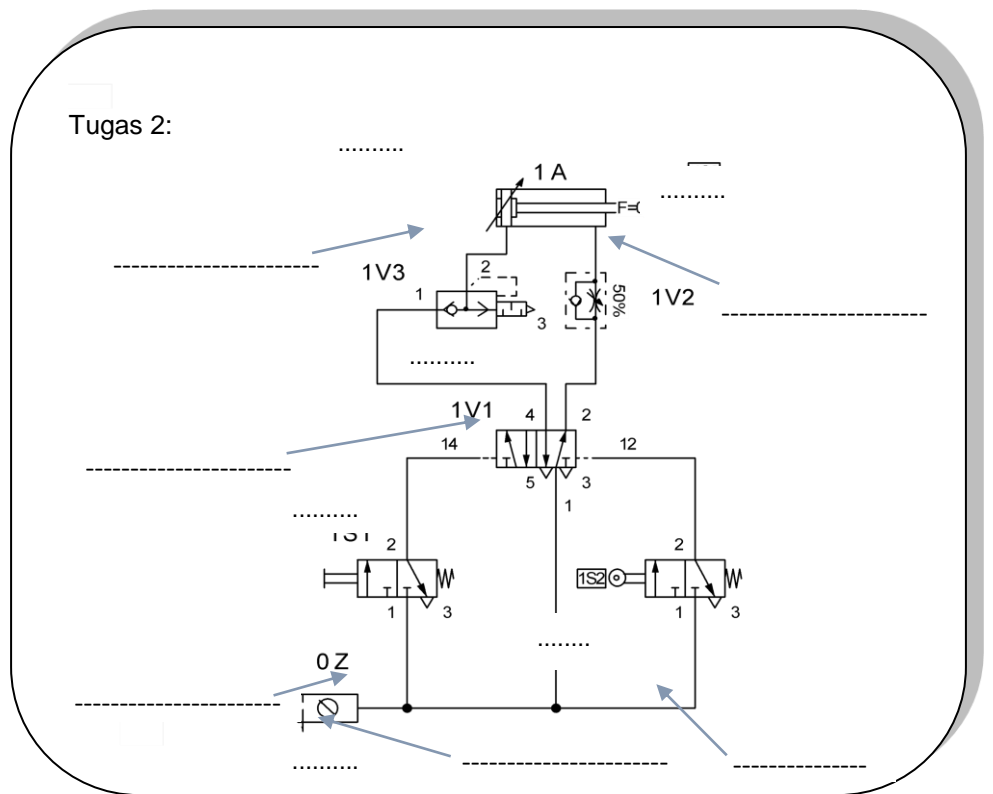
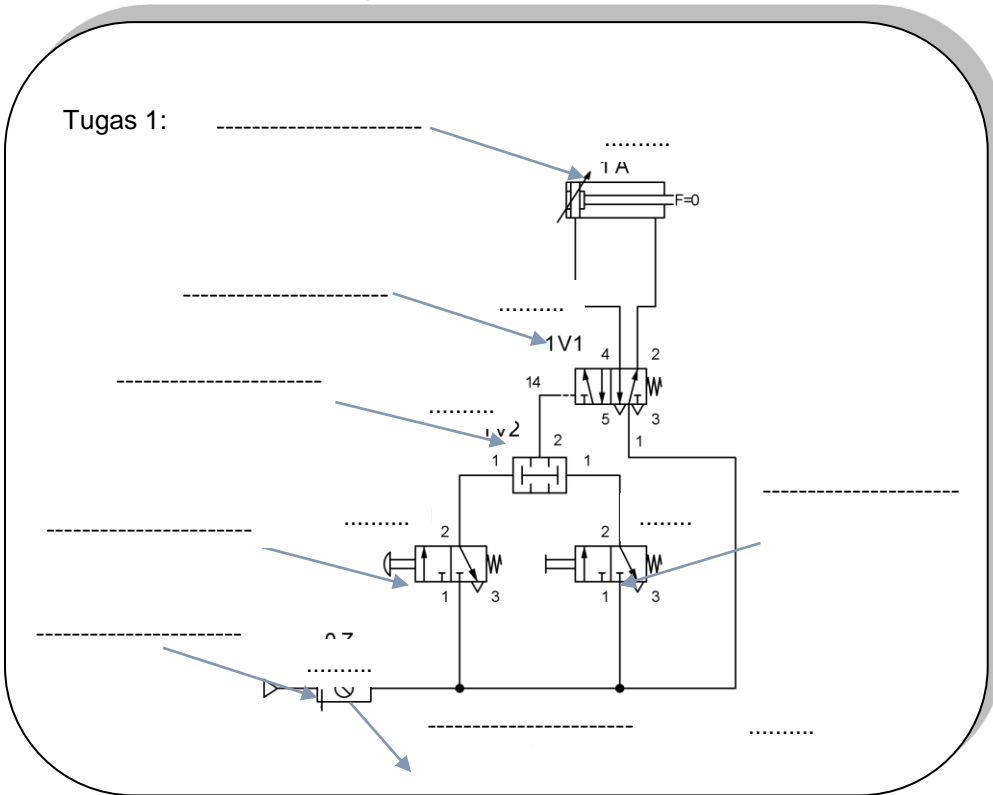


Gambar tugas 2



**5. Lembar Kerja Peserta Didik**

Tulis nomor dan nama komponen.





## kegiatan 5

### Kontrol Langsung dan tidak langsung Silinder

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Menjelaskan perbedaan rangkaian langsung dan tidak langsung rangkaian pneumatik.
- Merangkai dan menjalankan rangkaian langsung dan tidak langsung silinder.

#### 2. Materi Pembelajaran

##### a. KONTROL LANGSUNG

##### 1). Pengertian

Kontrol langsung adalah kontrol yang memberi perintah langsung pada aktuator. Kontrol langsung hanya dipilih jika :

- volume silinder tidak besar,
- dalam proses perubahan dikontrol oleh satu elemen sinyal.

Menggerakkan silinder adalah salah satu pertimbangan yang penting dalam pengembangan solusi dari sistem kontrol. Energi pneumatik dikirim ke silinder melalui sebuah katup tombol tekan. Rangkaian untuk keperluan tersebut dapat dikembangkan.

##### 2). Kontrol Langsung Silinder Kerja Tunggal

###### a). Permasalahan

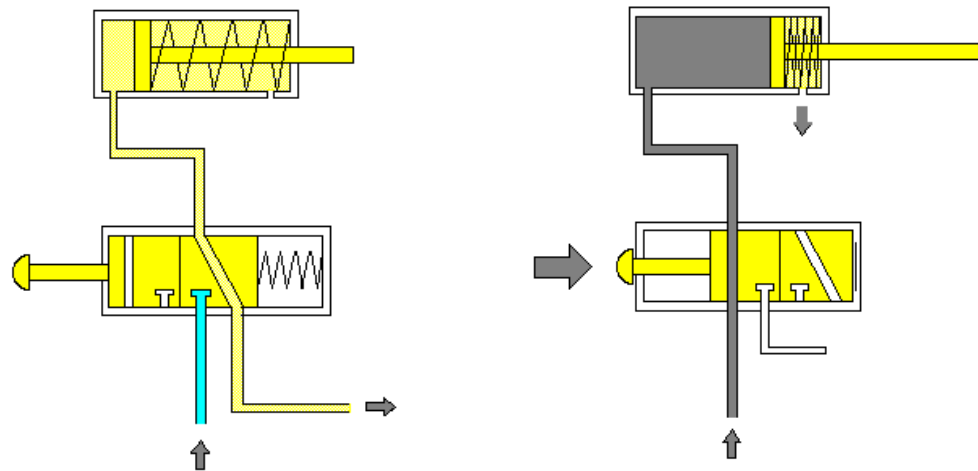
Kontrol langsung silinder kerja tunggal dipergunakan untuk menggerakkan silinder kerja tunggal maju mundur sesuai dengan perintah tombol tekan. Batang piston silinder kerja tunggal bergerak keluar saat silinder menerima udara bertekanan. Jika udara bertekanan dihilangkan, secara otomatis piston kembali lagi ke posisi awal.

Untuk memecahkan masalah tersebut dipergunakan sebuah katup yang akan mengeluarkan sinyal ketika sebuah tombol tekan ditekan dan sinyal hilang bila tombol dilepas. Katup kontrol arah 3/2 adalah sebagai katup pembangkit sinyal. Jenis katup ini cocok untuk mengontrol sebuah silinder kerja tunggal.



### b). Prinsip Kerja Rangkaian

Katup kontrol arah 3/2 mempunyai 3 lubang : lubang masukan, lubang keluaran dan lubang pembuangan. Hubungan antara lubang ini ditentukan oleh lintasan yang ada dalam katup. Jumlah variasi aliran ditentukan oleh jumlah posisi katup, dalam hal ini ada 2 posisi.



a). Posisi awal (tidak aktif),

b). Posisi kerja (aktif)

Gambar 5.1. Kontrol langsung silinder kerja tunggal

### b1). Posisi Awal

Posisi awal (gambar 5.1a) didefinisikan sebagai posisi istirahat dari sistem. Semua bagian terhubung dan tombol tidak ditekan oleh operator. Udara bertekanan dari catu daya ditutup, piston masuk ke dalam oleh dorongan pegas kembali. Lubang masukan silinder dihubungkan ke lubang pembuangan melalui katup. Pengiriman bertekanan diputus oleh katup.

### b2). Tombol ditekan

Menekan tombol tekan berarti memindahkan posisi katup 3/2, melawan pegas katup. Diagram (gambar b) menunjukkan katup teraktifkan pada posisi kerja. Udara bertekanan dari catu daya melalui katup masuk ke lubang masukan silinder kerja tunggal. Udara bertekanan yang terkumpul menyebabkan batang piston bergerak keluar melawan gaya pegas kembali. Setelah piston sampai pada posisi akhir langkah maju, maka tekanan udara di dalam tabung silinder meningkat mencapai harga maksimum.



b3). Tombol dilepas

Segera setelah tombol dilepas, maka pegas di katup mengembalikan katup ke posisi awal dan batang piston silinder kembali masuk. Jika tombol tekan diaktifkan lalu dilepas sebelum silinder keluar penuh, piston masuk kembali secara langsung, maka ada hubungan langsung antara pengoperasian tombol tekan dan posisi silinder. Hal ini memungkinkan silinder bisa keluar tanpa mencapai akhir langkah.

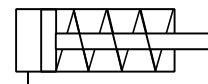
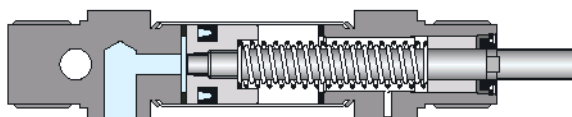
b4). Kecepatan Silinder

Kecepatan keluar dan kecepatan masuk silinder kerja tunggal berbeda. Silinder bergerak keluar digerakkan udara bertekanan, sedangkan selama mundur kecepatan diatur oleh pegas kembali, sehingga kecepatan gerak arah piston keluar lebih cepat daripada kecepatan mundur.

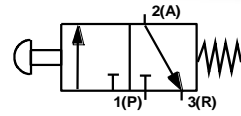
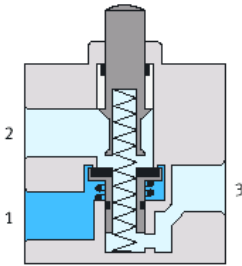
**3). Komponen yang diperlukan**

Untuk merealisasikan kontrol langsung silinder kerja tunggal diperlukan komponen-komponen pneumatik sebagai berikut:

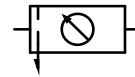
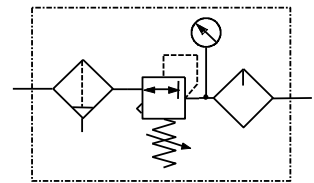
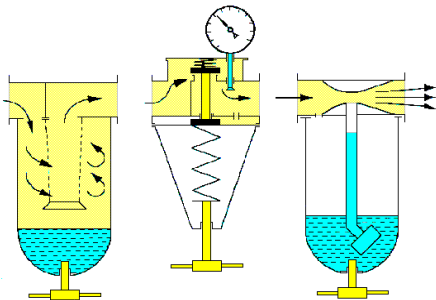
a). Silinder kerja tunggal mempunyai satu lubang masukan udara dan satu lubang pembuangan atau lubang ventilasi serta pegas untuk gerakan kembali. Gambar berikut adalah simbol, penampakan dalam dan benda dari silinder kerja tunggal.



b). Katup kontrol arah 3/2 mempunyai 3 lubang dan 2 posisi kontak, tombol tekan untuk mengaktifkan dan pegas untuk kembali. Gambar berikut adalah simbol, penampakan dalam dan benda dari katup 3/2 tombol tekan.



c). Unit Pelayanan Udara / *Air Service Unit* . Masukan berasal dari kompresor dan keluarannya dihubungkan ke katup 3/2.



d). Selang plastik berfungsi sebagai sambungan udara bertekanan antara catu daya dan katup 3/2, antara katup 3/2 dan silinder.

### 3). Kontrol Langsung Silinder Kerja Ganda

a). Permasalahan

Kontrol langsung silinder kerja ganda dipergunakan untuk menggerakkan silinder kerja ganda maju mundur sesuai dengan perintah tombol tekan. Batang piston silinder kerja ganda bergerak keluar ketika sebuah tombol ditekan dan kembali ke posisi semula ketika tombol dilepas. Silinder kerja ganda dapat dimanfaatkan gaya kerjanya ke dua arah gerakan, karena selama bergerak ke luar dan masuk silinder dialiri udara bertekanan.

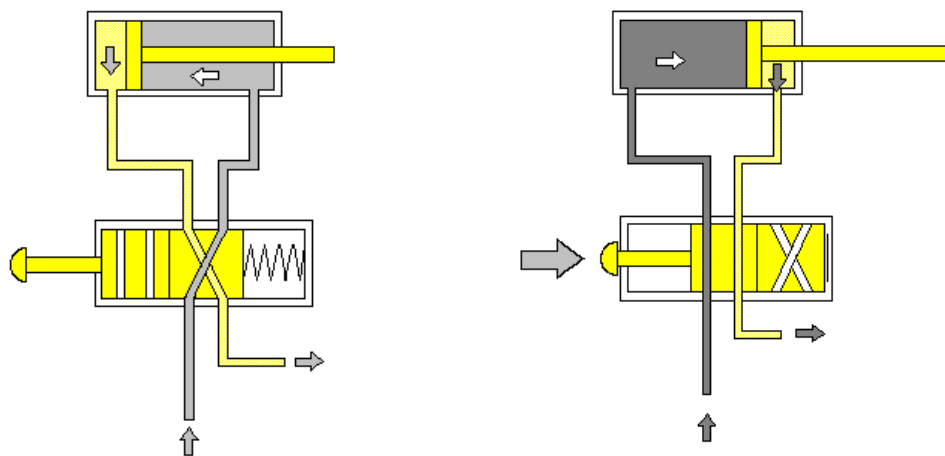
Untuk memecahkan masalah tersebut dipergunakan sebuah katup untuk membangkitkan sebuah sinyal dan membatalkan sinyal yang lain ketika tombol dilepas. Katup 4/2 digunakan karena katup tersebut merupakan katup



pembangkit sinyal dengan 2 lubang sinyal keluaran. Katup ini cocok untuk mengendalikan sebuah silinder kerja ganda.

b). Prinsip Kerja Rangkaian Silinder Kerja Ganda

Katup kontrol arah 4/2 mempunyai 4 lubang : 1 lubang masukan, 2 lubang keluaran dan 1 lubang pembuangan. Hubungan antara lubang ini ditentukan oleh lintasan yang ada dalam katup. Jumlah variasi aliran ditentukan oleh jumlah posisi katup, dalam hal ini ada 2 posisi.



a). Posisi awal (tidak aktif),

b). Posisi kerja (aktif)

Gambar 5.2. Kontrol langsung silinder kerja ganda

b1). Posisi Awal

Posisi awal (gambar 5.2a) semua hubungan dibuat tidak ada tekanan dan tombol tidak ditekan oleh operator. Pada posisi tidak diaktifkan, udara bertekanan diberikan pada sisi batang piston silinder, sedangkan udara pada sisi piston silinder dibuang melalui saluran buang katup.

b2). Tombol ditekan

Menekan tombol berarti memindahkan posisi katup 4/2 melawan gaya pegas pengembali. Diagram rangkaian (gambar 5.2b) menunjukkan katup aktif pada posisi kerja. Pada posisi ini suplai udara bertekanan dialirkan ke sisi piston silinder dan udara pada sisi batang piston dibuang keluar lewat katup. Tekanan pada sisi piston mendorong keluar batang piston. Pada saat langkah keluar penuh dicapai, tekanan pada sisi piston mencapai maksimum.





b3). Tombol dilepas

Tombol tekan dilepas, pegas pengembali katup menekan katup kembali ke posisi semula. Sekarang suplai udara bertekanan dialirkan ke sisi batang piston dan udara pada sisi piston dibuang keluar melalui katup, sehingga batang piston silinder kerja ganda masuk kembali.

Jika tombol tekan dilepas sebelum silinder keluar sampai langkah penuh, maka batang piston akan masuk kembali dengan segera. Oleh karena itu ada hubungan langsung antara pengoperasian tombol dan posisi batang piston silinder.

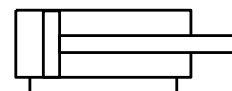
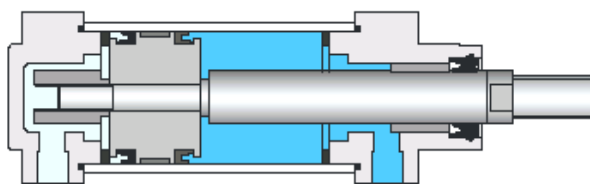
b4). Kecepatan Silinder Kerja Ganda

Kecepatan silinder keluar dan masuk berbeda. Kenyataannya bahwa volume silinder pada sisi batang piston lebih kecil daripada volume udara pada sisi piston. Oleh karena itu volume suplai udara bertekanan selama arah masuk lebih kecil dari pada arah keluar sehingga *gerakan silinder arah masuk lebih cepat* daripada arah keluar.

c). **Komponen yang digunakan**

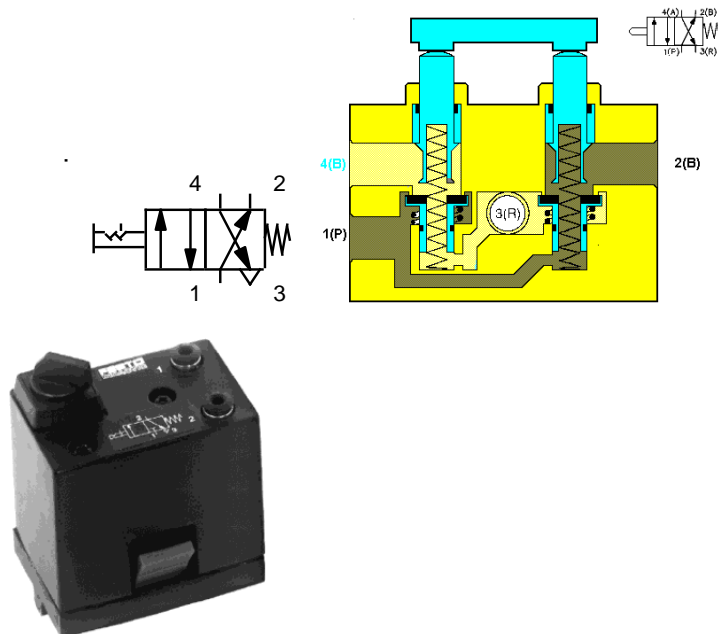
Untuk merealisasikan kontrol langsung silinder kerja ganda diperlukan komponen-komponen pneumatik sebagai berikut:

c1). Silinder kerja ganda dengan 2 lubang masukan. Gambar berikut adalah simbol, penampakan dalam dan benda dari silinder kerja ganda.





c2). Katup kontrol arah 4/2 mempunyai 4 lubang dan 2 posisi kontak, tombol untuk mengaktifkan dan pegas untuk gaya kembali,



- c3). Unit Pelayanan Udara / Air Service Unit . Masukan berasal dari kompresor dan keluarannya dihubungkan ke katup 4/2.
- c4). Selang plastik berfungsi sebagai sambungan udara bertekanan antara catu daya dan katup 4/2 , antara katup 4/2 dan silinder.

**b. KONTROL TIDAK LANGSUNG SILINDER**

1). Pengertian

Silinder yang keluar dan masuk dengan cepat atau silinder dengan diameter piston besar memerlukan jumlah udara yang banyak. Untuk pengontrolannya harus dipasang sebuah katup kontrol arah dengan ukuran yang besar juga. Jika tenaga yang diperlukan untuk mengaktifkan katup tidak mungkin dilakukan secara manual karena terlalu besar, maka harus dibuat rangkaian pengontrol tidak langsung. Disini melalui sebuah katup kedua yang lebih kecil, dihasilkan sinyal untuk mengaktifkan katup kontrol arah yang besar.

2). Kontrol Tidak Langsung Silinder Kerja Tunggal

a). Permasalahan

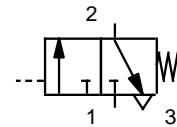
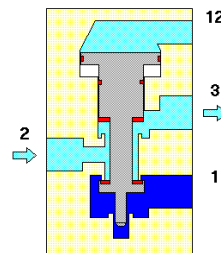


Silinder kerja tunggal dengan diameter piston besar harus bergerak ke luar, pada saat tombol ditekan dan silinder harus masuk kembali pada saat tombol dilepas.

b). Pemecahan

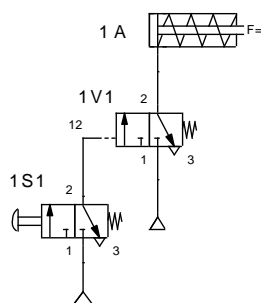
Untuk memecahkan masalah tersebut, diperlukan rangkaian kontrol dengan komponen-komponen sebagai berikut :

- Silinder kerja tunggal mempunyai satu lubang masukan udara dan satu lubang pembuangan atau lubang ventilasi serta pegas untuk gerakan kembali.
- Katup kontrol arah 3/2 mempunyai 3 lubang dan 2 posisi kontak, tombol tekan untuk mengaktifkan dan pegas untuk kembali.
- Katup kontrol arah 3/2 mempunyai 3 lubang utama dan 2 posisi kontak, 1 lubang kontrol untuk mengaktifkan dan pegas pengembali.



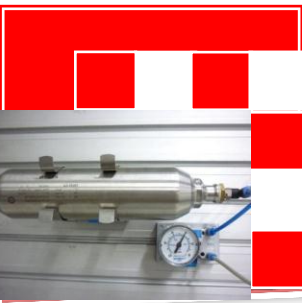
- Unit Pelayanan Udara / Air Service Unit . Masukan berasal dari kompresor dan keluarannya dihubungkan ke katup 3/2.
- Sambungan udara bertekanan (pipa/slang plastik) antara catu daya dan katup 3/2, antara katup 3/2 dan silinder.

c). Prinsip Kerja Rangkaian



Katup kontrol arah 3/2 dengan pengaktifan udara dapat dipasang sedekat mungkin dengan silinder. Ukuran katup harus besar bila silinder yang dikontrolnya dalam ukuran besar, sedangkan katup tombol bisa berukuran kecil. Katup tombol dapat dipasang agak jauh dari silinder.

c1). Posisi Awal



Pada posisi awal, batang piston silinder kerja tunggal 1A berada didalam. KKA 1V1 tidak aktif karena posisi pegas pengembali dan lubang 2 membuang udara ke atmosfer bebas.

c2. Tombol ditekan

Katup tombol 3/2 (KKA 1S1) membuka aliran udara dari lubang 1 ke 2, dan sinyal yang dibangkitkannya dialirkan ke lubang kontrol 12 KKA 1V1. KKA 1V1 berpindah posisi dan mengalir udara dari lubang 1 ke 2 terus ke silinder kerja tunggal sehingga menyebabkan silinder kerja tunggal bergerak keluar. Sinyal pengaktifan pada lubang 12 tetap ada selama tombol masih ditekan dan sinyal akan hilang bila tombol dilepas.

c3). Tombol dilepas

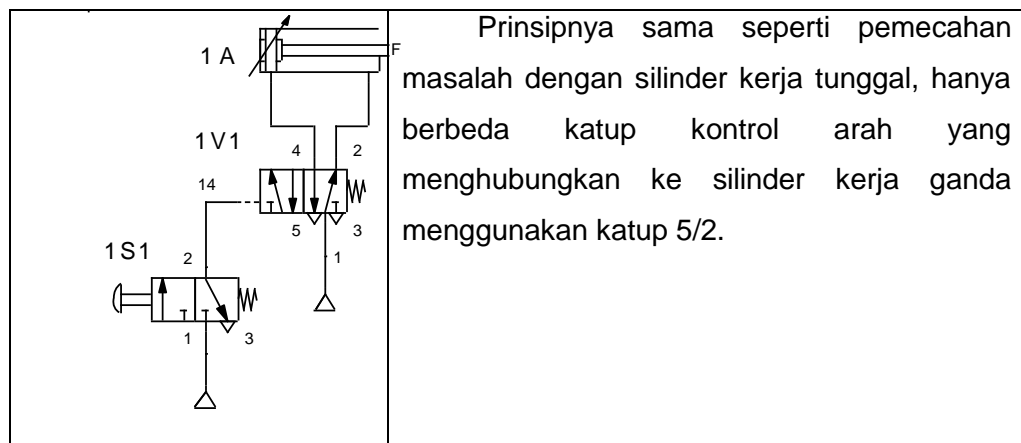
Pegas pengembali katup tombol 1S1 mengembalikan posisi katup ke posisi semula, sehingga suplai udara ke 12 katup 1V1 terputus. Akibatnya sisa udara dari lubang 12 katup 1V1 terbuang keluar lewat lubang 2 katup 1S1 . Hal ini membuat katup 1V1 kembali ke posisi awal karena pegas kembali dan aliran ke silinder kerja tunggal terblokir. Pegas silinder kerja tunggal mendorong silinder kembali ke posisi awal.

3). Kontrol Tidak Langsung Silinder Kerja Ganda

a). Permasalahan

Silinder kerja ganda harus keluar pada saat tombol ditekan dan kembali lagi setelah tombol dilepas. Silinder berdiameter 250 mm memerlukan udara banyak.

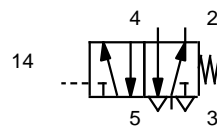
b). Pemecahan





Komponen yang digunakan berupa :

- Silinder kerja ganda dengan 2 lubang masukan,
- Katup kontrol arah 3/2 mempunyai 3 lubang dan 2 posisi kontak, tombol tekan untuk mengaktifkan dan pegas untuk kembali,
- Katup kontrol arah 5/2 mempunyai 5 lubang utama dan 2 posisi kontak, 1 lubang kontrol untuk mengaktifkan dan pegas pengembali, atau katup 4/2.

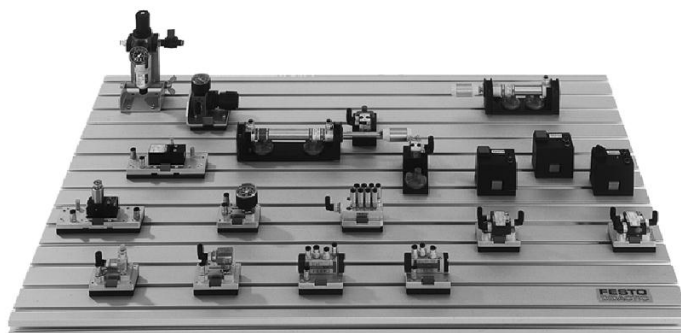


- Unit Pelayanan Udara / Air Service Unit . Masukan berasal dari kompresor dan keluarannya dihubungkan ke katup 5/2.
- Sambungan udara bertekanan dari catu daya ke silinder.

#### d. Realisasi Rangkaian Kontrol Pada Papan Peraga

Peralatan yang dipergunakan untuk mengoperasikan pneumatik adalah sebagai berikut :

- 1). Papan trainer pneumatik lengkap dengan instalasi kompresornya.





2). Satu set pneumatik dan Selang 4 mm

Daftar Komponen

<b>NO</b>	<b>NAMA KOMPONEN</b>	<b>JUMLAH</b>
1	3/2-way valve with push button, normally closed	3
2	3/2-way valve with push button, normally open	1
3	5/2-way valve with selector switch	1
4	Pressure gauge	2
5	3/2-way roller lever valve, normally closed	3
6	3/2-way roller lever valve with idle return, normally closed	1
7	5/2-way single pilot valve	1
8	5/2-way double pilot valve	3
9	Shuttle valve (OR)	1
10	Dual-pressure valve (AND)	1
11	Time delay valve, normally closed	1
12	Quick exhaust valve	1
13	One-way flow control valve	2
14	Pressure sequence valve	1
15	Single-acting cylinder	1
16	Double-acting cylinder	2
17	Service unit with on-off valve	1
18	Pressure regulator with pressure gauge	1
19	Manifold	1
20	Quick push-pull distributor	10
21	Connecting components	1



### 3. Rangkuman

- Kontrol langsung adalah kontrol yang memberi perintah langsung pada aktuator. Energi pneumatik dikirim ke silinder melalui sebuah katup tombol tekan. Rangkaian untuk keperluan tersebut dapat dikembangkan. Kontrol langsung digunakan untuk menjalankan silinder dengan volume kecil.
- Kontrol tidak langsung adalah kontrol dimana perintah dari tombol tidak langsung menggerakkan aktuator tetapi melalui sebuah katup KKA. Kontrol tidak langsung dapat digunakan untuk menjalankan silinder dengan volume besar.

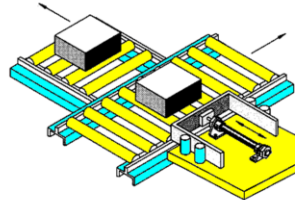
### 4. Tugas

- Selesaikan tugas rangkaian pneumatik pada papan peraga.
- Praktek dilakukan berkelompok.
- Cek tekanan pada alat ukur maksimal 6 bar. Sambungan ke kompresor dilakukan setelah rangkaian tersambung semua.
- Pemasangan slang plastik pada fitting komponen pneumatik harus kuat dan terkunci, agar pada saat udara bertekanan mengalir ke komponen, slang plastik tidak lepas.



### **Tugas 1 : Alat Penyortir (Sorting Device )**

Realisasikan kontrol langsung suatu alat penyortir pada papan peraga.



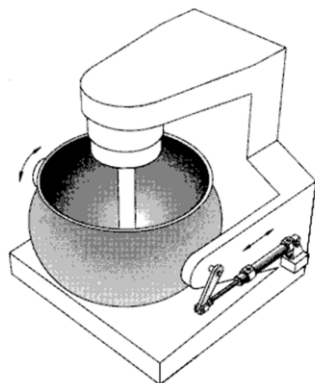
Dengan menggunakan alat penyortir seperti gambar di samping, benda ditransfer dari ban berjalan satu ke ban berjalan lainnya. Batang piston silinder akan keluar mendorong benda ke ban berjalan lain, jika switch tombol pneumatik ditekan. Tombol dilepas, batang piston kembali ke posisi semula.

#### **Tugas :**

- Rangkailah dengan menggunakan silinder kerja tunggal!
- Rangkailah dengan menggunakan silinder kerja ganda!
- Tulis komponen yang digunakan untuk soal a dan b!

### **Tugas 2 : Alat Penuang**

Realisasikan kontrol langsung suatu alat penyortir pada papan peraga.



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.

#### **Tugas :**

- Rangkailah dengan menggunakan silinder kerja tunggal!
- Rangkailah dengan menggunakan silinder kerja ganda!
- Tulis komponen yang digunakan untuk soal a dan b!





**5. Lembar Pekerjaan Peserta Didik.**

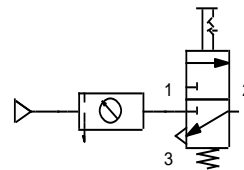
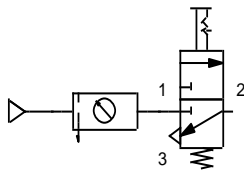
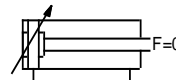
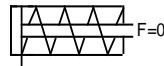
**KONTROL LANGSUNG**

a. Persiapan Pengoperasian Kontrol Langsung

Sebelum mengoperasikan kontrol langsung pneumatik langkah-langkah berikut perlu dijalankan agar pengoperasian dapat berjalan dengan lancar.

1) Gambar Rangkaian

Gambar rangkaian kontrol langsung silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda perlu dilengkapi. Lengkapi gambar berikut sesuai perintah tugas 1.



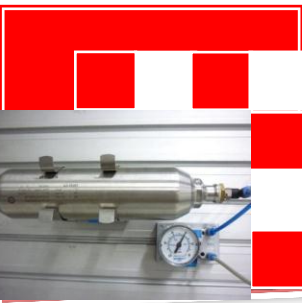
a. Kontrol langsung silinder kerja tunggal ganda

b. Kontrol langsung silinder kerja

2). Atur regulator tekanan dari unit pelayanan udara pada tekanan maksimum 6bar.



b. Pengoperasian Kontrol Langsung Silinder



- 1) Rangkaian Kontrol Langsung Silinder Kerja Tunggal.
  - a) Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH
		0Z1	
		1A	
		1S1	

- b) Pasang komponen-komponen pada papan trainer.
    - c) Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah a1).
    - d) Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.
    - e) Switch on katup pada unit pelayanan udara.
    - f) Operasikan kontrol silinder kerja tunggal sebagai berikut :

NO	OPERASI	POSISI SILINDER KERJA TUNGGAL
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	

- g) Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.
        - i) Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.



2) Rangkaian Kontrol Langsung Silinder Kerja Ganda.

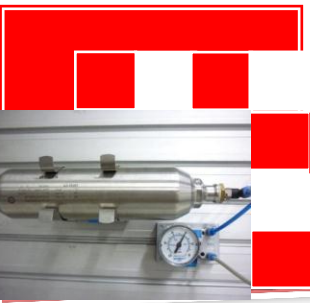
- a) Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH
		0Z1	
		1A	
		1S1	

- b) Pasang komponen-komponen pada papan trainer.  
 c) Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah a1).  
 d) Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.  
 e) Switch on katup pada unit pelayanan udara.  
 f) Operasikan kontrol silinder kerja ganda sebagai berikut :

NO	OPERASI	POSISI SILINDER KERJA GANDA
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	

- g) Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.



h) Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.

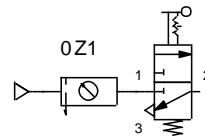
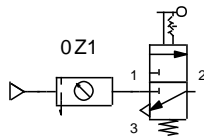
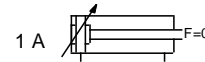
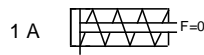
**KONTROL TIDAK LANGSUNG**

**a. Persiapan Pengoperasian**

Sebelum mengoperasikan kontrol tidak langsung pneumatik langkah-langkah berikut perlu dijalankan agar pengoperasian dapat berjalan dengan lancar.

**Gambar Rangkaian**

Gambar rangkaian kontrol tidak langsung silinder kerja tunggal dan silinder kerja ganda perlu dilengkapi. Lengkapi gambar berikut sesuai perintah tugas2.



Kontrol tidak langsung sil. kerja tunggal  
kerja ganda

b. Kontrol tidak langsung silinder

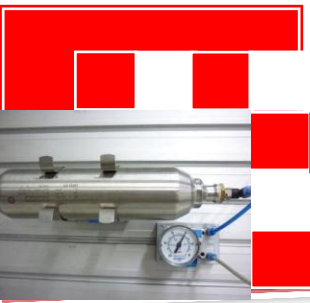


- b. Pengoperasian Kontrol Tidak Langsung Silinder
  - 1). Rangkaian Kontrol Tidak Langsung Silinder Kerja Tunggal.
    - a). Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH
		0Z1	
		1A	
		1S1	
		1V1	

- b). Pasang komponen-komponen pada papan trainer.
  - c). Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah a1).
  - d). Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.
  - e). Switch on katup pada unit pelayanan udara.
  - f). Operasikan kontrol silinder kerja tunggal sebagai berikut :

NO	OPERASI	POSISI SILINDER KERJA TUNGGAL
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	



## Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik"

- g). Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.
- h). Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.

### 2). Rangkaian Kontrol Tidak Langsung Silinder Kerja Ganda.

- b) Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH
		0Z1	
		1A	
		1S1	

- i) Pasang komponen-komponen pada papan trainer.
- j) Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah a1).
- k) Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.
- l) Switch on katup pada unit pelayanan udara.
- m) Operasikan kontrol silinder kerja ganda sebagai berikut :

NO	OPERASI	POSISI SILINDER KERJA GANDA
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari	



	penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	

- n) Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.
- o) Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.

## Kegiatan 6

### Kontrol kecepatan silinder

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Menjelaskan cara mengatur kecepatan silinder.
- Memilih komponen-komponen pneumatik yang tepat untuk mengatur kecepatan silinder.
- Merangkai dan menjalankan silinder kerja tunggal dengan kecepatan maju dan mundur pelan.
- Merangkai dan menjalankan silinder kerja tunggal dengan kecepatan mundur lebih cepat.
- Merangkai dan menjalankan silinder kerja ganda dengan kecepatan maju dan mundur pelan.
- Merangkai dan menjalankan silinder kerja tunggal dengan kecepatan maju dan mundur lebih cepat.

#### 2. Materi Pembelajaran :

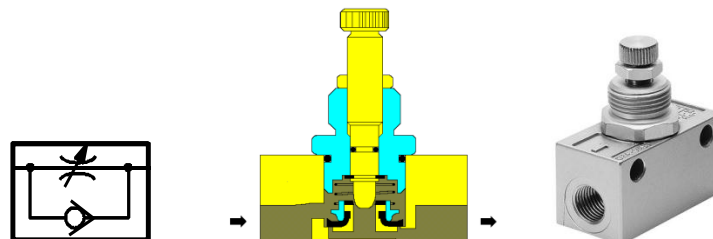
##### a. Pendahuluan

Pengaturan kecepatan silinder yang dimaksudkan disini adalah :

- Mengurangi kecepatan
- Menambah kecepatan

##### b. Mengurangi Kecepatan Silinder :

Kecepatan silinder dapat dikurangi dengan memasang katup kontrol aliran. Untuk mengatur kecepatan silinder agar lebih lambat dapat menggunakan katup kontrol aliran satu arah. Gambar 6.1 adalah simbol, penampakan dalam dan benda dari katup kontrol aliran satu arah.



Gambar 6.1. Simbol, gambar potongan dan benda dari katup kontrol aliran satu arah



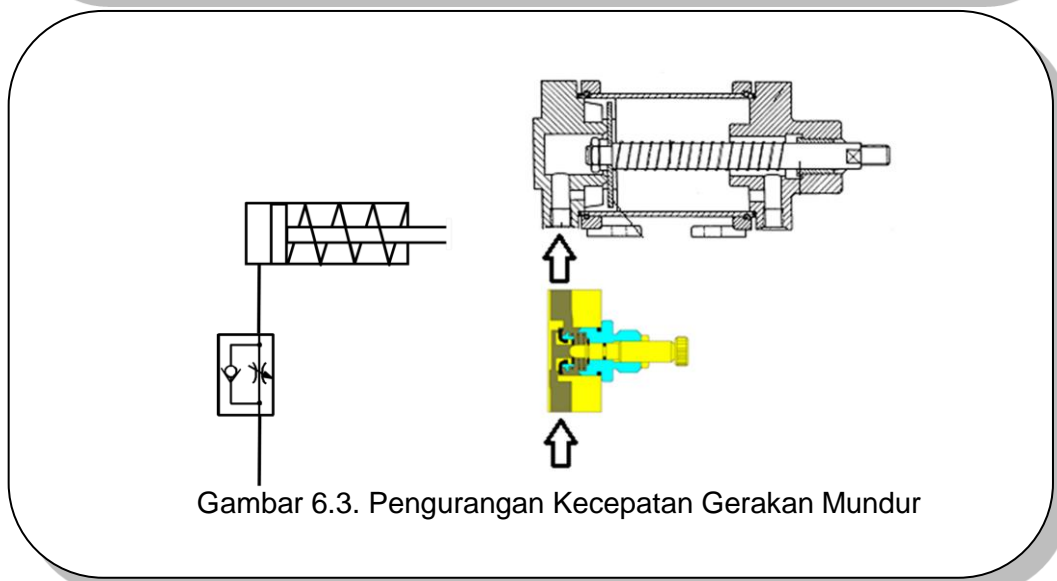
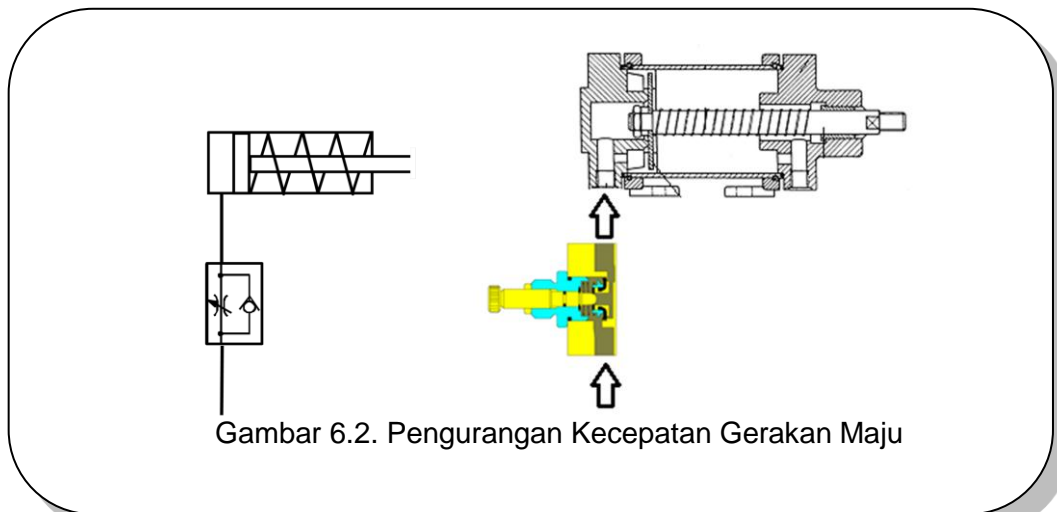


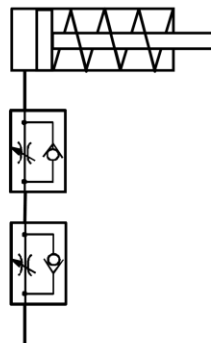
Ada dua kemungkinan pemasangan katup kontrol aliran satu arah :

- Pengaturan udara masuk,
- Pengaturan udara pembuangan.

b1. Mengurangi Kecepatan Silinder Kerja Tunggal

Pada silinder kerja tunggal, pengurangan kecepatan gerakan maju hanya efektif dilakukan oleh pengaturan udara masuk. Pengurangan kecepatan silinder dilakukan dengan menggunakan katup kontrol aliran satu arah seperti pada gambar berikut ini.





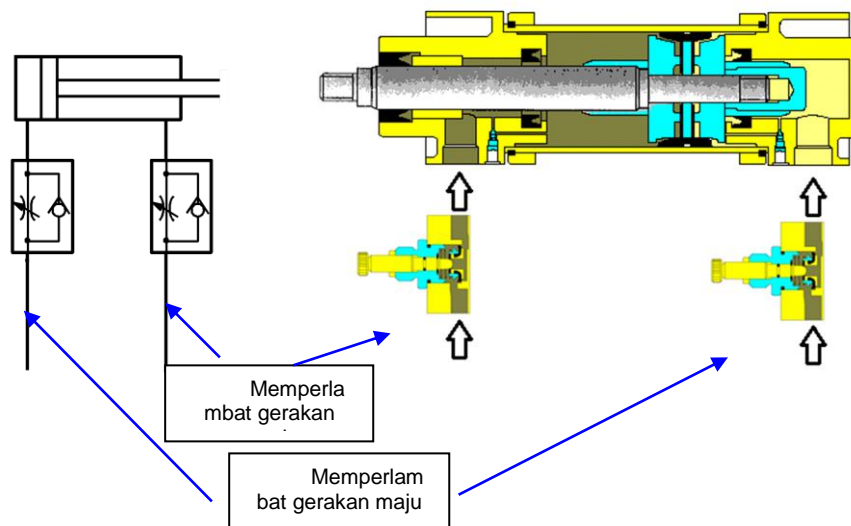
Pengurangan kecepatan gerakan maju dan mundur dengan pengaturan secara terpisah dilakukan seperti pada gambar 6.4.

Gambar 6.4. Pengurangan kecepatan gerakan maju dan mundur

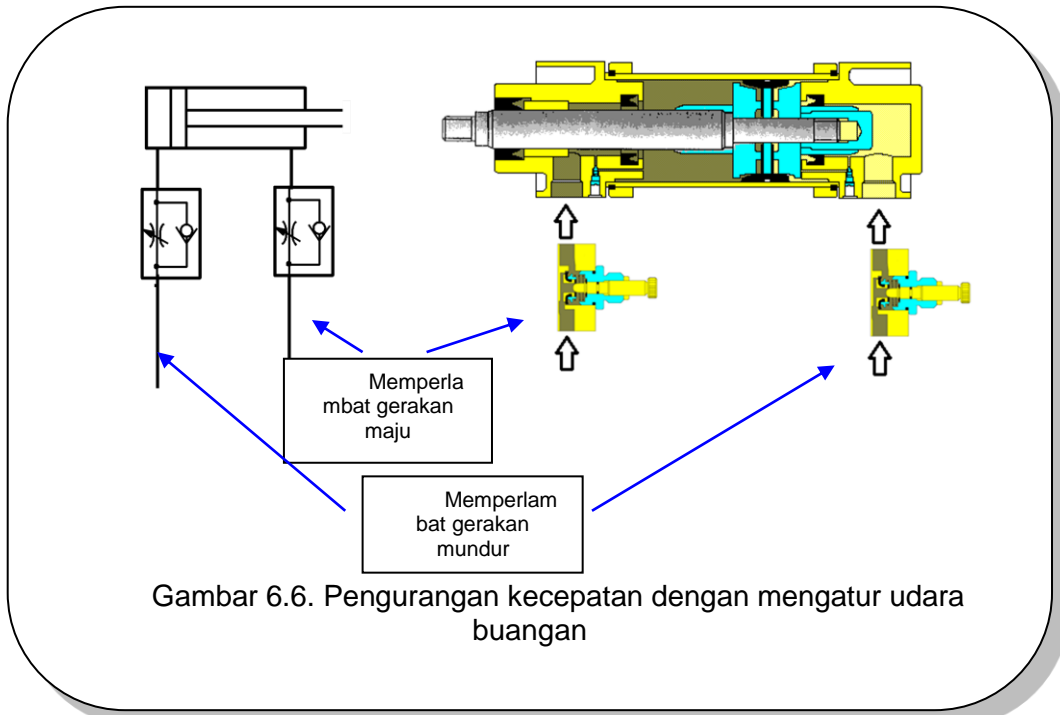
b2). Mengurangi Kecepatan Silinder Kerja Ganda

Pada silinder kerja ganda memungkinkan melakukan pengaturan aliran udara masuk dan udara buangan untuk mengurangi kecepatan gerakan maju dan mundur. Katup buangan cepat dapat digunakan untuk menambah kecepatan maju maupun mundur.

Pengurangan kecepatan silinder dengan pengaturan terpisah untuk gerakan maju dan mundur seperti gambar berikut :

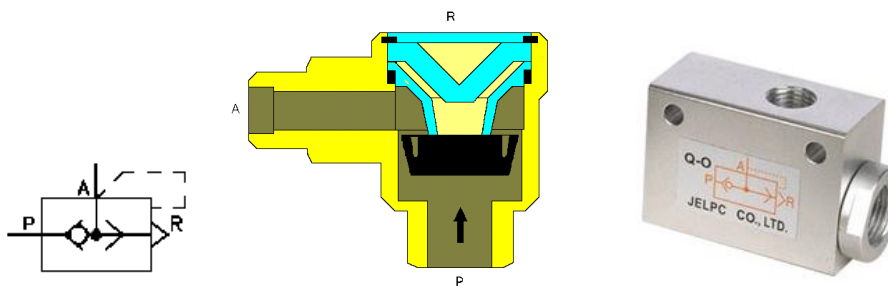


Gambar 6.5. Pengurangan kecepatan dengan mengatur udara masuk



**c. Menambah Kecepatan Silinder**

Menambah kecepatan silinder dengan menggunakan katup buangan-cepat. Pemasangan katup ini dekat dengan silinder, agar udara buangan cepat keluar dan kecepatan silinder bertambah. Gambar 6.7 adalah simbol, potongan dan benda dari katup kontrol aliran satu arah.



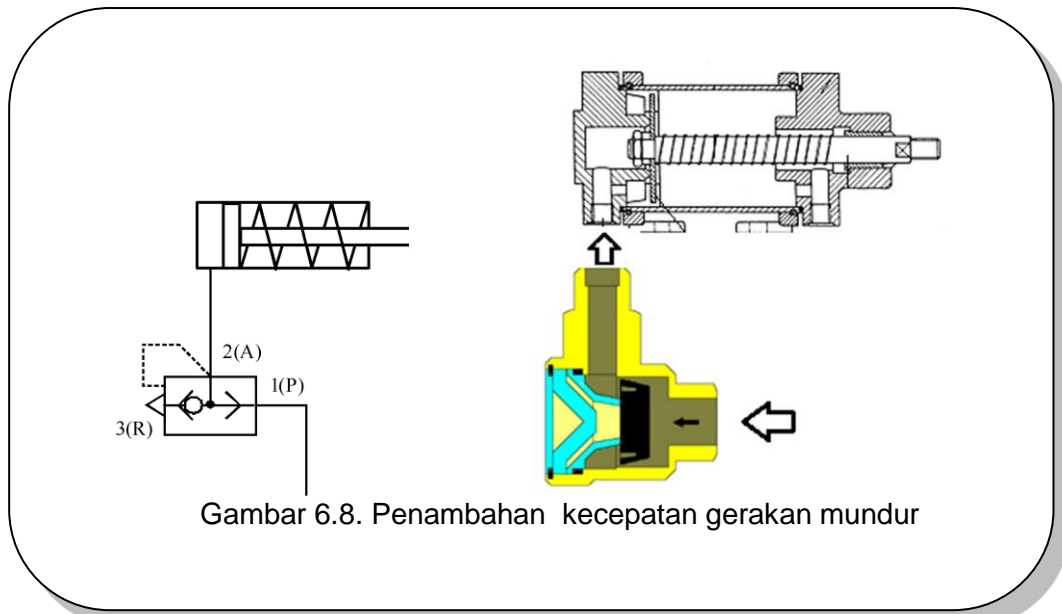
Gambar 6.7. Simbol, potongan dan benda dari katup buang cepat.

**c1. Menambah Kecepatan Silinder Kerja Tunggal**

Mempercepat kecepatan silinder kerja tunggal dilakukan dengan memasang katup buangan cepat di masukan lubang silinder kerja tunggal. Mempercepat hanya dapat dilakukan untuk gerakan mundur, sedangkan untuk gerakan maju tidak dapat dilakukan karena silinder kerja tunggal hanya



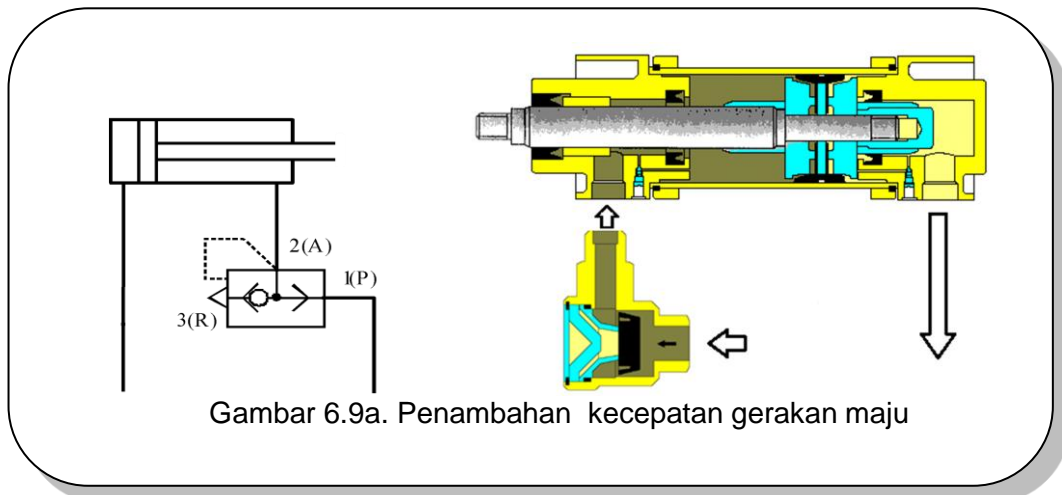
mempunyai satu lubang udara masukan. Penambahan kecepatan gerakan mundur dapat dilakukan seperti gambar 6.8.



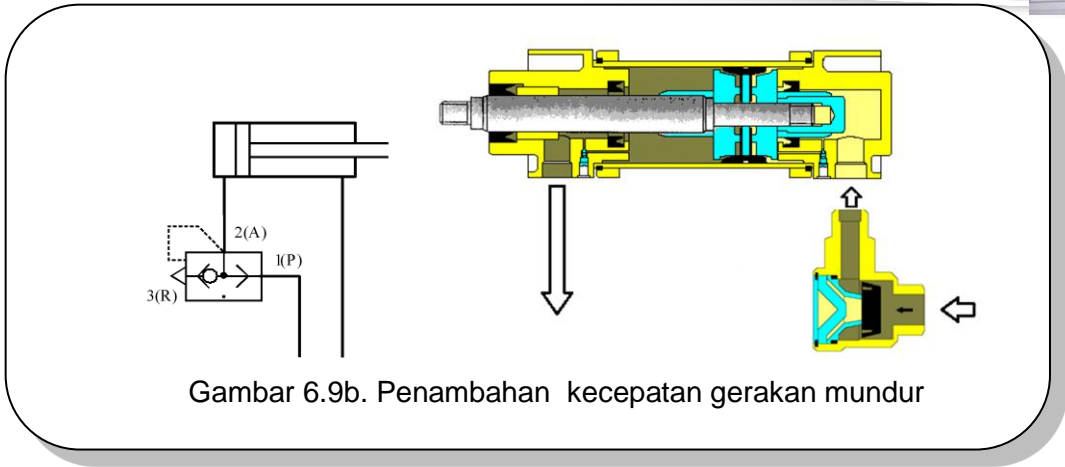
Gambar 6.8. Penambahan kecepatan gerakan mundur

c2. Menambah Kecepatan Silinder Kerja Ganda

Pada silinder kerja ganda mempercepat kecepatan dapat dilakukan untuk gerakan maju atau mundur. Gambar 6.9 menunjukkan rangkaian untuk mempercepat kecepatan gerakan maju dan mundur.



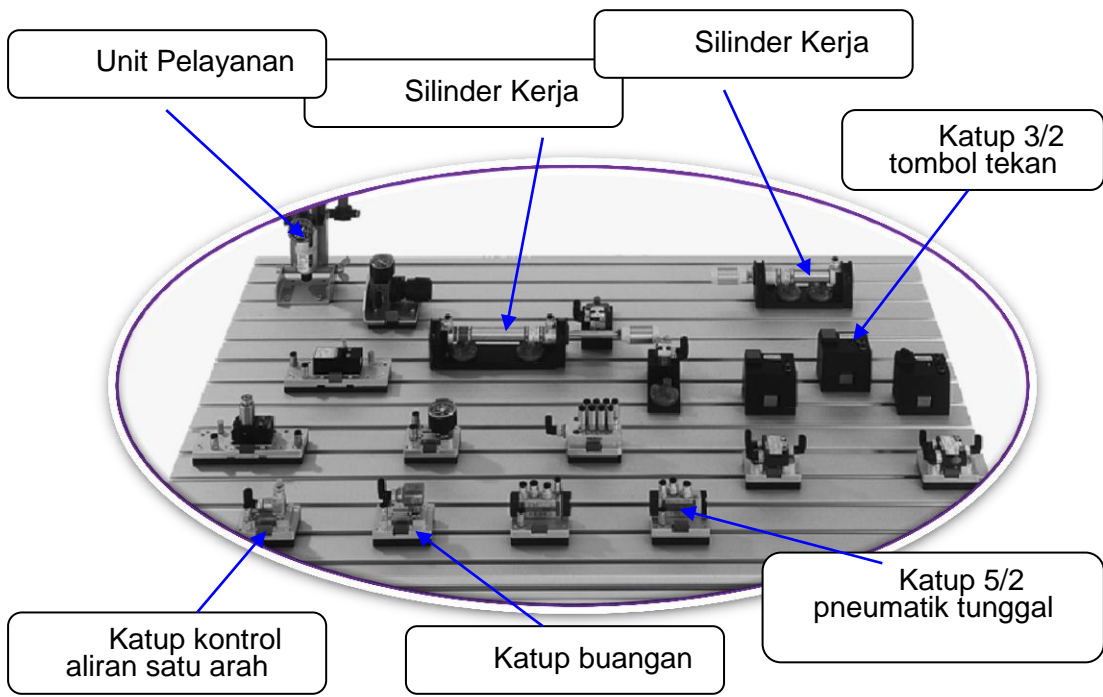
Gambar 6.9a. Penambahan kecepatan gerakan maju



Gambar 6.9b. Penambahan kecepatan gerakan mundur

**d. Rangkaian Pada Papan Peraga**

Untuk merealisasikan pengaturan kecepatan silinder seperti pada gambar 6.2 sampai gambar 6.9 diperlukan peralatan pneumatik sebagai berikut:



Gambar 6.10. Komponen pneumatik



## Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik"

Komponen-komponen yang dipergunakan untuk merealisasikan kontrol pneumatik dapat dilihat pada tabel berikut:

NO	NAMA KOMPONEN	NO SERI	JUMLAH
1	3/2-way valve with push button, normally closed	152860	3
2	3/2-way valve with push button, normally open	152861	1
3	5/2-way valve with selector switch	152862	1
4	Pressure gauge	152865	2
5	3/2-way roller lever valve, normally closed	152866	3
6	3/2-way roller lever valve with idle return, normally closed	152867	1
7	5/2-way single pilot valve	152872	1
8	5/2-way double pilot valve	152873	3
9	Shuttle valve (OR)	152875	1
10	Dual-pressure valve (AND)	152876	1
11	Time delay valve, normally closed	152879	1
12	Quick exhaust valve	152880	1
13	One-way flow control valve	152881	2
14	Pressure sequence valve	152884	1
15	Single-acting cylinder	152887	1
16	Double-acting cylinder	152888	2
17	Service unit with on-off valve	152894	1
18	Pressure regulator with pressure gauge	152895	1
19	Manifold	152896	1
20	Quick push-pull distributor	153128	10



21	Connecting components	152898	1
----	-----------------------	--------	---

### 3. Rangkuman

Pengaturan kecepatan silinder dilakukan untuk :

- Mengurangi kecepatan /memperlambat gerakan silinder
- Menambah kecepatan / mempercepat gerakan silinder

Komponen yang dipergunakan untuk mengurangi kecepatan adalah katup kontrol aliran satu arah, sedangkan untuk mempercepat gerakan silinder adalah katup buangan cepat.

Pada silinder kerja tunggal :

- dapat diperlambat gerakan silinder arah maju dan mundur
- dapat dipercepat pada arah mundur saja.

Pada silinder kerja ganda :

- dapat diperlambat gerakan silinder arah maju dan mundur
- dapat dipercepat gerakan silinder arah maju dan mundur.
- pemasangan katup kontrol aliran satu arah dapat dilakukan dengan mengatur udara masuk dan mengatur udara pembuangan silinder.

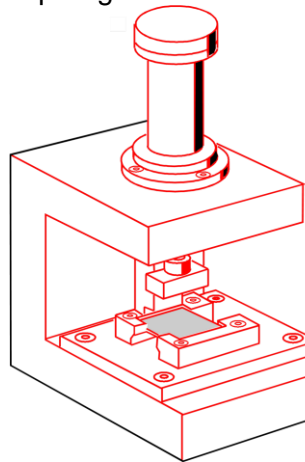
#### 4. Tugas

Harap diperhatikan !

- Selesaikan tugas rangkaian pneumatik pada papan peraga.
- Praktek dilakukan berkelompok.
- Cek tekanan pada alat ukur maksimal 6 bar. Sambungan ke kompresor dilakukan setelah rangkaian tersambung semua.
- Pemasangan slang plastik pada fitting komponen pneumatik harus kuat dan terkunci, agar pada saat udara bertekanan mengalir ke komponen. slana plastik tidak lepas.

#### Tugas: Alat Penekuk

Realisasikan pengaturan kecepatan suatu alat penekuk pada papan peraga.



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 (1A) yang digunakan berdiameter 150 mm dan mempunyai panjang langkah 100 mm. Majunya silinder harus dapat diatur secara perlahan, sedangkan gerakan kembali dilakukan dengan cepat.

#### **Tugas :**

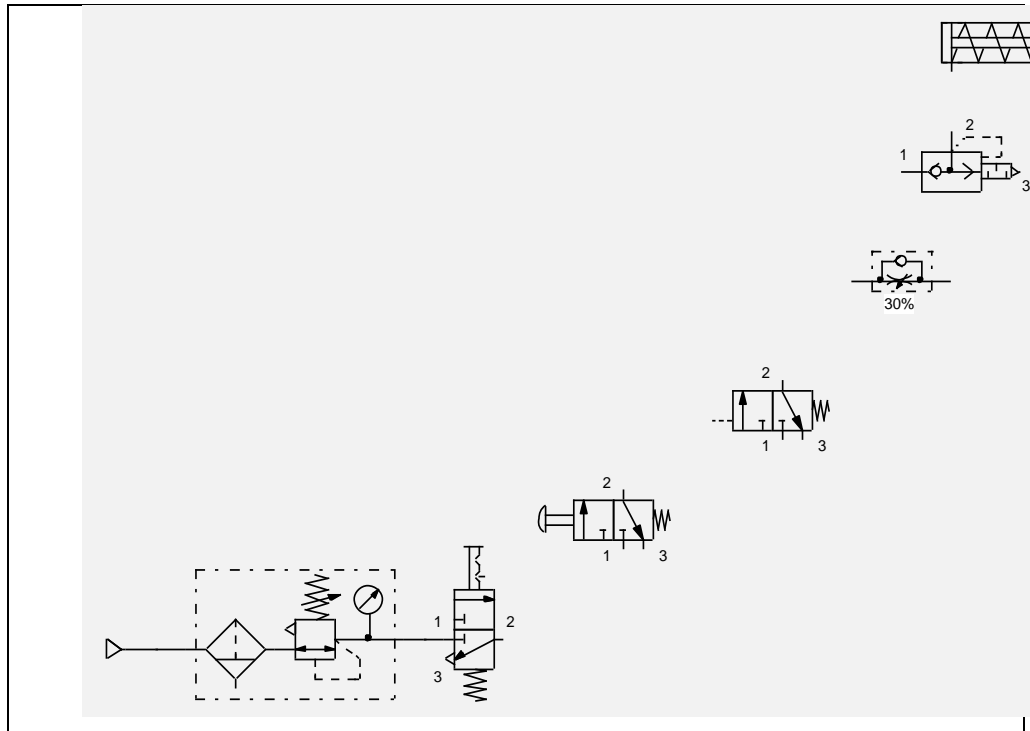
- d. Rangkailah dengan menggunakan silinder kerja tunggal!
- e. Rangkailah dengan menggunakan silinder kerja ganda!
- f. Tulis komponen yang digunakan untuk soal a dan b!





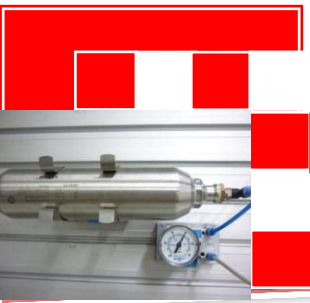
**5. Lembar Pekerjaan Peserta Didik.**

- a. Merangkai Rangkaian Pengaturan Kecepatan Silinder Kerja Tunggal.
1. Siapkan gambar rangkaian sesuai perintah tugas dengan jalan melengkapi gambar kerja.



2. Siapkan sumber pneumatik dengan menghidupkan kompresor.
3. Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH
		0Z1	
		1A	
		1S1	
		1V1	



## Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik"

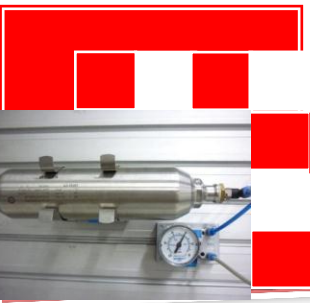
- Pasang komponen-komponen pada papan trainer.
- Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah 1.
- Atur regulator tekanan dari unit pelayanan udara pada tekanan maksimum 6 bar.
- Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.
- Switch on katup pada unit pelayanan udara.
- Operasikan kontrol silinder kerja tunggal sebagai berikut :

NO	OPERASI	AMATI GERAKAN SILINDER DAN CATAT
Katup kontrol aliran dibuka (diputar kekiri sampai maksimum)		
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	
Katup kontrol aliran dicekik sebagian (diputar kekanan sebagian)		
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	
Katup kontrol aliran dicekik semua (diputar kekanan sampai		

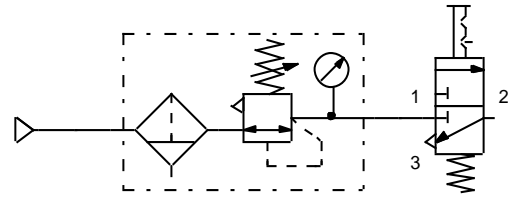
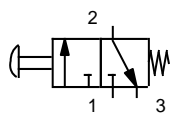
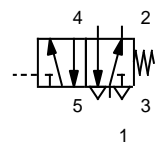
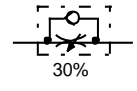
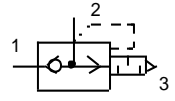
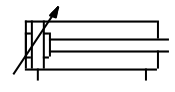


maksimum)		
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	

10. Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.
11. Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.
  - b. Merangkai Rangkaian Pengaturan Kecepatan Silinder Kerja Ganda.
    1. Siapkan gambar rangkaian sesuai perintah tugas dengan jalan melengkapi gambar kerja.



# Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik"



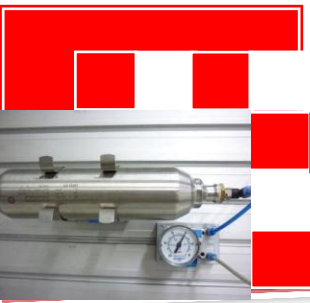
2. Siapkan sumber pneumatik dengan menghidupkan kompresor.
3. Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH
		0Z1	
		1A	
		1S1	
		1V1	



4. Pasang komponen-komponen pada papan trainer.
5. Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah 1.
6. Atur regulator tekanan dari unit pelayanan udara pada tekanan maksimum 6 bar.
7. Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.
8. Switch-on katup pada unit pelayanan udara.
9. Operasikan kontrol silinder kerja ganda sebagai berikut :

NO	OPERASI	AMATI GERAKAN SILINDER DAN CATAT
Katup kontrol aliran dibuka (diputar kekiri sampai maksimum)		
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	
Katup kontrol aliran dicekik sebagian (diputar kekanan sebagian)		
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	

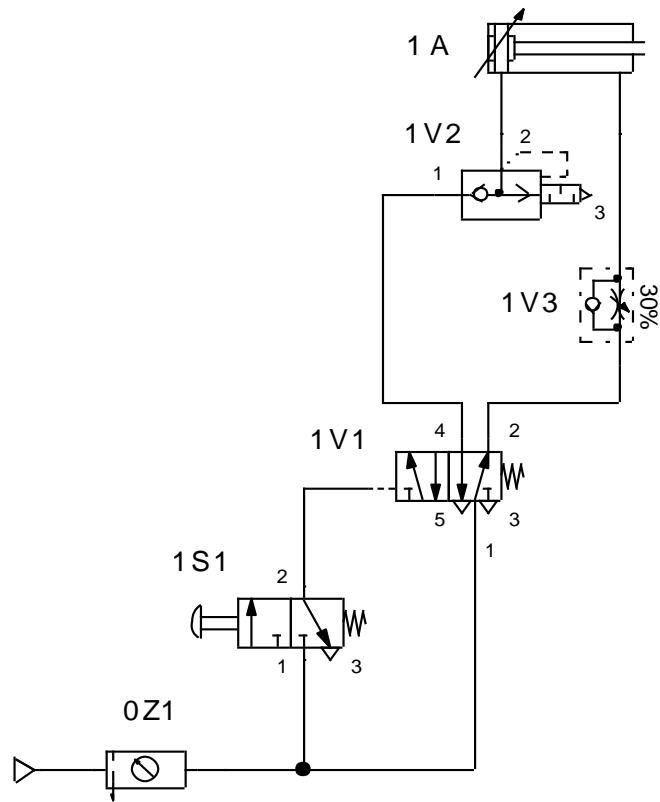


Katup kontrol aliran dicekik semua (diputar kekanan sampai maksimum)		
1	Tombol 1S1 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan terus (tidak dilepas)	
3	Tombol 1S1 dilepas dari penekanan	
4	Tombol 1S1 ditekan sebentar	

10. Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.
11. Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.

**6. TES FORMATIF**

1. Bagaimana cara mengatur kecepatan silinder kerja tunggal ?
2. Bagaimana cara mengatur kecepatan silinder kerja ganda?
3. Sebutkan komponen-komponen yang ada pada gambar berikut ini.
4. Apa fungsi katup 1V2?
5. Apa fungsi katup 1V3?









## Kegiatan 7

### Rangkaian logika (AND, OR)

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Memahami rangkaian logika dengan komponen pneumatik.
  - Mengisi tabel kebenaran logika DAN
  - Menggambar rangkaian pneumatik fungsi DAN
- Merangkai dan menjalankan silinder dengan perintah DAN.
  - Mengisi tabel kebenaran logika ATAU
  - Menggambar rangkaian pneumatik fungsi ATAU
- Merangkai dan menjalankan silinder dengan perintah ATAU.

#### 2. Materi Pembelajaran

##### Fungsi Logika DAN

###### a. Pendahuluan

Pada sistem rangkaian kontrol jika proses dimulai dengan menggunakan dua sinyal secara bersama-sama, maka dibutuhkan katup dua tekanan (*two-pressure valve*) atau alternatif lain. Katup dua tekanan juga disebut gerbang "DAN" karena mempunyai fungsi logika dasar "DAN".

###### b. Fungsi DAN

Fungsi DAN dapat diterjemahkan dalam bentuk tabel kebenaran seperti pada tabel 7.1. Pada tabel a dan b adalah masukan, sedangkan y adalah keluaran. Pada saat a dan b sama dengan nol (0), y sama dengan 0. Artinya pada saat itu a dan b tidak ada sinyal masukan, maka tidak ada hasil keluaran dari y. Keluaran akan ada (1) jika semua masukan bernilai 1 artinya ada masukan pada masukannya.



Tabel 7.1 Tabel Kebenaran

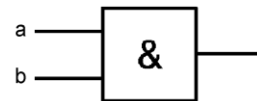
a	b	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Persamaan:

$$y = a \wedge b$$

( baca : y = a dan b )

Simbol

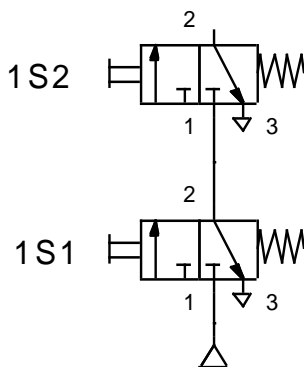


### c. Rangkaian Fungsi DAN

Ada 3 kemungkinan untuk mendapatkan rangkaian fungsi DAN di dalam sistem pneumatik yaitu :

#### c1. Rangkaian seri

Pada rangkaian ini, fungsi DAN didapat dari dua katup atau lebih yang disambung secara seri seperti pada gambar 7.1. Pada rangkaian ini tidak ada tambahan komponen.



Gambar 7.1 : Fungsi DAN melalui rangkaian seri

#### Keuntungan :

- tanpa peralatan tambahan, dengan demikian sumber kesalahan kemungkinan lebih sedikit dan merupakan solusi yang ekonomis.

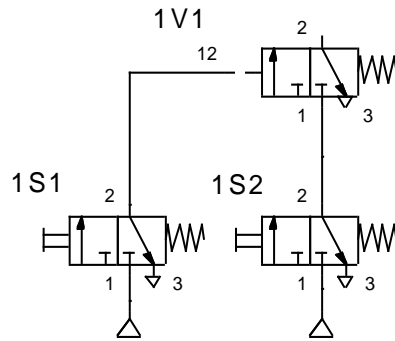
#### Kerugian :

- di dalam praktiknya saluran sinyal antar komponen menjadi sangat panjang.
- sinyal dari katup 1S2 (gambar 7.1) tidak dapat dipakai bersama dengan sinyal kombinasi yang lain karena sumbernya berasal dari katup 1S1 yang disambung seri.



c2. Fungsi DAN melalui katup 3/2 NO dengan pengaktifan udara

Rangkaian fungsi DAN melalui katup 3/2 NO dengan pengaktifan udara dijelaskan pada gambar 7.2 :



Gambar 7.2 : Fungsi DAN melalui katup 3/2 NO dengan pengaktifan udara

Keuntungan :

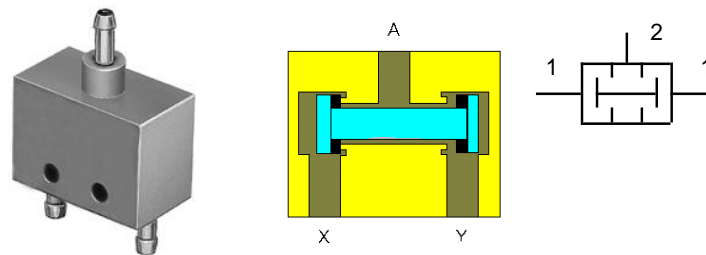
1. sinyal dari katup 1S1 dan katup 1S2 dapat digunakan di dalam kombinasi sinyal lainnya karena sinyal komponen langsung didapat dari sumbernya.
2. saluran kedua sinyal dapat disambung dengan jarak yang pendek ke katup dua tekanan 1V1.
3. sinyal masukan ke lubang 12(Z) katup 1V1 dapat lebih kecil, sedangkan keluaran lubang 2(A) katup 1V1 lebih besar (efek penguat).

Kerugian :

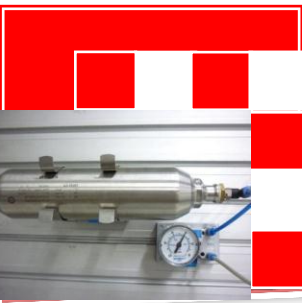
- memerlukan lebih banyak komponen

c3. Fungsi DAN melalui katup dua tekanan

Fungsi DAN dengan menggunakan katup dua tekanan diperlihatkan oleh gambar 7.3 berikut ini.



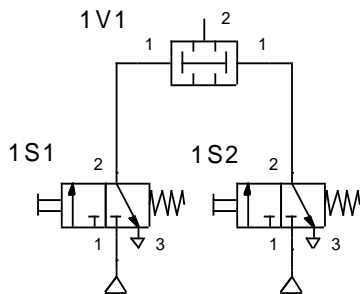
Gambar 7.3. Fungsi DAN melalui katup dua tekanan



Rangkaian fungsi DAN melalui katup dua tekanan seperti pada gambar 7.4 berikut :

Keuntungan :

- sinyal dari katup 1S1 dan katup 1S2 dapat digunakan di dalam kombinasi sinyal lainnya karena sinyal komponen langsung didapat dari sumbernya.
- saluran kedua sinyal dapat disambung dengan jarak yang pendek ke katup dua tekanan 1V1.



Kerugian :

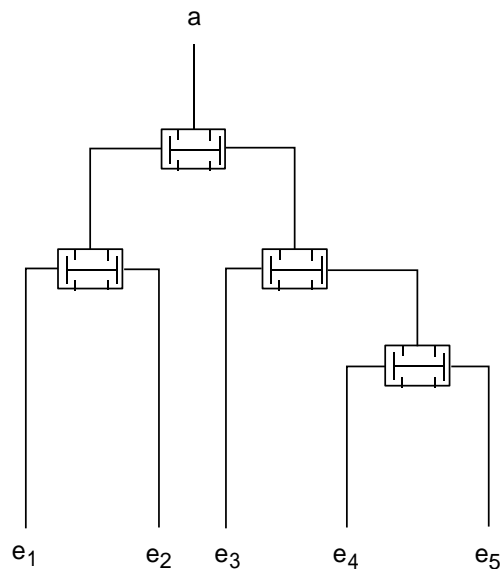
- memerlukan peralatan tambahan.
- keluaran katup dua tekanan selalu memberikan sinyal yang lebih lambat atau lebih lemah.

Gambar 7.4 : Fungsi DAN melalui katup dua tekanan

Di dalam praktiknya konfigurasi "DAN" dengan lebih dari dua masukan banyak ditemui. Pemakaian dengan katup dua tekanan lebih banyak digunakan. Jumlah katup dua tekanan yang diperlukan dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$n_v = n_e - 1$$

$n_v$  = jumlah katup dua tekanan yang dibutuhkan,  $n_e$  = jumlah sinyal masukan



Gambar 7.5 : Konfigurasi "DAN" dengan 5 masukan

Contoh :

Berapa jumlah katup dua tekanan yang dibutuhkan, jika sinyal masukan yang diproses bersama-sama sebanyak 5? Bagaimana rangkaiannya ?

Penyelesaian :

- \*  $n_v = n_e - 1 = 5 - 1 = 4$
- \* Susunan katup "DAN" seperti pada rangkaian gambar 7.5.

**Fungsi Logika ATAU**

**d. Pendahuluan**

Pada sistem rangkaian kontrol jika proses memulai menggunakan dua sinyal dengan fungsi bersama-sama atau sendiri-sendiri, maka dibutuhkan katup ganti (*shuttle valve*). Katup ganti juga disebut gerbang "ATAU" karena mempunyai fungsi logika dasar "ATAU".

**e. Fungsi ATAU**

Fungsi ATAU dapat diterjemahkan dalam bentuk tabel kebenaran seperti pada tabel 7.2. Pada tabel a dan b adalah masukan, sedangkan y adalah keluaran. Pada saat a dan b sama dengan nol (0), y sama dengan 0. Artinya pada saat itu a dan b tidak ada sinyal masukan, maka tidak ada hasil keluaran dari y. Keluaran akan ada (1) jika salah satu atau semua masukan bernilai 1 artinya ada masukan pada masukannya.



Tabel 7.2 Tabel Kebenaran

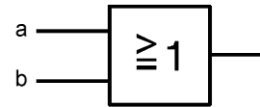
a	b	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Persamaan:

$$y = a \vee b$$

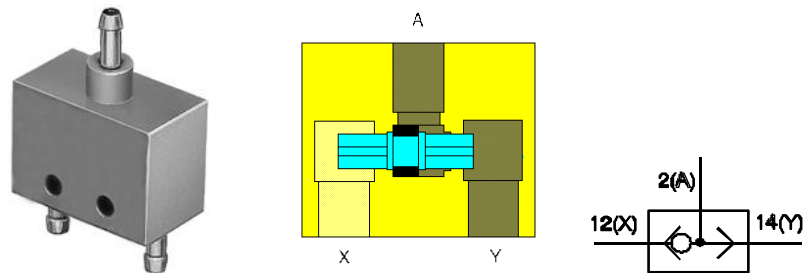
( baca : y = a atau b )

Simbol

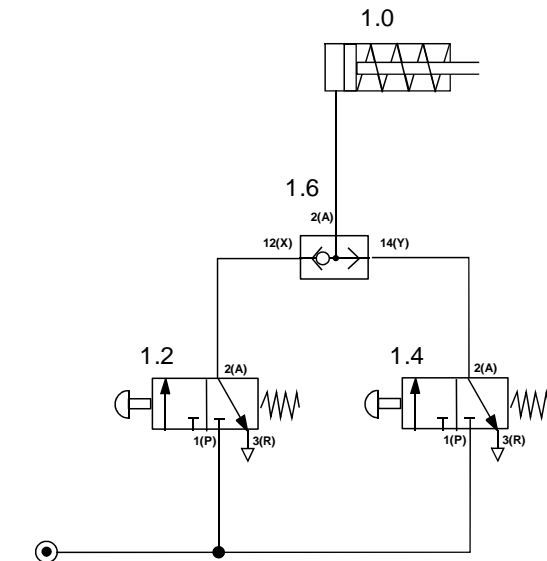


**f. Rangkaian Fungsi ATAU**

Rangkaian pneumatik fungsi ATAU dapat terealisasi dengan menggunakan katup ganti / katup fungsi ATAU dengan simbol katup sebagai berikut :



Gambar 7.6. Fungsi ATAU



Gambar 7.7. Rangkaian Fungsi ATAU

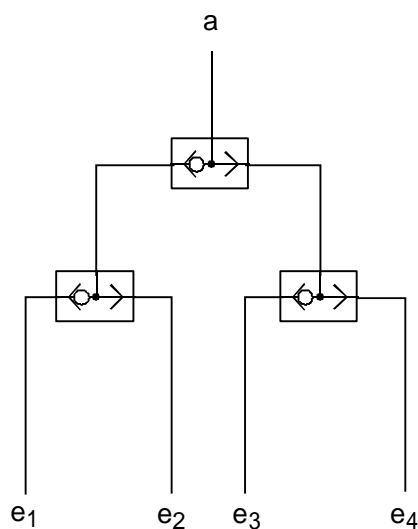
Gambar 7.7 adalah rangkaian kontrol silinder kerja tunggal yang dijalankan dari dua tempat yang berbeda.

Di dalam praktiknya konfigurasi ATAU dengan lebih dari dua masukan banyak ditemui. Jumlah katup ganti yang diperlukan dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$n_v = n_e - 1$$

$n_v$  = jumlah katup ganti yang dibutuhkan

$n_e$  = jumlah sinyal masukan



Gambar 7.8. Konfigurasi "ATAU" dengan 4 masukan

Contoh :

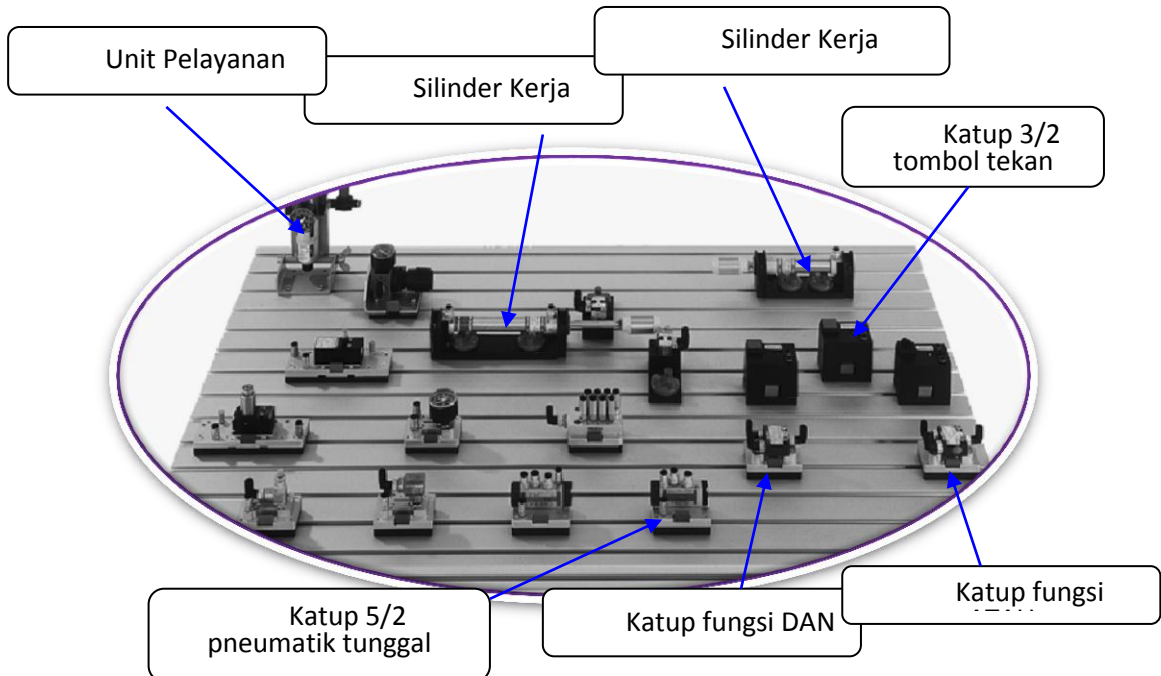
Berapa jumlah katup ganti yang dibutuhkan, jika sinyal masukan yang diproses bersama-sama sebanyak 4 sinyal ? Bagaimana rangkaiannya ?

Penyelesaian :

- \*  $n_v = n_e - 1 = 4 - 1 = 3$
- \* Susunan katup "ATAU" seperti pada rangkaian gambar 7.8.

**g. Rangkaian Pada Papan Peraga**

Untuk merealisasikan kontrol fungsi logika diperlukan peralatan pneumatik sebagai berikut:



Gambar 7.9. Komponen pneumatic

**3. Rangkuman**

Rangkaian fungsi "DAN" dan fungsi "ATAU" diperlukan jika dalam sistem kontrol terdapat masukan lebih dari satu.

**Fungsi DAN.**

Fungsi DAN direalisasikan dengan menggunakan rangkaian seri, melalui katup 3/2 NO dengan pengaktifan udara dan menggunakan katup dua tekanan (*two-pressure valve*). Sinyal keluaran terjadi jika semua sinyal masukan terdapat pada masukan. Tanpa sinyal atau hanya salah satu sinyal masukan, maka tidak ada sinyal keluaran yang dihasilkan. Jika terjadi perbedaan waktu diantara sinyal masukan, sinyal yang datang terakhir yang mencapai keluaran. Jika terjadi perbedaan tekanan diantara sinyal masukan, sinyal dengan tekanan yang lebih rendah yang mencapai keluaran.

**Fungsi ATAU.**

Fungsi ATAU direalisasikan dengan menggunakan katup ganti (*shuttle valve*). Sinyal keluaran terjadi jika ada salah satu sinyal masukan atau





kedua sinyal terdapat pada masukan. Tanpa sinyal masukan, maka tidak ada sinyal keluaran yang dihasilkan. Jika sinyal-sinyal diberikankan pada kedua masukan, sinyal dengan tekanan yang lebih tinggi yang mencapai keluaran.

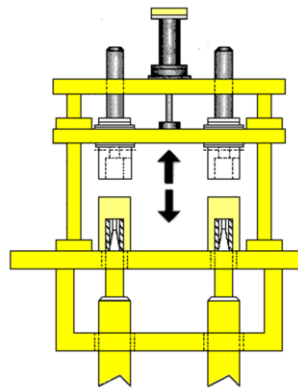
#### 4. Tugas

Harap diperhatikan !

- Selesaikan tugas rangkaian pneumatik pada papan peraga.
- Praktek dilakukan berkelompok.
- Cek tekanan pada alat ukur maksimal 6 bar. Sambungan ke kompresor dilakukan setelah rangkaian tersambung semua.
- Pemasangan slang plastik pada fitting komponen pneumatik harus kuat dan terkunci, agar pada saat udara bertekanan mengalir ke komponen, slang plastik tidak lepas.

#### Tugas1: Mesin Perakit

Realisasikan fungsi logika DAN pada papan peraga.



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.

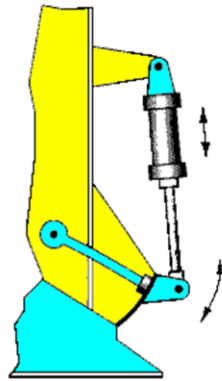
Tugas :

- a. Rangkailah dengan menggunakan silinder kerja ganda!
- b. Tulis komponen yang digunakan!



Tugas2: Kontrol Penutup

Realisasikan fungsi logika ATAU pada papan peraga.



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.

Tugas :

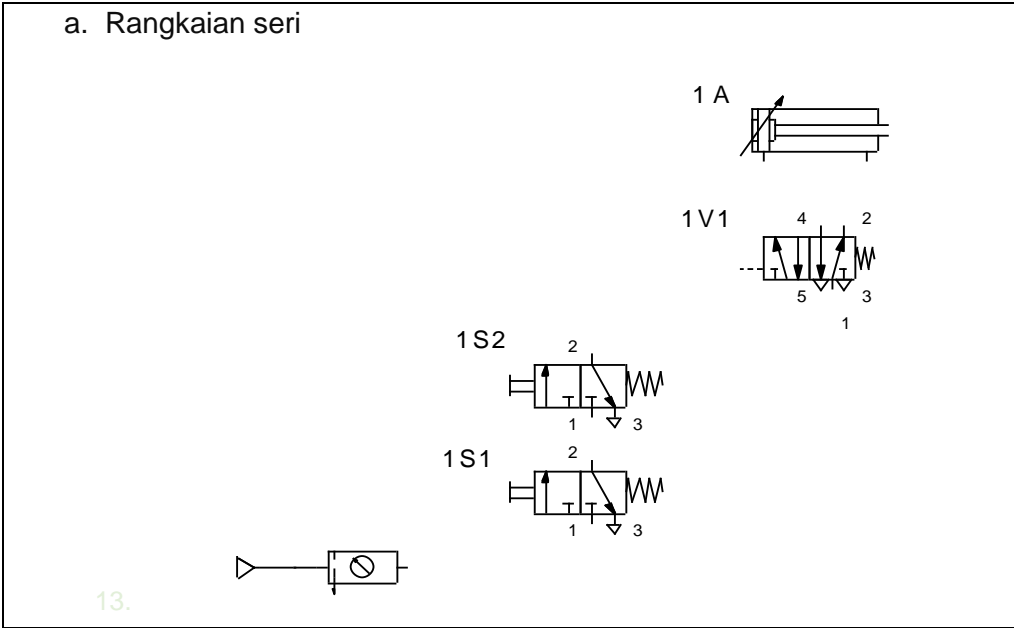
- g. Rangkailah dengan menggunakan silinder kerja ganda!
- h. Tulis komponen yang digunakan!



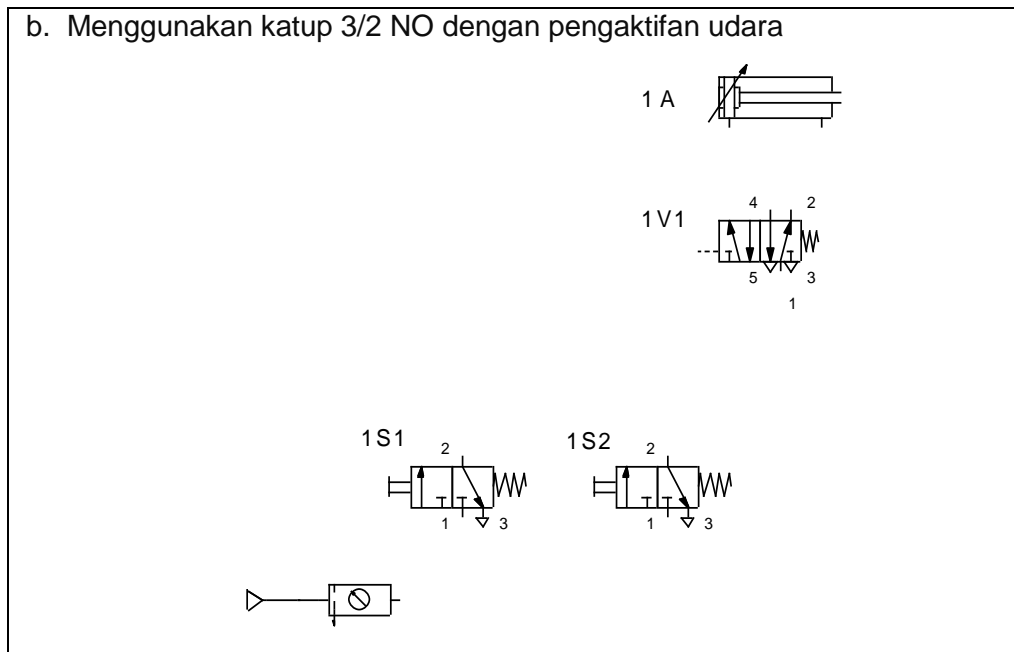
**5. Lembar Pekerjaan Peserta Didik.**

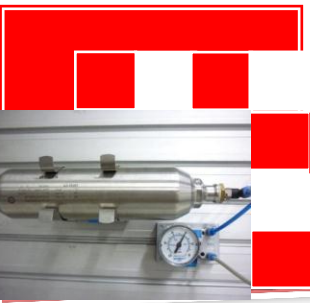
- c. Merangkai Rangkaian Fungsi DAN.
- 12. Siapkan gambar rangkaian sesuai perintah tugas dengan jalan melengkapi gambar kerja.

a. Rangkaian seri

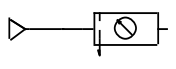
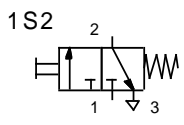
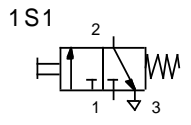
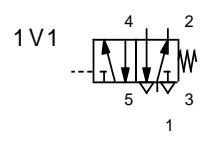
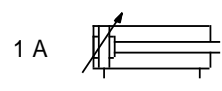


b. Menggunakan katup 3/2 NO dengan pengaktifan udara





c. Rangkaian dengan katup dua tekanan



14. Siapkan sumber pneumatik dengan menghidupkan kompresor.
15. Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH

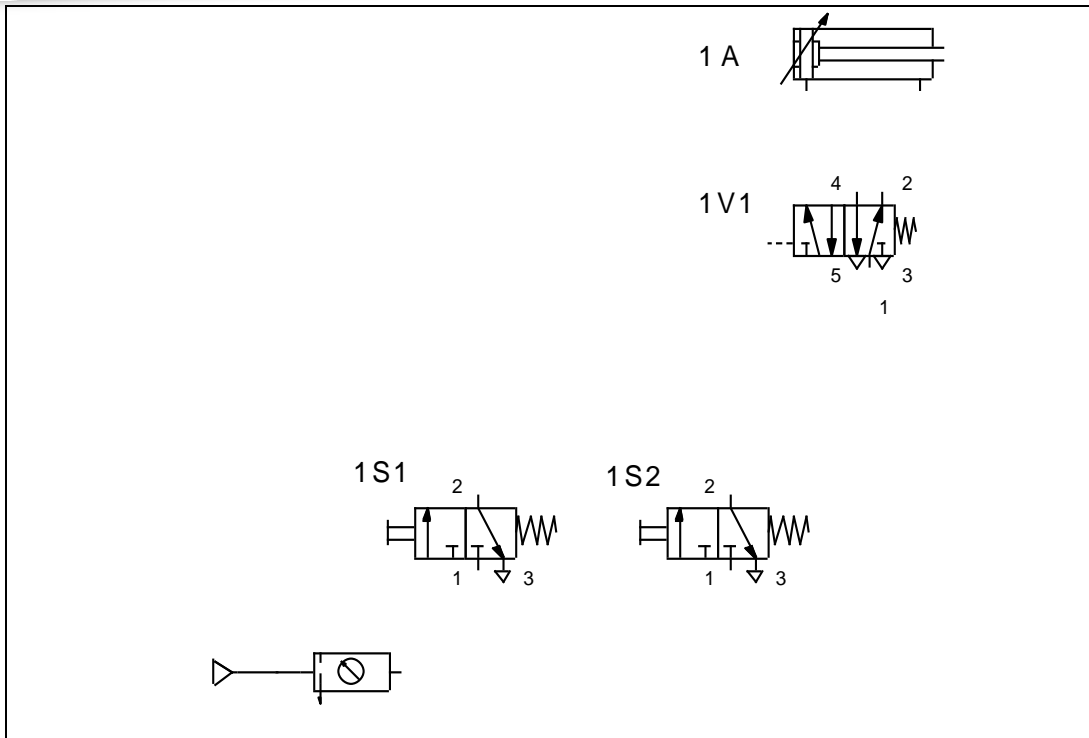
16. Pasang komponen-komponen pada papan trainer.



17. Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah 1.
18. Atur regulator tekanan dari unit pelayanan udara pada tekanan maksimum 6 bar.
19. Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.
20. Switch on katup pada unit pelayanan udara.
21. Operasikan kontrol silinder kerja tunggal sebagai berikut :

NO	OPERASI	AMATI GERAKAN SILINDER DAN CATAT
1	Tombol 1S1 dan 1S2 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan	
3	Tombol 1S2 ditekan	
4	Tombol 1S1 dan 1S2 ditekan	

22. Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.
  23. Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.
- d. Merangkai Rangkaian Fungsi ATAU.
2. Siapkan gambar rangkaian sesuai perintah tugas dengan jalan melengkapi gambar kerja.



12. Siapkan sumber pneumatik dengan menghidupkan kompresor.
13. Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

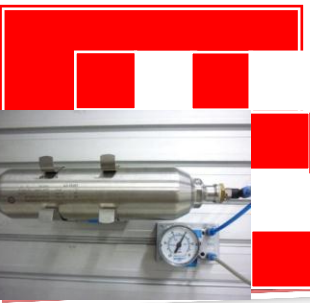
NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH



--	--	--	--

14. Pasang komponen-komponen pada papan trainer.
15. Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah 1.
16. Atur regulator tekanan dari unit pelayanan udara pada tekanan maksimum 6 bar.
17. Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.
18. Switch-on katup pada unit pelayanan udara.
19. Operasikan kontrol silinder kerja ganda sebagai berikut :

NO	OPERASI	AMATI GERAKAN SILINDER DAN CATAT
1	Tombol 1S1 dan 1S2 tidak ditekan	
2	Tombol 1S1 ditekan	
3	Tombol 1S2 ditekan	
4	Tombol 1S1 dan 1S2 ditekan	



## Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik"

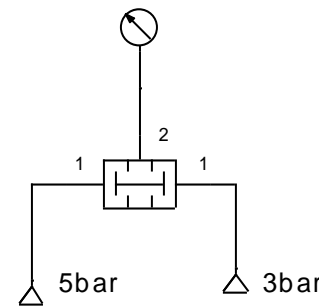
20. Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.
21. Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.



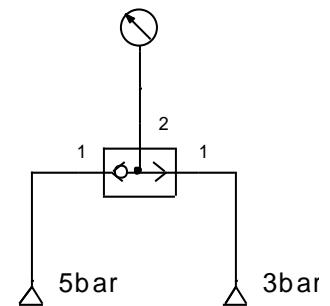


**6. TES FORMATIF**

6. Tulis tabel kebenaran untuk logika DAN dan logika ATAU.
7. Buat rangkaian kontrol yang dioperasikan dari 4 tempat (rangkaiannya ATAU) untuk menjalankan silinder kerja tunggal!
8. Buat rangkaian DAN dengan 3 masukan untuk menjalankan silinder kerja ganda!
9. Berapa tekanan manometer pada rangkaian di samping, jika tekanan pada lubang masukan 3 bar dan 5 bar?



10. Berapa tekanan manometer pada rangkaian di samping, jika tekanan pada lubang masukan 3 bar dan 5 bar?







## Kegiatan 8

### Rangkaian memori (rangkaian pengunci dominan ON & OFF)

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- Memahami konsep rangkaian memori dan rangkaian pengunci.
- Merangkai dan menjalankan silinder dengan rangkaian pengunci dominan on.
- Merangkai dan menjalankan silinder dengan rangkaian pengunci dominan off.
- Merangkai dan menjalankan silinder dengan rangkaian memori.

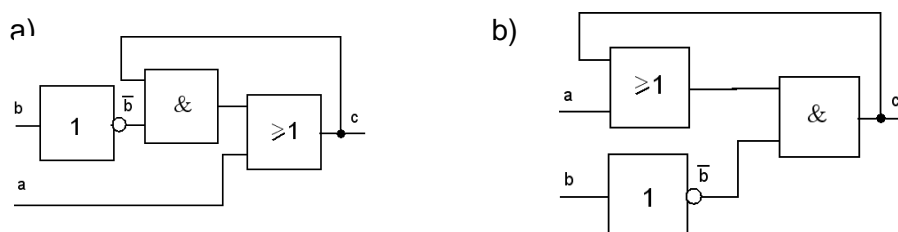
#### 2. Materi Pembelajaran :

Sinyal yang dihasilkan keluaran rangkaian logika berlangsung pendek. Jika sinyal masukan dihilangkan, maka sinyal keluaran pun hilang. Untuk mendapatkan sinyal keluaran dalam waktu lama walaupun sinyal masukan dihilangkan maka sinyal keluaran harus disimpan. Rangkaian yang mempunyai fungsi tersebut disebut rangkaian pengunci atau rangkaian memori.

#### A. Rangkaian Pengunci

Ada dua rangkaian pengunci :

1. Rangkaian pengunci dominan hidup (ON) (rangkaian logikanya seperti terlihat pada gambar 8.1a)
2. Rangkaian pengunci dominan mati (OFF) (rangkaian logikanya seperti terlihat pada gambar 8.1b)



Gambar 8.1 Rangkaian logika dengan pengunci

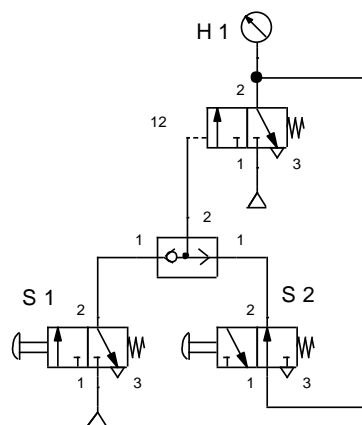
Realisasi rangkaian pengunci dominan ON dan dominan OFF dengan menggunakan komponen pneumatik sebagai berikut :



- tombol katup 3/2 normal tertutup (N/C) berfungsi sebagai tombol ON (sinyal masukan),
- tombol katup 3/2 normal terbuka (N/O) berfungsi sebagai tombol OFF(sinyal masukan),
- "Shuttle valve" berfungsi sebagai logika ATAU
- katup 3/2 normal tertutup (N/C) dengan pengaktifan pneumatik dan pengembalian pegas berfungsi sebagai katup DAN.

Rangkaian pengunci adalah rangkaian dengan memberi sinyal masukan dalam waktu pendek (pulsa) menghasilkan sinyal keluaran yang terus menerus. Mematikan sinyal keluaran dengan cara memberi sinyal lain pada rangkaian. Jadi pada rangkaian ini terdapat dua sinyal masukan yang masing-masing berfungsi sebagai ON dan OFF atau sebagai START dan STOP.

### 1. Rangkaian Pengunci Dominan ON



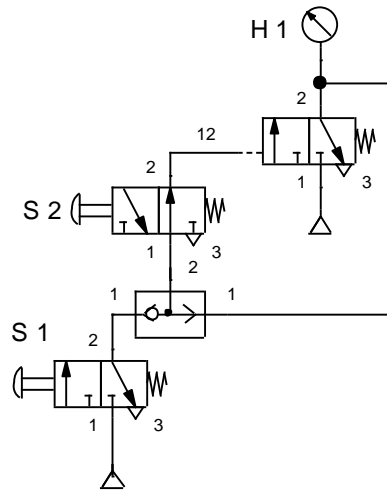
Gambar 8.2 Rangkaian pneumatik pengunci dominan "ON"

Rangkaian pengunci dominan ON adalah rangkaian pengunci apabila kedua sinyal masukan diberikan ke rangkaian dalam waktu bersamaan tetap menghasilkan sinyal keluaran.

Dari rangkaian logika gambar 8.1a dapat disusun rangkaian pneumatik pengunci dominan ON seperti pada gambar 8.2. Keluaran H1 disambung seri dengan sinyal NOT masukan (S2) yang hasilnya dihubungkan ke masukan logika "ATAU". Masukan "ATAU" lainnya berasal dari sinyal S1. Keluaran "ATAU" memproses keluaran H1.



## 2. Rangkaian Pengunci Dominan OFF



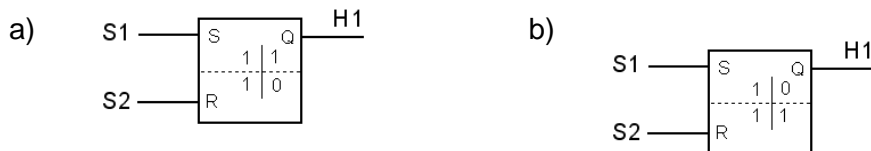
Gambar 8.3 Rangkaian pneumatik pengunci dominan "OFF"

Rangkaian pengunci dominan OFF adalah rangkaian pengunci apabila kedua sinyal masukan diberikan ke rangkaian dalam waktu bersamaan tidak mengeluarkan sinyal keluaran.

Dari rangkaian logika gambar 8.1a. juga dapat disusun rangkaian pneumatik pengunci dominan OFF seperti pada gambar 8.3. Logika ATAU mendapat masukan dari sinyal masukan S1 dan sinyal keluaran H1.

Hasil logika ATAU ini diseri dengan sinyal masukan NOT (S2). Hasil logika DAN ini memproses keluaran H1.

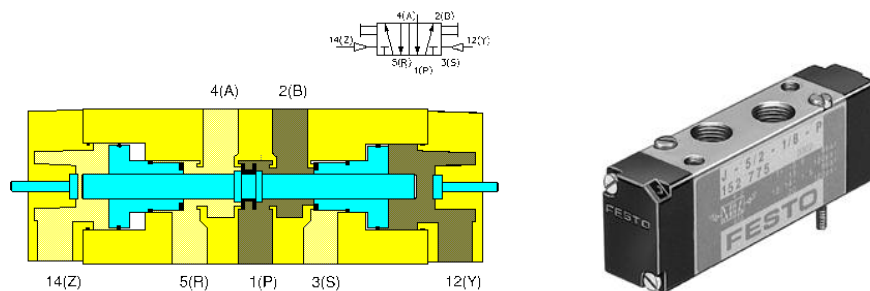
Rangkaian pengunci dominan ON dan dominan OFF juga disimbolkan dalam satu rangkaian logika yang dikenal dengan SET-RESET. Gambar 7.149 adalah simbol logika nya.



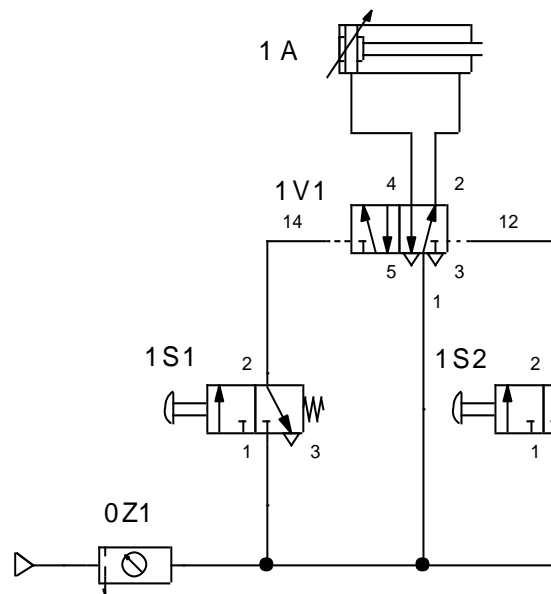
Gambar 8.4. Simbol a) dominan ON (SET) dan b) dominan OFF (RESET)

## B. Rangkaian Memori Dengan Katup Memori

Rangkaian memori dapat dilakukan dengan menggunakan katup yang daktifkan oleh pneumatik dan dikembalikan dengan pneumatik.



Gambar 8.5. Katup memori

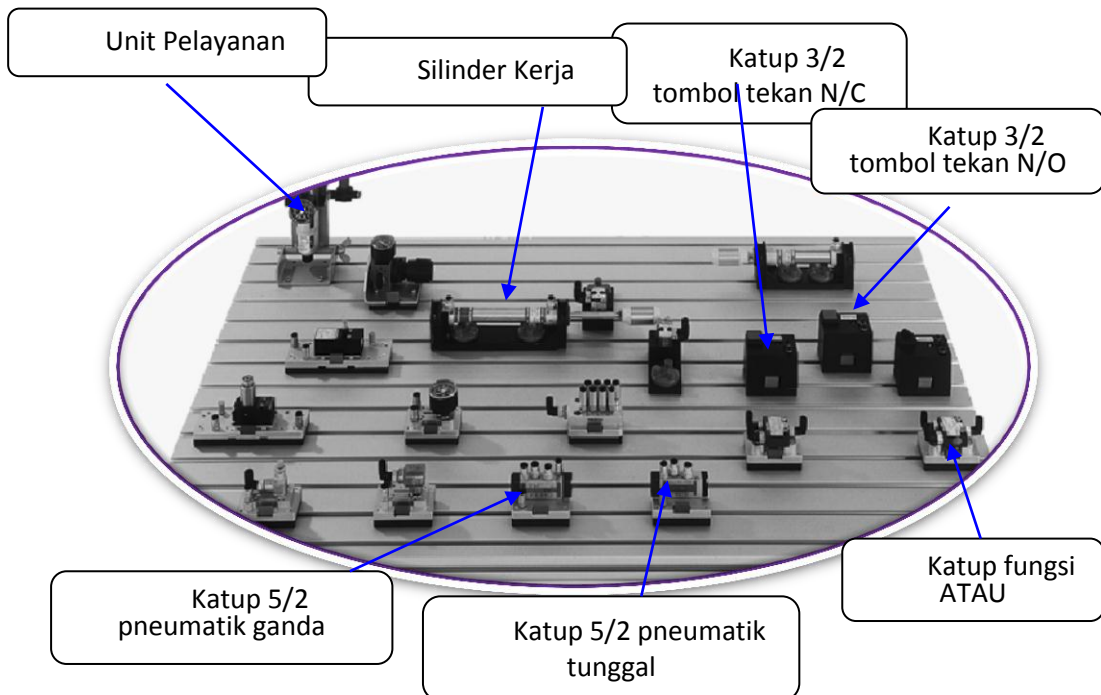


Gambar 8.5 adalah rangkaian memori untuk menjalankan silinder kerja ganda. Bila tombol 1S1 ditekan, maka katup 1V1 aktif dan silinder bergerak maju. 1S1 dilepas, silinder tetap bergerak keluar sampai mencapai posisi maksimum. Silinder kembali jika tombol lainnya 1S2 ditekan.

Gambar 8.5 Rangkaian memori dengan katup memori

### C. Rangkaian Pada Papan Peraga

Untuk merealisasikan kontrol memori diperlukan peralatan pneumatik sebagai berikut:



Gambar 8.6. Komponen pneumatik



### 3. Rangkuman

Rangkaian pengunci atau rangkaian memori berfungsi untuk menyimpan sinyal. Rangkaian pengunci dibedakan menjadi rangkaian pengunci dominan ON dan rangkaian pengunci dominan OFF. Kedua rangkaian tersebut mempunyai perbedaan ketika kedua tombol ditekan bersama-sama. Pada dominan ON jika kedua tombol ditekan keluaran menghasilkan sinyal. Pada dominan OFF jika kedua tombol ditekan keluaran tidak menghasilkan sinyal.

Rangkaian memori direalisasikan oleh katup dengan pneumatik ganda yaitu katup yang diaktifkan dengan pneumatik dan dikembalikan oleh pneumatik.

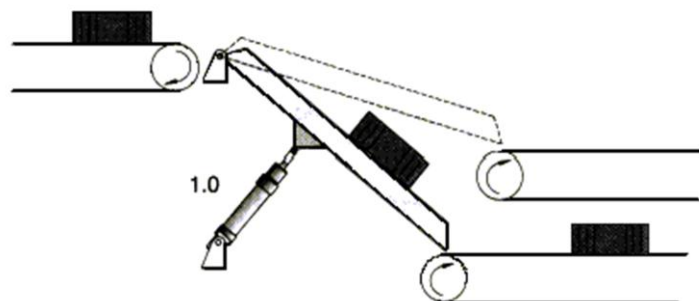
### 4. Tugas

#### Harap diperhatikan !

- Selesaikan tugas rangkaian pneumatik pada papan peraga.
- Praktek dilakukan berkelompok.
- Cek tekanan pada alat ukur maksimal 6 bar. Sambungan ke kompresor dilakukan setelah rangkaian tersambung semua.
- Pemasangan slang plastik pada fitting komponen pneumatik harus kuat dan terkunci, agar pada saat udara bertekanan mengalir ke komponen, slang plastik tidak lepas.

#### Tugas1: Pemisah Jalur Lintasan

Realisasikan rangkaian pengunci pada papan peraga.





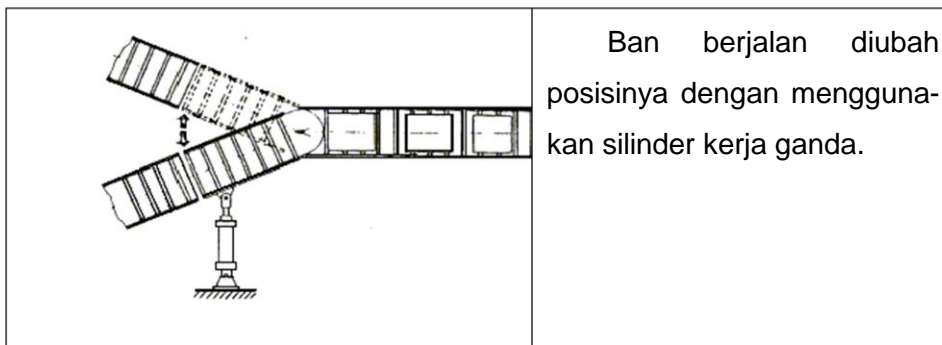
Ban berjalan diubah posisinya ke atas atau ke bawah dengan menggunakan silinder kerja ganda. Batang piston silinder kerja ganda akan keluar menghubungkan ban berjalan atas, jika tombol pertama ditekan. Tombol pertama dilepas, batang piston tetap pada posisinya. Jika tombol kedua ditekan batang piston masuk menghubungkan ban berjalan bawah. Gerakan silinder keluar dan masuk secara perlahan.

Tugas :

- c. Jika kedua tombol ditekan bersama-sama maka kondisinya adalah batang piston silinder tetap di dalam ( dominan off)
- d. Jika kedua tombol ditekan bersama-sama maka kondisinya adalah batang piston silinder ke luar (dominan on)
- e. Tulis komponen yang digunakan!

Tugas 2: Pembagian Peti – Peti

Realisasikan rangkaian pengunci pada papan peraga.



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 :**

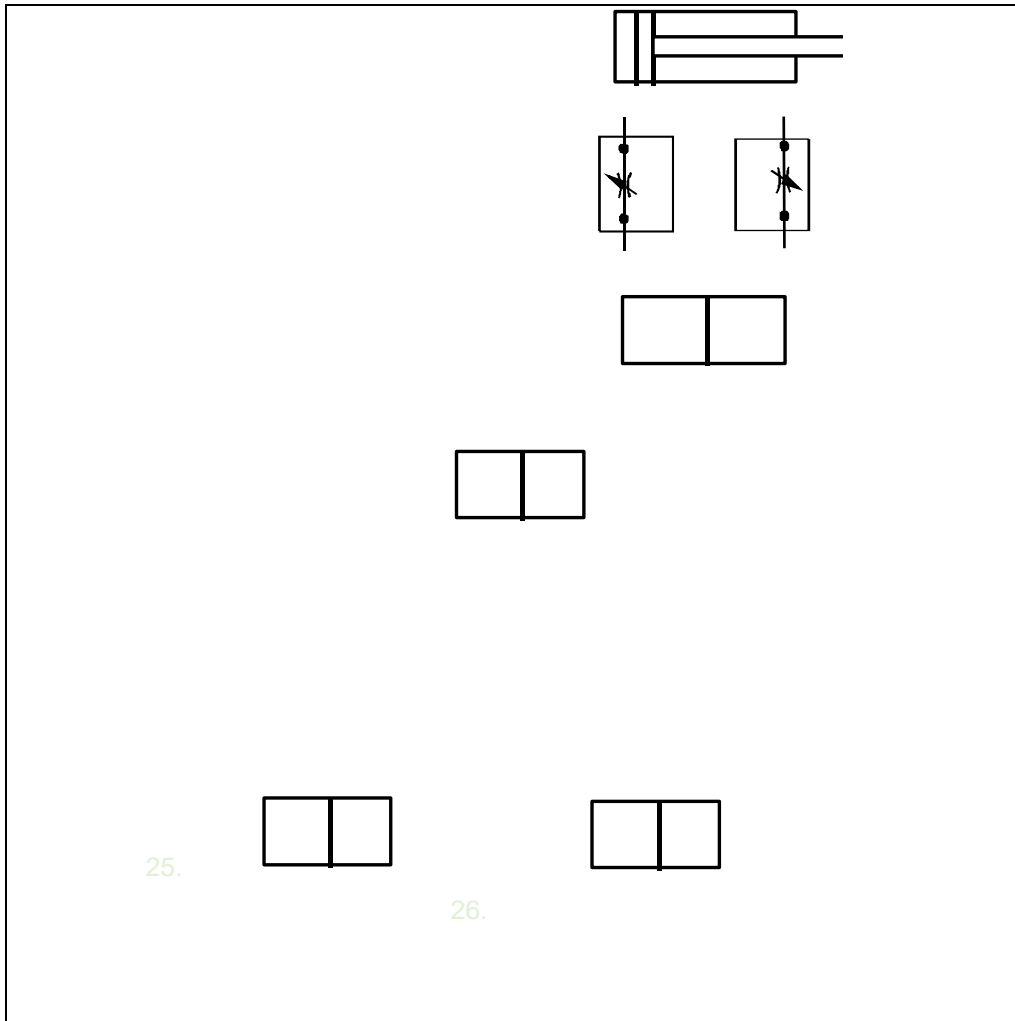
- 1. Gambarkan rangkaian kontrolnya.
- 2. Rangkailah sesuai gambar rangkaian.





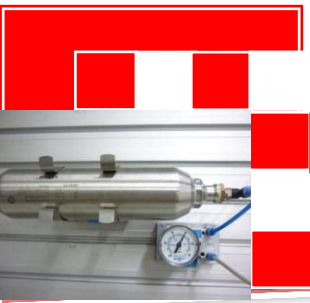
**5. Lembar Pekerjaan Peserta Didik.**

- e. Merangkai Rangkaian Pengunci Dominan ON.
- 24. Siapkan gambar rangkaian sesuai perintah tugas dengan jalan melengkapi gambar kerja.



- 27. Siapkan sumber pneumatik dengan menghidupkan kompresor.
- 28. Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH



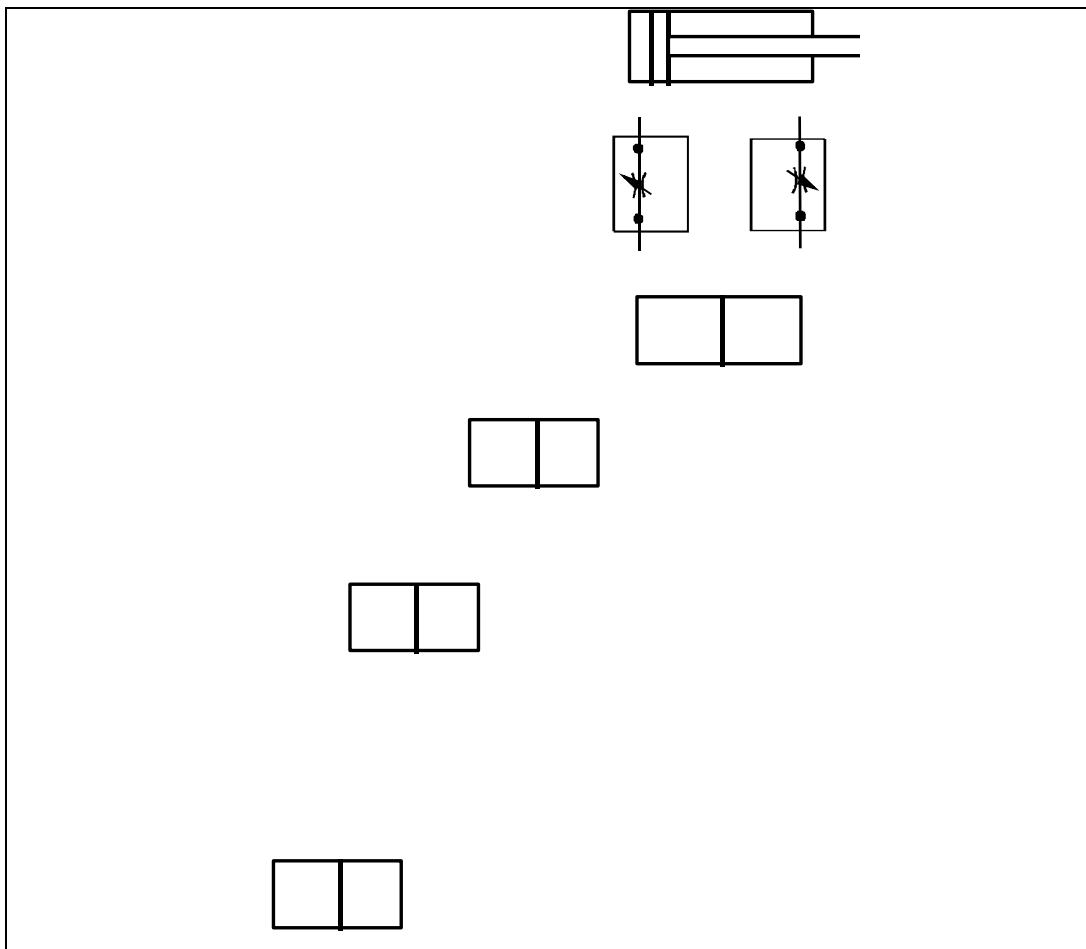
## Pneumatik & Hidrolik "Pneumatik"


29. Pasang komponen-komponen pada papan trainer.
30. Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah 1.
31. Atur regulator tekanan dari unit pelayanan udara pada tekanan maksimum 6 bar.
32. Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.
33. Switch on katup pada unit pelayanan udara.
34. Operasikan kontrol silinder kerja tunggal sebagai berikut :

NO	OPERASI	AMATI GERAKAN SILINDER DAN CATAT
1	Tombol 1S1 dan 1S2 tidak ditekan.	
2	Tombol 1S1 ditekan sesaat.	
3	Tombol 1S2 ditekan sesaat.	
4	Tombol 1S1 dan 1S2 ditekan bersama-sama.	



35. Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.
  36. Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.
- f. Merangkai Rangkaian Dominan OFF.
3. Siapkan gambar rangkaian sesuai perintah tugas dengan jalan melengkapi gambar kerja.



22. Siapkan sumber pneumatik dengan menghidupkan kompresor.



23. Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH

24. Pasang komponen-komponen pada papan trainer.  
 25. Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah 1.  
 26. Atur regulator tekanan dari unit pelayanan udara pada tekanan maksimum 6 bar.  
 27. Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.  
 28. Switch-on katup pada unit pelayanan udara.

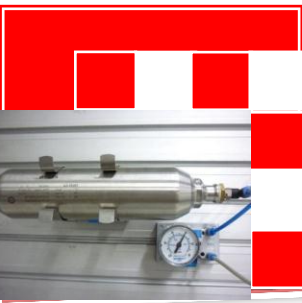


29. Operasikan kontrol silinder kerja ganda sebagai berikut :

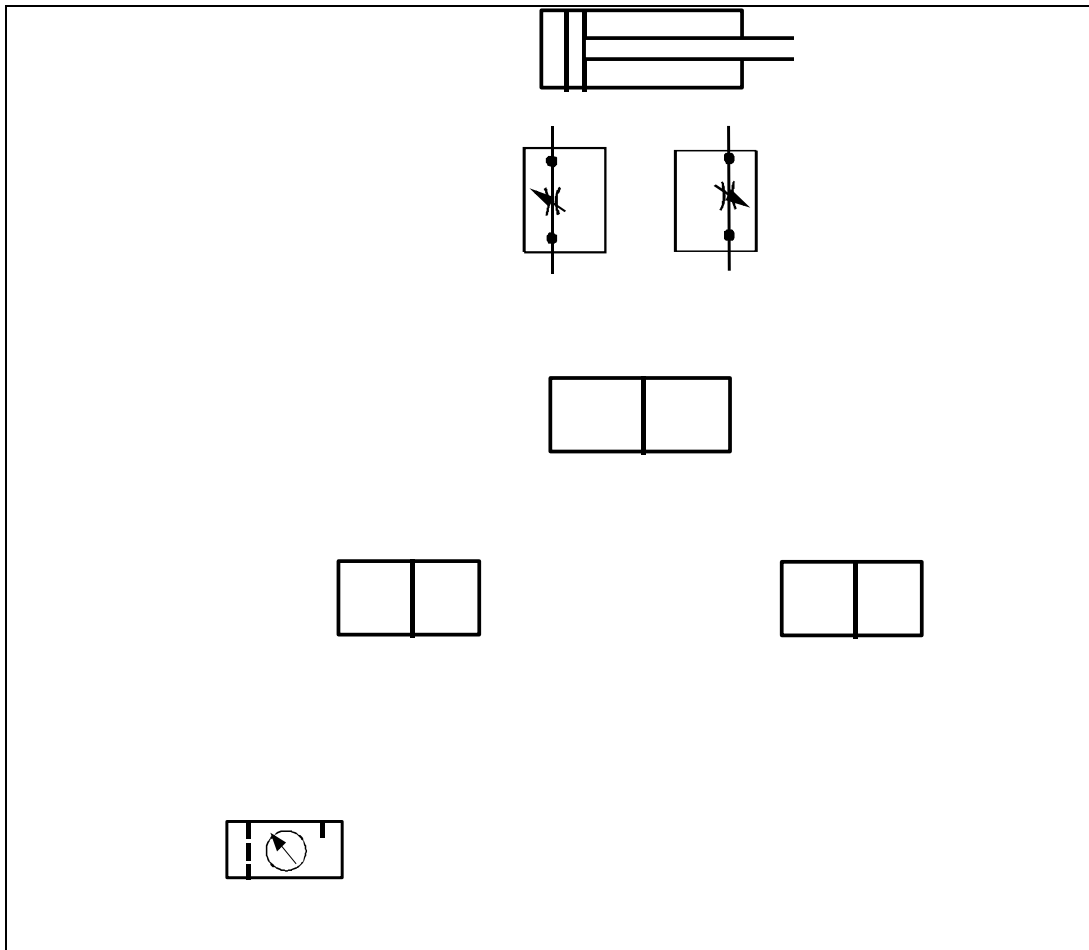
NO	OPERASI	AMATI GERAKAN SILINDER DAN CATAT
1	Tombol 1S1 dan 1S2 tidak ditekan.	
2	Tombol 1S1 ditekan sesaat.	
3	Tombol 1S2 ditekan sesaat.	
4	Tombol 1S1 dan 1S2 ditekan bersama-sama.	

30. Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.

31. Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.



- g. Merangkai Rangkaian Memori.
- 1. Siapkan gambar rangkaian sesuai perintah tugas dengan jalan melengkapi gambar kerja.



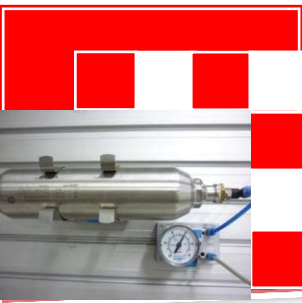
- 2. Siapkan sumber pneumatik dengan menghidupkan kompresor.



- Siapkan komponen yang akan digunakan dengan daftar komponen sebagai berikut.

NO	DAFTAR KOMPONEN	TANDA	JUMLAH

- Pasang komponen-komponen pada papan trainer.
- Sambung slang 4 mm pada lubang-lubang komponen pneumatik sesuai gambar rangkaian langkah 1.
- Atur regulator tekanan dari unit pelayanan udara pada tekanan maksimum 6 bar.
- Cek kembali sambungan pada slang apakah telah tersambung dengan benar.
- Switch-on katup pada unit pelayanan udara.



9. Operasikan kontrol silinder kerja ganda sebagai berikut :

NO	OPERASI	AMATI GERAKAN SILINDER DAN CATAT
1	Tombol 1S1 dan 1S2 tidak ditekan.	
2	Tombol 1S1 ditekan sesaat.	
3	Tombol 1S2 ditekan sesaat.	
4	Tombol 1S1 dan 1S2 ditekan bersama-sama.	

10. Switch-off katup unit pelayanan udara dan lepas slang-slang dari lubang komponen pneumatik.

11. Kembalikan komponen dan slang pada tempat komponen.

**6. TES FORMATIF**

11. Apa bedanya antara rangkaian pengunci dominan ON dan rangkaian pengunci dengan katup memori?

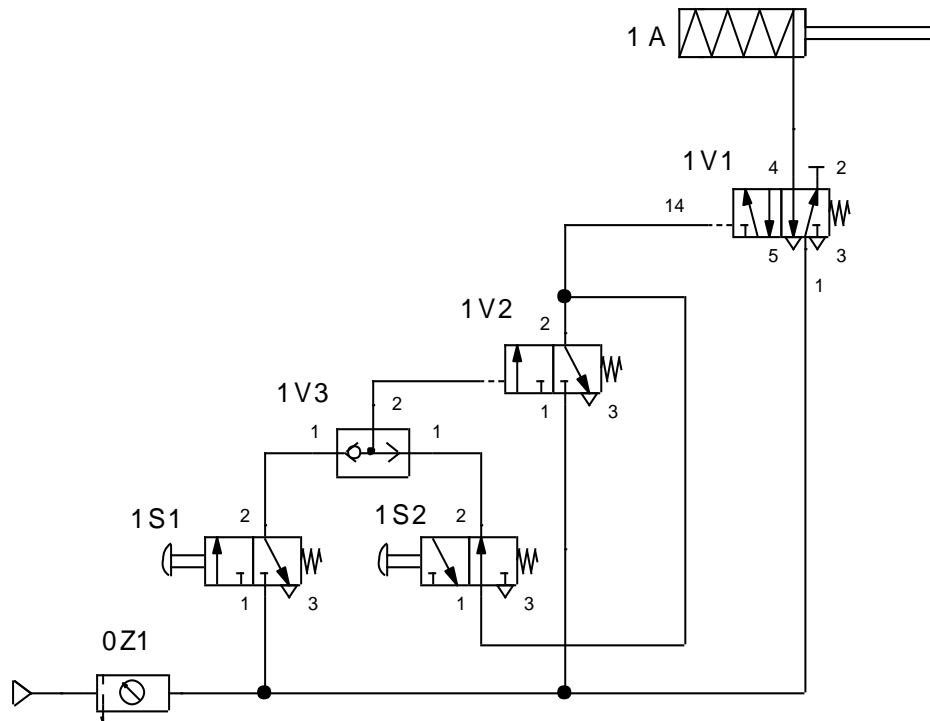
12. Apa bedanya antara rangkaian pengunci dominan ON dan dominan OFF?

13. Sebutkan komponen-komponen pneumatik yang dipergunakan untuk merangkai rangkaian pengunci!





14. Jelaskan cara kerja rangkaian gambar berikut !







## DAFTAR PUSTAKA

- Andrew A. Parr, *Hydraulics and Pneumatics*, Elsevier Science & Technology Books, 1999.
- Sularso, Haruo Tahara, *Pompa dan Kompresor*, Jakarta, PT Pradnya Paramita, 1991
- Thomas Krist, Dines Ginting, *Dasar-Dasar Pneumatik*, Jakarta , Penerbit Erlangga, 1993.
- P. Croser, *Pneumatics, Basic Level Textbook*, Esslingen ,Festo Didactic, 1989.
- P. Croser, F. Ebel , *Pneumatics Basic Level*, Festo-Didactic Esslingen, 2002.
- H. Meixner/R.Kobler, *Maintenance of Pneumatic Equipment And System*, Esslingen, Festo Didactic, 1988.
- Werner Deppert, Kurt Stoll, *Pneumatic Control*, Wurzburg, Vogel-Verlag, 1987.
- Werner Deppert, Kurt Stoll, *Cutting Cost with Pneumatics*, Vogel-Verlag, 1988.
- Frank Ebel, *Fundamentals of Pneumatics - Collection of Transparencies*, Festo Didactic GmbH & Co, Denkendorf, 2000.
- D. Waller, H. Werner, *Pneumatics, Workbook Basic Level*, Denkendorf, 2002.
- Fluid SIM Pneumatik Versi 3.6.
- Miftahu Soleh, Sudaryono, Agung S, *Sistem Pneumatik dan Hidrolik*, BSE, 2009.