



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Otomasi Industri

Pedagogik : Menyusun Rancangan Pembelajaran
Profesional : Sistem Kontrol Pneumatik

KELOMPOK
KOMPETENSI





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Otomasi Industri

Penyusun :

**Hastuti, ST., MT
UNP Padang**

—
—

Reviewer :

**Mukhlidi Muskhir, S.Pd., M.Kom
UNP Padang**

—

085274998998

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
PUSAT PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN
PENDIDIK DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
BIDANG BANGUNAN DAN LISTRIK
MEDAN
2016**



KATA PENGANTAR

Profesi guru dan tenaga kependidikan harus dihargai dan dikembangkan sebagai profesi yang bermartabat sebagaimana diamanatkan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Hal ini dikarenakan guru dan tenaga kependidikan merupakan tenaga profesional yang mempunyai fungsi, peran, dan kedudukan yang sangat penting dalam mencapai visi pendidikan 2025 yaitu “Menciptakan Insan Indonesia Cerdas dan Kompetitif”. Untuk itu guru dan tenaga kependidikan yang profesional wajib melakukan pengembangan keprofesian berkelanjutan.

Modul Diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Bagi Guru Teknik Pembangkit Tenaga Listrik merupakan petunjuk bagi guru di dalam mengikuti Pendidikan dan Pelatihan pasca Uji Kompetensi Guru (UKG). Modul ini disajikan untuk memberikan informasi tentang kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru dan tenaga kependidikan.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi secara maksimal dalam mewujudkan modul ini, mudah-mudahan modul ini dapat menjadi acuan dan sumber informasi bagi semua pihak yang terlibat dalam diklat PKB.

Jakarta, Maret 2016
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	3
D. Ruang Lingkup	4
E. Saran Cara Penggunaan Modul	4
Kegiatan Pembelajaran	6
KB-1: Menyusun Rancangan Pembelajaran	6
A. Tujuan	6
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	6
C. Uraian Materi	7
Bahan Bacaan:	9
Pengembangan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	9
D. Aktivitas Pembelajaran	22
Aktivitas 1: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran	22
Aktivitas 2: Pelajari dan Diskusikan Bahan Bacaan KB-1	23
E. Latihan dan Tugas	23
F. Rangkuman	27
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	28
LEMBAR KERJA.....	29
LK-11	29
LK-12	30
Kegiatan Pembelajaran	31
KB-2: Pengenalan Pneumatik	31
A. Tujuan	31
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	31

C. Uraian Materi	31
Bahan Bacaan 1: Otomasi dengan Pneumatik.....	31
Bahan Bacaan 2:	35
Dinamika dan Karakteristik Udara Bertekanan	35
Bahan Bacaan 3:	41
Penyiapan dan Distribusi Udara Kempa.....	41
D. Aktivitas Pembelajaran	51
Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran.....	51
Aktivitas 1: Pelajari dan Diskusikan Bahan Bacaan 1 KB-2	51
Aktivitas 2: Pelajari Bahan Bacaan 2 KB-2	52
Aktivitas 3: Pelajari Bahan Bacaan 3 KB-2	52
E. Latihan	52
F. Rangkuman	53
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	54
LEMBAR KERJA.....	55
LK - 20	55
LK-21	56
LK-22	56
LK-23	56
Kegiatan Pembelajaran	58
KB-3: Silinder Pneumatik	58
A. Tujuan	58
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	58
C. Uraian Materi	58
Bahan Bacaan 1:	58
Pengenalan Bagian Sistem Pneumatik.....	58
Bahan Bacaan 2: Kebutuhan Udara Silinder Pneumatik	70
D. Aktifitas Pembelajaran.....	73
Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran	73
Aktivitas 1: Pelajari dan Diskusikan Bahan Bacaan 1 KB-3	73
Aktivitas 2: Pelajari Bahan Bacaan 2 KB-3	73
E. Latihan	74
F. Rangkuman	75

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	76
LEMBAR KERJA.....	77
LK - 30	77
LK-31	77
LK-32	79
Kegiatan Pembelajaran	80
KB-4: Katup Pneumatik	80
A. Tujuan	80
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	80
C. Uraian Materi	81
Bahan Bacaan: Katup Pneumatik	81
D. Aktifitas Pembelajaran.....	114
Aktivitas 1: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran	114
Aktivitas 2: Pelajari dan Diskusikan Bahan Bacaan KB-4	115
E. Latihan	115
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	116
LEMBAR KERJA.....	118
LK - 41	118
LK-42	118
Kunci Jawaban KB-1.....	119
Kunci Jawaban KB-2.....	119
Kunci Jawaban KB-3.....	123
Kunci Jawaban KB-4.....	124
EVALUASI	138
PENUTUP	144
DAFTAR PUSTAKA	145
GLOSARIUM	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alur Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	12
Gambar 2. Contoh Format RPP	20
Gambar 5. Aplikasi Kontrol Pneumatik.....	34
Gambar 6. Karakteristik Pemampatan gas.....	37
Gambar 7. Hubungan antara Volume dan Tekanan pada Suhu Tetap.....	38
Gambar 8. Udara Dimampatkan pada Suhu Tetap	39
Gambar 9. Kurva V-T.....	39
Gambar 10. Distribusi Sistem Pengolahan Udara Bertekanan	44
Gambar 11. Filter Udara	44
Gambar 12. Tangki Udara	45
Gambar 13. Pengering Udara.....	45
Gambar 14. Compresed Air Filter	47
Gambar 16. Air Regulator	48
Gambar 15. <i>Pressure Regulator, Relieving</i>	48
Gambar 17. Tabung Pelumas	49
Gambar 18. Tabung Pelumas	49
Gambar 19. Unit Pengolahan Udara Bertekanan	50
Gambar 20. Tipikal Sistem Kendali Pneumatik	59
Gambar 21. Konstruksi Silinder Kerja Tunggal	61
Gambar 22. Konstruksi Silinder Kerja Ganda.....	63
Gambar 23. Cara Pemasangan Silinder	66
Gambar 24. Silinder Kerja Ganda dengan Bantalan Udara.....	68
Gambar 25. Katup 3/2 NC, Bola Duduk	86
Gambar 26. Katup 3/2 N/C, dalam keadaan tidak aktif.....	87
Gambar 27. Katup 3/2 N/C, dalam keadaan aktif.....	88
Gambar 28. Katup 3/2 N/O, dalam keadaan tidak aktif	89
Gambar 29. Katup 3/2 N/O, dalam keadaan aktif.....	89
Gambar 30. Katup 3/2 Geser Dengan Tangan.....	90
Gambar 31. Konstruksi Katup 3/2 (Pilot Tunggal Dengan Posisi Normal Tertutup)	92
Gambar 32. Katup 3/2 Pilot Tunggal N/O, dalam keadaan tidak aktif.....	93
Gambar 33. Katup 3/2 , NC pengaktifan dengan tuas rol	94
Gambar 34. Katup 3/2 , NO, pengaktifan dengan rol	94
Gambar 35. Katup 4/2 dudukan piringan, dalam keadaan tidak aktif.....	95
Gambar 36. Katup 4/2 dudukan piringan , dalam keadaan aktif	96
Gambar 37. Katup 4/3 , plat geser dengan posisi tengah tertutup.....	96
Gambar 38. Katup 5/2 , Prinsip Geser Mendatar	98
Gambar 39. Katup 5/2, Dudukan Piringan	99
Gambar 40. Katup Cek	101

Gambar 41. Katup Dua Tekanan/Katup Fungsi “ DAN “ (<i>Two Pressure Valves</i>)	102
Gambar 42. Rangkaian Katup Fungsi “DAN”	102
Gambar 43. Katup Ganti/Katup Fungsi “ATAU” (<i>Shuttle Valve</i>)	103
Gambar 44. Rangkaian katup fungsi “ATAU”	104
Gambar 45. Katup buangan cepat, udara mengalir ke silinder	104
Gambar 46. Katup buangan-cepat, udara pembuangan dari silinder	105
Gambar 47. Rangkaian dengan katup buangan-cepat	106
Gambar 48. Katup Cekik.....	107
Gambar 49. Katup Kontrol Aliran, Satu Arah.....	107
Gambar 50. Pencekikan Udara: (a) Masukan dan, (b) Keluaran	109
Gambar 51. Katup Pembatas Tekanan.....	110
Gambar 52. Katup Pengatur Tekanan	110
Gambar 53. Katup Sakelar Tekanan.....	111
Gambar 54. Katup Tunda Waktu NC	112
Gambar 55. Katup Tunda Waktu NO	113
Gambar 56. Rangkaian Dengan Katup Tunda Waktu	114

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Satuan Dasar SI.....	36
Tabel 2. Satuan Turunan SI pada yang Digunakan pada Sistem Pneumatik	36
Tabel 3. Kebutuhan udara silinder pneumatik persentimeter langkah dengan fungsi tekanan kerja dan diameter piston.....	71
Tabel 4. Kecepatan Rata-Rata Piston (Beban dalam %)......	72

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidik adalah tenaga kependidikan yang berkualifikasi sebagai guru, dosen, konselor, pamong belajar, widyaiswara, tutor, instruktur, fasilitator, dan sebutan lain yang sesuai dengan kekhususannya, serta berpartisipasi dalam menyelenggarakan pendidikan. Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan agar dapat melaksanakan tugas profesionalnya. Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) adalah pengembangan kompetensi Guru dan Tenaga Kependidikan yang dilaksanakan sesuai kebutuhan, bertahap, dan berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya.

Pengembangan keprofesian berkelanjutan sebagai salah satu strategi pembinaan guru dan tenaga kependidikan diharapkan dapat menjamin guru dan tenaga kependidikan mampu secara terus menerus memelihara, meningkatkan, dan mengembangkan kompetensi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pelaksanaan kegiatan PKB akan mengurangi kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki guru dan tenaga kependidikan dengan tuntutan profesional yang dipersyaratkan.

Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan PKB baik secara mandiri maupun kelompok. Khusus untuk PKB dalam bentuk diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru. Penyelenggaraan diklat PKB dilaksanakan oleh PPPPTK dan LPPPTK KPTK atau penyedia layanan diklat lainnya. Pelaksanaan diklat tersebut memerlukan modul sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat berisi materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

Modul diklat PKB Teknik Otomasi Industri Grade 4 ini terdiri atas 4 (empat) kegiatan pembelajaran. Kegiatan pembelajaran 1 meliputi materi mengenai kemampuan pedagogik guru dalam menyusun rancangan pembelajaran yang lengkap, baik untuk kegiatan di dalam kelas, laboratorium, maupun di lapangan. Dengan mempelajari modul ini diharapkan guru dapat menyelenggarakan pembelajaran yang mendidik.

Pada kegiatan pembelajaran 2, 3, dan 4 dibahas mengenai pelajaran yang diampu oleh guru. Kegiatan pembelajaran 2 menguraikan tentang prinsip dasar sistem pneumatik, serta mengenal peralatan-peralatan pneumatik sehingga dapat melakukan perawatan. Pembahasan berikutnya mengenai operasional sistem pneumatik, dan mengidentifikasi komponen sistem pneumatik pada kegiatan pembelajaran 3. Uraian terakhir dalam kegiatan pembelajaran 4 mengenai fungsi dan diagram alir rangkaian kontrol pneumatik, serta cara mengoperasikan sistem kontrol pneumatik. Dengan mempelajari modul ini diharapkan guru dapat memahami prinsip-prinsip dasar sistem pneumatik, dan peralatan-peralatan pneumatik seperti: elemen masukan (sensor), elemen pengolah (prosesor), dan elemen penggerak (aktuator).

B. Tujuan

Tujuan disusunnya modul diklat PKB ini adalah untuk meningkatkan kompetensi pedagogik dan profesional guru teknik otomasi industri. Setelah mempelajari Modul PKB UKG Teknik Otomasi Industri diharapkan guru/peserta diklat memiliki kemampuan dalam memahami prinsip dasar sistem pneumatik, mengenal peralatan-peralatan pneumatik sehingga dapat melakukan perawatan, menjelaskan operasional sistem pneumatik, mengidentifikasi komponen sistem pneumatik, menganalisis fungsi dan diagram alir rangkaian kontrol pneumatik, dan mengoperasikan sistem kontrol pneumatik.

C. Peta Kompetensi

C.1. Pedagogik

1. Menyusun rancangan pembelajaran yang lengkap, baik untuk kegiatan di dalam kelas, laboratorium, maupun lapangan.
 - 1.1 Rancangan pembelajaran yang lengkap untuk kegiatan di dalam kelas, laboratorium maupun di lapangan.
 - 1.2 Rancangan pembelajaran yang lengkap disusun untuk kegiatan di dalam kelas, laboratorium, maupun di lapangan sesuai dengan komponen-komponen RPP.
2. Melaksanakan pembelajaran yang mendidik di kelas, di laboratorium dan di lapangan dengan memperhatikan standar keamanan yang dipersyaratkan.
 - 2.1 Pembelajaran yang mendidik di kelas, di laboratorium dan di lapangan (memperhatikan standar keamanan yang dipersyaratkan) disimulasikan sesuai dengan rancangan pembelajaran.
 - 2.2 Pelaksanaan pembelajaran yang mendidik di kelas, di laboratorium dan di lapangan (memperhatikan standar keamanan yang dipersyaratkan) dilaksanakan sesuai dengan rancangan pembelajaran.

C.2 PROFESIONAL

1. Mengevaluasi prosedur penggunaan sensor (sensor suhu, level) komponen elektronik pada pengaturan motor listrik.
 - 1.1 Menemukan prosedur penggunaan komponen elektronik pada pengaturan motor listrik
2. Membangun kontrol elektronik pada pengaturan motor listrik.
 - 2.1 Merancang kontrol elektronik berdasarkan permintaan kebutuhan.
3. Membangun rangkaian pneumatik dengan kontrol pneumatik.
 - 3.1 Merancang kontrol pneumatik berdasarkan permintaan kebutuhan.
 - 3.2 Membangun kontrol pneumatik berdasarkan gambar rancangan.
4. Mengevaluasi prosedur penggunaan komponen elektropneumatik pada rangkaian pneumatik dengan kontrol rele.

- 4.1 Menemukan prosedur penggunaan komponen elektropneumatik pada rangkaian pneumatik dengan kontrol rele
- 5. Membangun rangkaian pneumatik dengan kontrol rele.
 - 5.1 Merancang rangkaian pneumatik dengan kontrol rele berdasarkan permintaan kebutuhan

D. Ruang Lingkup

Modul ini terbagi atas 4 (empat) kegiatan pembelajaran. Kegiatan pembelajaran 1 meliputi materi mengenai kemampuan pedagogik guru dalam menyusun rancangan pembelajaran yang lengkap, baik untuk kegiatan di dalam kelas, laboratorium, maupun di lapangan. Dengan mempelajari modul ini diharapkan guru dapat menyelenggarakan pembelajaran yang mendidik.

Pada kegiatan pembelajaran menguraikan tentang prinsip dasar sistem pneumatik, serta mengenal peralatan-peralatan pneumatik sehingga dapat melakukan perawatan. Kegiatan pembelajaran 3 mengenai operasional sistem pneumatik, dan mengidentifikasi komponen sistem pneumatik. Kegiatan pembelajaran 4 memaparkan tentang fungsi dan diagram alir rangkaian kontrol pneumatik, serta cara mengoperasikan sistem kontrol pneumatik. Dengan mempelajari modul ini diharapkan guru dapat memahami prinsip-prinsip dasar sistem pneumatik, dan peralatan-peralatan pneumatik seperti: elemen masukan (sensor), elemen pengolah (prosesor), dan elemen penggerak (aktuator).

E. Saran Cara Penggunaan Modul

1. Petunjuk Bagi Peserta Diklat :

- a. Bacalah bahan ajar secara seksama pada setiap kegiatan belajar, bila ada uraian yang kurang jelas silakan bertanya pada instruktur.
- b. Kerjakan setiap latihan/tugas pada setiap kegiatan belajar, untuk mengetahui seberapa besar pemahaman saudara terhadap materi yang

disampaikan, klarifikasi hasil jawaban saudara pada kunci jawaban yang ada.

- c. Lakukan latihan dengan cermat, teliti dan hati-hati. Jangan melakukan pekerjaan yang belum anda pahami dengan benar.

2. Petunjuk Bagi Guru/Istruktur

Instruktur bertindak sebagai fasilitator, motivator, organisator dan evaluator.

Jadi instruktur berperan :

- a. Fasilitator yaitu menyediakan fasilitas berupa informasi, bahan, alat, training objek dan media yang cukup bagi siswa sehingga kompetensi tercapai.
- b. Motivator yaitu memotivasi peserta diklat untuk belajar dengan giat, dan mencapai kompetensi dengan sempurna.
- c. Organisator yaitu bersama peserta diklat menyusun kegiatan belajar dalam mempelajari bahan ajar, berlatih keterampilan, memanfaatkan fasilitas dan sumber lain untuk mendukung terpenuhinya kompetensi.
- d. Evaluator yaitu mengevaluasi kegiatan dan perkembangan kompetensi yang dicapai peserta diklat, sehingga dapat menentukan kegiatan selanjutnya.

Kegiatan Pembelajaran

KB-1: Menyusun Rancangan Pembelajaran

A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini peserta diklat diharapkan mampu:

1. Menyusun dan melaksanakan rancangan pembelajaran yang mendidik secara lengkap.
2. Melaksanakan pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik.
3. Menyusun dan menggunakan berbagai materi pembelajaran dan sumber belajar sesuai dengan karakteristik peserta didik.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mempelajari materi kegiatan pembelajaran 3 diharapkan peserta diklat memiliki kompetensi sebagai berikut:

1. Menyusun rancangan pembelajaran yang lengkap, baik untuk kegiatan di dalam kelas, laboratorium, maupun lapangan.
2. Melaksanakan aktivitas pembelajaran sesuai dengan rancangan yang telah disusun secara lengkap tersebut.
3. Melaksanakan pembelajaran yang mendidik di kelas, di laboratorium dan di lapangan dengan memperhatikan standar keamanan yang dipersyaratkan.
4. Mengkomunikasikan informasi baru (misalnya materi tambahan) sesuai dengan usia dan tingkat kemampuan belajar peserta didik.
5. Menyesuaikan aktivitas pembelajaran yang dirancang dengan kondisi kelas.
6. Memberikan banyak kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya, mempraktekkan dan berinteraksi dengan peserta didik lainnya.
7. Melakukan aktivitas pembelajaran secara bervariasi dengan waktu yang cukup untuk kegiatan pembelajaran yang sesuai dengan usia dan tingkat kemampuan belajar dan mempertahankan perhatian peserta didik.
8. Mengelola kelas dengan efektif tanpa medominasi atau sibuk dengan kegiatannya sendiri agar semua waktu peserta didik dapat termanfaatkan secara produktif.

C. Uraian Materi

Rencana pembelajaran adalah penggalan-penggalan kegiatan yang perlu dilakukan oleh guru untuk setiap pertemuan. Di dalamnya harus terlihat tindakan apa yang perlu dilakukan oleh guru untuk mencapai ketuntasan kompetensi serta tindakan selanjutnya setelah pertemuan selesai. Dengan kata lain rencana pembelajaran yang dibuat guru harus berdasarkan pada kompetensi dan kompetensi dasar. Standar kompetensi adalah kemampuan minimal yang harus dapat dilakukan atau ditampilkan siswa, yang meliputi: pengetahuan, keterampilan, dan sikap siswa setelah mengikuti mata pelajaran tertentu.

Perencanaan pembelajaran merupakan persiapan mengajar yang berisi hal-hal yang perlu atau harus dilakukan oleh guru dan siswa dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran yang antara lain meliputi unsur-unsur: pemilihan materi, metode, media, dan alat evaluasi. Unsur-unsur tersebut harus mengacu pada silabus yang ada dengan memperhatikan hal-hal:

1. Berdasarkan kompetensi dan kemampuan dasar yang harus dikuasai siswa, serta materi dan sub materi pembelajaran, pengalaman belajar, yang telah dikembangkan didalam silabus.
2. Digunakan berbagai pendekatan yang sesuai dengan materi yang memberikan kecakapan hidup sesuai dengan permasalahan dan lingkungan sehari-hari (pendekatan kontekstual)
3. Digunakan metode dan media yang sesuai, yang mendekatkan siswa dengan pengalaman langsung.
4. Penilaian dengan sistem pengujian menyeluruh dan berkelanjutan didasarkan pada sistem-sistem pengujian yang dikembangkan selaras dengan pengembangan silabus.

Keberhasilan dari suatu kegiatan sangat ditentukan oleh perencanaannya. Apabila perencanaan suatu kegiatan dirancang dengan baik, maka kegiatan akan lebih mudah dilaksanakan, terarah serta terkendali. Demikian pula halnya dalam proses belajar mengajar, agar pelaksanaan pembelajaran terlaksana dengan baik maka diperlukan perencanaan pembelajaran yang baik. Perencanaan pembelajaran berperan sebagai acuan bagi guru untuk

melaksanakan kegiatan pembelajaran agar lebih terarah dan berjalan efektif dan efisien. Dengan perkataan lain perencanaan pembelajaran berperan sebagai skenario proses pembelajaran. Oleh karena itu perencanaan pembelajaran hendaknya bersifat luwes (fleksibel) dan memberi kemungkinan bagi guru untuk menyesuaikannya dengan respon siswa dalam proses pembelajaran sesungguhnya.

Perencanaan yang dilakukan secara sistematis atau dilandasi dengan pendekatan sistem akan memberikan dua keuntungan besar seperti berikut:

1. Sebagai suatu alat untuk menganalisis, mengidentifikasi dan memecahkan masalah sesuai dengan yang diinginkan
2. Memiliki daya ramal dan kontrol yang baik karena didukung dengan langkah-langkah:
 - a. perumusan kebutuhan secara spesifik dan nyata.
 - b. penggunaan logika, proses setapak demi setapak untuk menuju perubahan yang diharapkan.
 - c. perhatian dan penentuan salah satu di antara berbagai pendekatan yang lebih sesuai dengan situasi dan kondisi.
 - d. penetapan mekanisme feedback yang memberi informasi tentang kemajuan, hambatan serta perubahan yang diperlukan.
 - e. penggunaan istilah dan langkah yang jelas, mudah dikomunikasikan dan dipahami oranglain.

Rencana pembelajaran dan silabus memiliki pengertian yang berbeda. Silabus memuat hal-hal yang perlu dilakukan oleh siswa untuk menuntaskan suatu kompetensi secara utuh, artinya didalam suatu silabus adakalanya beberapa kompetensi yang sejalan akan disatukan sehingga perkiraan waktunya belum tahu pasti berapa pertemuan. Selain hal tersebut, silabus juga mengisyaratkan materi apa yang secara minimal perlu dikuasai oleh siswa untuk mencapai ketuntasan kompetensi.

Rencana pembelajaran adalah penggalan-penggalan kegiatan yang perlu dilakukan oleh guru untuk setiap pertemuan. Di dalamnya harus terlihat tindakan apa yang perlu dilakukan oleh guru untuk mencapai ketuntasan

kompetensi serta tindakan selanjutnya setelah pertemuan selesai. Dengan kata lain rencana pembelajaran yang dibuat guru harus berdasarkan pada kompetensi dan kompetensi dasar. Standar kompetensi adalah kemampuan minimal yang harus dapat dilakukan atau ditampilkan siswa, yang meliputi: pengetahuan, keterampilan, dan sikap siswa setelah mengikuti mata pelajaran tertentu.

Setiap kompetensi dirinci menjadi sub kompetensi atau kemampuan dasar yang selanjutnya merupakan arah pencapaian dan acuan dalam memilih materi dan pengalaman belajar siswa. Untuk mengetahui pencapaian kemampuan dasar tertentu diperlukan indikator pencapaian yang digunakan untuk mengembangkan alat pengujian. Standar kompetensi merupakan salah satu komponen rencana pembelajaran yang sangat perlu diperhatikan dalam proses pembelajaran karena dengan adanya kompetensi yang ingin dicapai proses pembelajaran akan lebih terarah.

Bahan Bacaan:

Pengembangan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran

Keberhasilan dari suatu kegiatan sangat ditentukan oleh perencanaannya. Apabila perencanaan suatu kegiatan dirancang dengan baik, maka kegiatan akan lebih mudah dilaksanakan, terarah serta terkendali. Demikian pula halnya dalam proses belajar mengajar, agar pelaksanaan pembelajaran terlaksana dengan baik maka diperlukan perencanaan pembelajaran yang baik.

Perencanaan pembelajaran berperan sebagai acuan bagi guru untuk melaksanakan kegiatan pembelajaran agar lebih terarah dan berjalan efektif dan efisien. Dengan perkataan lain perencanaan pembelajaran berperan sebagai skenario proses pembelajaran. Oleh karena itu perencanaan pembelajaran hendaknya bersifat luwes (fleksibel) dan memberi kemungkinan bagi guru untuk menyesuaikannya dengan respon siswa dalam proses pembelajaran sesungguhnya.

Perencanaan pembelajaran perlu dilakukan karena memiliki arti penting

sebagai berikut:

1. Untuk mengganti keberhasilan yang diperoleh secara untung-untungan
2. Sebagai alat untuk menemukan dan memecahkan masalah
3. Untuk memanfaatkan sumber secara efektif.

Perencanaan yang dilakukan secara sistematis atau dilandasi dengan pendekatan sistem akan memberikan dua keuntungan besar seperti berikut:

1. Sebagai suatu alat untuk menganalisis, mengidentifikasi dan memecahkan masalah sesuai dengan yang diinginkan
2. Memiliki daya ramal dan kontrol yang baik karena didukung dengan langkah-langkah:
 - a. perumusan kebutuhan secara spesifik dan nyata
 - b. penggunaan logika, proses setapak demi setapak untuk menuju perubahan yang diharapkan
 - c. perhatian dan penentuan salah satu di antara berbagai pendekatan yang lebih sesuai dengan situasi dan kondisi
 - d. penetapan mekanisme feedback yang memberi informasi tentang kemajuan, hambatan serta perubahan yang diperlukan
 - e. penggunaan istilah dan langkah yang jelas, mudah dikomunikasikan dan dipahami oranglain

Beberapa pertimbangan atau asumsi yang melandasi mengapa guru harus melakukan perencanaan pembelajaran adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan pembelajaran dikembangkan atas dasar tesis yang menyatakan bahwa pengajaran dapat dirancang secara lebih sistematis dan berbeda dengan cara-cara tradisional
2. Hasil pembelajaran dapat dirumuskan secara lebih operasional sehingga dapat diamati dan diukur
3. Tujuan pembelajaran dapat diukur dengan menggunakan instrumen yang disebut penilaian acuan patokan yaitu tes yang didasarkan atas kriteria tertentu yang dalam hal ini adalah tujuan pembelajaran khusus
4. Untuk menjamin efektivitas proses pembelajaran, paket pembelajaran yang akan digunakan hendaknya valid. Hal ini berarti semua perangkat, alat, media, metode pembelajaran yang akan digunakan dalam proses pembelajaran perlu diujicobakan dahulu secara empirik.

5. Desain pembelajaran didasari oleh teori sistem. Desain pembelajaran pada hakikatnya merupakan penerapan teori sistem terhadap proses pembelajaran dan evaluasinya. Dalam proses perencanaan yang sistematis dikehendaki adanya langkah-langkah tertentu secara urut namun fleksibel.

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) adalah rencana yang menggambarkan prosedur dan pengorganisasian pembelajaran untuk mencapai satu kompetensi dasar yang ditetapkan dalam Standar Isi dan telah dijabarkan dalam silabus. Lingkup rencana pembelajaran paling luas mencakup satu kompetensi dasar yang terdiri atas satu atau beberapa indikator untuk satu kali pertemuan atau lebih.

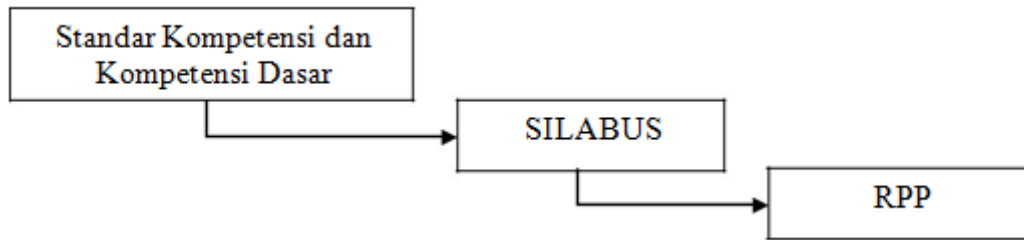
Setiap guru pada satuan pendidikan berkewajiban menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) secara lengkap dan sistematis agar pembelajaran berlangsung secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik.

Perencanaan pembelajaran merupakan bagian penting dalam pelaksanaan pendidikan di sekolah. Melalui perencanaan pembelajaran yang baik, guru akan lebih mudah dalam melaksanakan pembelajaran dan siswa akan lebih terbantu dan mudah dalam belajar. Perencanaan pembelajaran dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik peserta didik, sekolah, mata pelajaran, dan sebagainya.

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang baik harus memenuhi kriteria:

- a. Kemampuan dasar dan materi mengacu pada silabus
- b. Proses pembelajaran memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi siswa
- c. Terdapat keselarasan antara kemampuan dasar, materi dan alat penilaian
- d. Mudah dimengerti/dipahami.

Alur Rencana Pelaksanaan Pembelajaran adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Rencana Pelaksanaan Pembelajaran

RPP disusun untuk setiap KD yang dapat dilaksanakan dalam satu kali pertemuan atau lebih. Guru merancang penggalan RPP untuk setiap pertemuan yang disesuaikan dengan penjadwalan di satuan pendidikan. Komponen Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) minimal terdiri dari:

a. Identitas mata pelajaran

Identitas mata pelajaran, meliputi:

- 1) satuan pendidikan,
- 2) kelas,
- 3) semester,
- 4) program studi,
- 5) mata pelajaran atau tema pelajaran,
- 6) jumlah pertemuan.

b. Standar kompetensi

Merupakan kualifikasi kemampuan minimal peserta didik yang menggambarkan penguasaan pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang diharapkan dicapai pada setiap kelas dan/atau semester pada suatu mata pelajaran.

c. Kemampuan dasar (kompetensi dasar)

Adalah sejumlah kemampuan yang harus dikuasai peserta didik dalam mata pelajaran tertentu sebagai rujukan penyusunan indikator kompetensi dalam suatu pelajaran.

d. Indikator pencapaian kompetensi

Adalah perilaku yang dapat diukur dan/atau diobservasi untuk menunjukkan ketercapaian kompetensi dasar tertentu yang menjadi acuan penilaian mata pelajaran. Indikator pencapaian kompetensi dirumuskan dengan

menggunakan kata kerja operasional yang dapat diamati dan diukur, yang mencakup pengetahuan, sikap, dan keterampilan.

e. Tujuan Pembelajaran

Menggambarkan proses dan hasil belajar yang diharapkan dicapai oleh peserta didik sesuai dengan kompetensi dasar.

f. Materi pembelajaran/Materi ajar

Memuat fakta, konsep, prinsip, dan prosedur yang relevan, dan ditulis dalam bentuk butir-butir sesuai dengan rumusan indikator pencapaian kompetensi.

g. Alokasi Waktu

Ditentukan sesuai dengan keperluan untuk pencapaian KD dan beban belajar.

h. Metoda Pembelajaran

Digunakan oleh guru untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik mencapai kompetensi dasar atau seperangkat indikator yang telah ditetapkan. Pemilihan metode pembelajaran disesuaikan dengan situasi dan kondisi peserta didik, serta karakteristik dari setiap indikator dan kompetensi yang hendak dicapai pada setiap mata pelajaran.

i. Kegiatan Pembelajaran

Susunlah kegiatan pembelajaran yang dilakukan guru dan siswa dalam berinteraksi dengan materi pembelajaran dan sumber belajar untuk mencapai kemampuan dasar. Pilihlah pendekatan dan metode yang tepat. Cantumkan struktur pengajarannya yang meliputi:

1) Pendahuluan

Pendahuluan merupakan kegiatan awal dalam suatu pertemuan pembelajaran yang ditujukan untuk membangkitkan motivasi dan memfokuskan perhatian peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran. Kegiatan ini terdiri dari kegiatan (1) Apersepsi dan revisi dan (2) Bahan dan motivasi

2) Inti

Kegiatan inti merupakan proses pembelajaran untuk mencapai KD. Kegiatan pembelajaran dilakukan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian

sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik. Kegiatan ini dilakukan secara sistematis dan sistemik melalui proses eksplorasi, elaborasi, dan konfirmasi.

j. Media pembelajaran

Tuliskan media yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman/pemaknaan dari suatu konsep serta kelancaran proses pembelajaran.

k. Penilaian hasil belajar dan tindak lanjut

Tuliskanlah instrumen dan prosedur yang digunakan untuk menilai pencapaian belajar siswa berdasarkan sistem pengujian yang telah dikembangkan selaras dengan pengembangan silabus (gunakan dokumen sistem pengujian). Prosedur dan instrumen penilaian proses dan hasil belajar disesuaikan dengan indikator pencapaian kompetensi dan mengacu kepada standar penilaian.

l. Sumber belajar

Penentuan sumber belajar didasarkan pada standar kompetensi dan kompetensi dasar, serta materi ajar, kegiatan pembelajaran, dan indikator pencapaian kompetensi. Cantumkan sumber bacaan yang digunakan dalam pembelajaran sesuai dengan kemampuan dasar yang telah ditentukan dalam silabus.

Prinsip-Prinsip Penyusunan RPP:

a. Memperhatikan perbedaan individu peserta didik

RPP disusun dengan memperhatikan perbedaan jenis kelamin, kemampuan awal, tingkat intelektual, minat, motivasi belajar, bakat, potensi, kemampuan sosial, emosi, gaya belajar, kebutuhan khusus, kecepatan belajar, latar belakang budaya, norma, nilai, dan/atau lingkungan peserta didik.

b. Mendorong partisipasi aktif peserta didik

Proses pembelajaran dirancang dengan berpusat pada peserta didik untuk mendorong motivasi, minat, kreativitas, inisiatif, inspirasi, kemandirian, dan semangat belajar.

c. Mengembangkan budaya membaca dan menulis

Proses pembelajaran dirancang untuk mengembangkan kegemaran membaca, pemahaman beragam bacaan, dan berekspresi dalam berbagai

bentuk tulisan.

- d. Memberikan umpan balik dan tindak lanjut
RPP memuat rancangan program pemberian umpan balik positif, penguatan, pengayaan, dan remedi.
- e. Keterkaitan dan keterpaduan
RPP disusun dengan memperhatikan keterkaitan dan keterpaduan antara SK, KD, materi pembelajaran, kegiatan pembelajaran, indikator pencapaian kompetensi, penilaian, dan sumber belajar dalam satu keutuhan pengalaman belajar. RPP disusun dengan mengakomodasikan pembelajaran tematik, keterpaduan lintas mata pelajaran, lintas aspek belajar, dan keragaman budaya.
- f. Menerapkan teknologi informasi dan komunikasi
RPP disusun dengan mempertimbangkan penerapan teknologi informasi dan komunikasi secara terintegrasi, sistematis, dan efektif sesuai dengan situasi dan kondisi.

Langkah-Langkah Penyusunan RPP

Langkah-langkah minimal dari penyusunan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), dimulai dari mencantumkan Identitas RPP, Tujuan Pembelajaran, Materi Pembelajaran, Metode Pembelajaran, Langkah-langkah Kegiatan pembelajaran, Sumber Belajar, dan Penilaian. Setiap komponen mempunyai arah pengembangan masing-masing, namun semua merupakan suatu kesatuan. Penjelasan tiap-tiap komponen adalah sebagai berikut:

- a. Mencantumkan Identitas
Terdiri dari: Nama sekolah, Mata Pelajaran, Kelas, Semester, Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar, Indikator dan Alokasi Waktu. Yang perlu diperhatikan adalah:
 - 1) RPP boleh disusun untuk satu Kompetensi Dasar.
 - 2) Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar, dan Indikator dikutip dari silabus. (Standar kompetensi – Kompetensi Dasar – Indikator adalah suatu alur pikir yang saling terkait tidak dapat dipisahkan).
 - 3) Indikator merupakan:

- ciri perilaku (bukti terukur) yang dapat memberikan gambaran bahwa peserta didik telah mencapai kompetensi dasar.
 - penanda pencapaian kompetensi dasar yang ditandai oleh perubahan perilaku yang dapat diukur yang mencakup sikap, pengetahuan, dan keterampilan.
 - dikembangkan sesuai dengan karakteristik peserta didik, satuan pendidikan, dan potensi daerah.
 - rumusannya menggunakan kerja operasional yang terukur dan/atau dapat diobservasi.
 - digunakan sebagai dasar untuk menyusun alat penilaian.
- 4) Alokasi waktu diperhitungkan untuk pencapaian satu kompetensi dasar, dinyatakan dalam jam pelajaran dan banyaknya pertemuan (contoh: 2 x 45 menit). Karena itu, waktu untuk mencapai suatu kompetensi dasar dapat diperhitungkan dalam satu atau beberapa kali pertemuan bergantung pada kompetensi dasarnya.
- b. Merumuskan Tujuan Pembelajaran
- Output (hasil langsung) dari satu paket kegiatan pembelajaran. Misalnya: Kegiatan pembelajaran: "Mendapat informasi tentang sistem peredaran darah pada manusia". Tujuan pembelajaran boleh salah satu atau keseluruhan dari tujuan pembelajaran, misalnya peserta didik dapat:
- 1) mendeskripsikan mekanisme peredaran darah pada manusia.
 - 2) menyebutkan bagian-bagian jantung.
 - 3) merespon dengan baik pertanyaan-pertanyaan yang diajukan oleh teman-teman sekelasnya.
 - 4) mengulang kembali informasi tentang peredaran darah yang telah disampaikan oleh guru.
 - 5) Bila pembelajaran dilakukan lebih dari 1 (satu) pertemuan, ada baiknya tujuan.
 - 6) pembelajaran juga dibedakan menurut waktu pertemuan, sehingga tiap pertemuan dapat memberikan hasil.
- c. Menentukan Materi Pembelajaran
- Untuk memudahkan penetapan materi pembelajaran, dapat diacu dari indikator, misalnya: Indikator: Siswa dapat menyebutkan ciri-ciri

kehidupan. Materi pembelajaran: Ciri-Ciri Kehidupan: Nutrisi, bergerak, bereproduksi, transportasi, regulasi, iritabilitas, bernapas, dan ekskresi.

d. Menentukan Metode Pembelajaran

Metode dapat diartikan benar-benar sebagai metode, tetapi dapat pula diartikan sebagai model atau pendekatan pembelajaran, bergantung pada karakteristik pendekatan yang dipilih. Karena itu pada bagian ini cantumkan pendekatan pembelajaran dan metode yang diintegrasikan dalam kegiatan pembelajaran siswa:

- 1) Pendekatan pembelajaran yang digunakan, misalnya: pendekatan proses, kontekstual, pembelajaran langsung, pemecahan masalah, dan sebagainya.
- 2) Metode-metode yang digunakan, misalnya: ceramah, inkuiri, observasi, tanya jawab, e-learning dan sebagainya.

e. Menetapkan Kegiatan Pembelajaran

Untuk mencapai suatu kompetensi dasar harus dicantumkan langkah-langkah kegiatan setiap pertemuan yang memuat unsur kegiatan pendahuluan/pembuka, kegiatan inti, dan kegiatan penutup. Langkah-langkah minimal yang harus dipenuhi pada setiap unsur kegiatan pembelajaran adalah sebagai berikut:

1) Kegiatan Pendahuluan

- Orientasi: memusatkan perhatian siswa pada materi yang akan diajarkan, dengan cara menunjukkan benda yang menarik, memberikan ilustrasi, membaca berita di surat kabar, menampilkan slide dsb.
- Apersepsi: memberikan persepsi awal kepada siswa tentang materi yang akan diajarkan.
- Motivasi: Guru memberikan gambaran manfaat mempelajari gempa bumi, bidang-bidang pekerjaan berkaitan dengan gempa bumi, dsb.
- Pemberian Acuan: biasanya berkaitan dengan kajian ilmu yang akan dipelajari. Acuan dapat berupa penjelasan materi pokok dan uraian materi pelajaran secara garis besar.
- Pembagian kelompok belajar dan penjelasan mekanisme pelaksanaan pengalaman belajar (sesuai dengan rencana langkah-langkah pembelajaran).

2) Kegiatan Inti

Berisi langkah-langkah sistematis yang dilalui peserta didik untuk dapat mengkonstruksi ilmu sesuai dengan skemata (frame work) masing-masing. Langkah-langkah tersebut disusun sedemikian rupa agar peserta didik dapat menunjukkan perubahan perilaku sebagaimana dituangkan pada tujuan pembelajaran dan indikator. Untuk memudahkan, biasanya kegiatan inti dilengkapi dengan Lembaran Kerja Siswa (LKS), baik yang berjenis cetak atau noncetak. Khusus untuk pembelajaran berbasis ICT yang online dengan koneksi internet, langkah-langkah kerja peserta didik harus dirumuskan detil mengenai waktu akses dan alamat website yang jelas. Termasuk alternatif yang harus ditempuh jika koneksi mengalami kegagalan.

3) Kegiatan penutup

- Guru mengarahkan siswa untuk membuat rangkuman/ simpulan.
- Guru memeriksa hasil belajar siswa. Dapat dengan tes tertulis, lisan atau meminta siswa mengulang kembali simpulan yang telah disusun atau dalam bentuk tanya jawab dengan mengambil $\pm 25\%$ siswa sebagai sampel.
- Memberikan arahan tindak lanjut pembelajaran, dapat berupa kegiatan di luar kelas, di rumah atau tugas sebagai bagian remedi/pengayaan.

Langkah-langkah pembelajaran dimungkinkan disusun dalam bentuk seluruh rangkaian kegiatan, sesuai dengan karakteristik model pembelajaran yang dipilih, menggunakan urutan sintaks sesuai dengan modelnya. Oleh karena itu, kegiatan pendahuluan/pembuka, kegiatan inti, dan kegiatan penutup tidak harus ada dalam setiap pertemuan.

f. Memilih Sumber Belajar

Pemilihan sumber belajar mengacu pada perumusan yang ada dalam silabus yang dikembangkan. Sumber belajar mencakup sumber rujukan, lingkungan, media, narasumber, alat dan bahan. Sumber belajar dituliskan secara lebih operasional, dan bisa langsung dinyatakan bahan ajar apa yang digunakan. Misalnya, sumber belajar dalam silabus dituliskan buku referensi, dalam RPP harus dicantumkan bahan ajar yang sebenarnya. Jika menggunakan buku, maka harus ditulis judul buku teks tersebut, pengarang,

dan halaman yang diacu. Jika menggunakan bahan ajar berbasis ICT, maka harus ditulis nama file, folder penyimpanan, dan bagian atau link file yang digunakan, atau alamat website yang digunakan sebagai acuan pembelajaran.

g. Menentukan Penilaian

Penilaian dijabarkan atas teknik penilaian, bentuk instrumen, dan instrumen yang dipakai.

Contoh minimal format Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dapat dilihat pada Gambar 2.

Materi Pembelajaran

Keberhasilan pembelajaran secara keseluruhan sangat tergantung pada keberhasilan guru merancang materi pembelajaran. Materi Pembelajaran pada hakekatnya merupakan bagian tak terpisahkan dari Silabus, yakni perencanaan, prediksi dan proyeksi tentang apa yang akan dilakukan pada saat Kegiatan Pembelajaran. Secara garis besar dapat dikemukakan bahwa Materi pembelajaran (instructional materials) adalah pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang harus dikuasai peserta didik dalam rangka memenuhi standar kompetensi yang ditetapkan.

Materi pembelajaran menempati posisi yang sangat penting dari keseluruhan kurikulum, yang harus dipersiapkan agar pelaksanaan pembelajaran dapat mencapai sasaran. Sasaran tersebut harus sesuai dengan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar yang harus dicapai oleh peserta didik. Artinya, materi yang ditentukan untuk kegiatan pembelajaran hendaknya materi yang benar-benar menunjang tercapainya standar kompetensi dan kompetensi dasar, serta tercapainya indikator.

Materi pembelajaran dipilih seoptimal mungkin untuk membantu peserta didik dalam mencapai standar kompetensi dan kompetensi dasar. Hal-hal yang perlu diperhatikan berkenaan dengan pemilihan materi pembelajaran adalah jenis, cakupan, urutan, dan perlakuan (*treatment*) terhadap materi pembelajaran tersebut.

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP)

A. Identitas

Nama Sekolah :
Mata Pelajaran :
Kelas, Semester :
Standar Kompetensi :
Kompetensi Dasar :
Indikator :
Alokasi Waktu : x...menit/(...
pertemuan)

B. Tujuan Pembelajaran

C. Materi Pembelajaran

D. Metode Pembelajaran

E. Kegiatan Pembelajaran

Langkah-langkah :

Pertemuan 1
- Kegiatan Awal
- Kegiatan Inti
- Kegiatan Penutup
Pertemuan 2
- Kegiatan Awal
- Kegiatan Inti
- Kegiatan Penutup
3. dst

F. Sumber Belajar

G. Penilaian

Mengetahui
Kepala Sekolah,

NIP.

Guru Mata Pelajaran,

NIP.

Gambar 2. Contoh Format RPP

Jenis-jenis materi pembelajaran dapat diklasifikasi sebagai berikut.

- Fakta yaitu segala hal yang bewujud kenyataan dan kebenaran, meliputi nama- nama objek, peristiwa sejarah, lambang, nama tempat, nama orang, nama komponen suatu benda, dan sebagainya. Contoh dalam mata pelajaran Sejarah: Peristiwa sekitar Proklamasi 17 Agustus 1945 dan pembentukan Pemerintahan Indonesia.
- Konsep yaitu segala yang berwujud pengertian-pengertian baru yang bisa timbul sebagai hasil pemikiran, meliputi definisi, pengertian, ciri khusus, hakikat, inti /isi dan sebagainya. Contoh, dalam mata pelajaran Biologi:

Hutan hujan tropis di Indonesia sebagai sumber plasma nutfah, Usaha-usaha pelestarian keanekaragaman hayati Indonesia secara in-situ dan ex-situ, dsb.

- c. Prinsip yaitu berupa hal-hal utama, pokok, dan memiliki posisi terpenting, meliputi dalil, rumus, adagium, postulat, paradigma, teorema, serta hubungan antarkonsep yang menggambarkan implikasi sebab akibat. Contoh, dalam mata pelajaran Fisika: Hukum Newton tentang gerak, Hukum 1 Newton, Hukum 2 Newton, Hukum 3 Newton, Gesekan Statis dan Gesekan Kinetis, dan sebagainya.
- d. Prosedur merupakan langkah-langkah sistematis atau berurutan dalam mengerjakan suatu aktivitas dan kronologi suatu sistem. Contoh, dalam mata pelajaran TIK: Langkah-langkah mengakses internet, trik dan strategi penggunaan Web Browser dan Search Engine, dan sebagainya.
- e. Sikap atau Nilai merupakan hasil belajar aspek sikap, misalnya nilai kejujuran, kasih sayang, tolong-menolong, semangat dan minat belajar dan bekerja, dsb. Contoh, dalam mata pelajaran Geografi: Pemanfaatan lingkungan hidup dan pembangunan berkelanjutan, yaitu pengertian lingkungan, komponen ekosistem, lingkungan hidup sebagai sumberdaya, pembangunan berkelanjutan.

Prinsip-prinsip yang dijadikan dasar dalam menentukan materi pembelajaran:

- a. Relevansi atau kesesuaian. Materi pembelajaran hendaknya relevan dengan pencapaian standar kompetensi dan pencapaian kompetensi dasar. Jika kemampuan yang diharapkan dikuasai siswa berupa menghafal fakta, maka materi pembelajaran yang diajarkan harus berupa fakta, bukan konsep, prinsip atau jenis materi yang lain. Misalnya : kompetensi dasar yang harus dikuasai peserta didik adalah Menjelaskan hukum permintaan dan hukum penawaran serta asumsi yang mendasarinya maka pemilihan materi pembelajaran yang disampaikan seharusnya Referensi tentang hukum permintaan dan penawaran (materi konsep), bukan Menggambar kurva permintaan dan penawaran dari satu daftar transaksi (materi prosedur).
- b. Konsistensi artinya keajegan. Jika kompetensi dasar yang harus dikuasai peserta didik ada empat macam, maka materi yang harus diajarkan juga

harus meliputi empat macam. Misalnya kompetensi dasar yang harus dikuasai peserta didik adalah Operasi Aljabar bilangan bentuk akar (Matematika Kelas X semester 1) yang meliputi penambahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian, maka materi yang diajarkan juga harus meliputi teknik penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan merasionalkan pecahan bentuk akar.

- c. Adequacy artinya kecukupan. Materi yang diajarkan hendaknya cukup memadai dalam membantu peserta didik menguasai kompetensi dasar yang diajarkan. Materi tidak boleh terlalu sedikit, dan tidak boleh terlalu banyak. Jika terlalu sedikit maka kurang membantu tercapainya standar kompetensi dan kompetensi dasar. Sebaliknya, jika terlalu banyak maka akan mengakibatkan keterlambatan dalam pencapaian target kurikulum (pencapaian keseluruhan SK dan KD).

Guru harus mampu mengidentifikasi Materi Pembelajaran dengan mempertimbangkan hal-hal di bawah ini dalam pengembangan materi pembelajaran:

- a. potensi peserta didik;
- b. relevansi dengan karakteristik daerah;
- c. tingkat perkembangan fisik, intelektual, emosional, sosial, dan spritual peserta didik;
- d. kebermanfaatan bagi peserta didik;
- e. struktur keilmuan;
- f. aktualitas, kedalaman, dan keluasan materi pembelajaran;
- g. relevansi dengan kebutuhan peserta didik dan tuntutan lingkungan;
- h. alokasi waktu.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum mempelajari bahan bacaan tentang Menyusun Rancangan Pembelajaran, berdiskusilah sesama guru kejuruan di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus Saudara persiapkan sebelum mempelajari materi pembelajaran Pengenalan Pneumatik? Sebutkan!
2. Kompetensi apa saja yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Sebutkan topik-topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini?

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-11.

Aktivitas 2: Pelajari dan Diskusikan Bahan Bacaan KB-1

Baca Bahan Bacaan KB-1 tentang Menyusun Rencana Pembelajaran. Selanjutnya, kerjakan LK-12, dan diskusikan jawaban Saudara dengan sesama guru kejuruan lainnya

E. Latihan dan Tugas

Latihan

1. Melatih peserta didik untuk berpikir komprehensif dari berbagai disiplin ilmu atau berbagai aspek, merupakan salah satu tujuan dari pembelajaran
 - A. CBSA / Cara Belajar Siswa Aktif
 - B. MBS / Manajemen Berbasis Sekolah
 - C. PKR / Pembelajaran Kelas Rangkap
 - D. Unit / Pembelajaran Terpadu.
2. Indikator yang digunakan untuk menilai produk yang dihasilkan oleh siswa di antaranya adalah ...
 - A. kerapihan, kesesuaian ukuran, kemenarikan bentuk
 - B. pengetahuan, pemahaman, dan keterampilan dalam membuat produk
 - C. kesesuaian produk dengan kontribusi guru
 - D. kesesuaian kemampuan siswa dengan produk yang dihasilkan
3. Berikut ini merupakan cakupan penilaian ranah afektif, kecuali :
 - A. Mencatat (Recording)
 - B. Menerima (Receiving)

- C. Menjawab (Responding)
 - D. Menilai (Valuing)
4. Salah satu prediksi yang dapat diambil dari hasil analisis butir soal termasuk kategori sukar yaitu
- A. Pengecoh butir soal itu tidak berfungsi
 - B. Sebagian besar siswa telah memahami materi yang ditanyakan
 - C. Sebagian besar siswa menjawab benar butir soal itu
 - D. Butir soal itu "mungkin" salah kunci jawaban
5. Yang tidak termasuk kegiatan mempersiapkan observasi adalah ...
- A. Menentukan siapa yang akan mengobservasi
 - B. Mewawancarai siswa yang hendak kita observasi
 - C. Menentukan kegiatan atau tindakan yang akan diobservasi
 - D. Menentukan rencana sampling
6. Penilaian acuan patokan menentukan keberhasilan siswa berdasarkan ...
- A. rata-rata kelompok
 - B. kriteria yang telah ditetapkan
 - C. persentase kemampuan siswa
 - D. skor baku yang telah ditetapkan
7. Referensi memuat semua rujukan yang
- A. pernah dibaca penulis
 - B. perlu dibaca pembaca
 - C. dimuat dalam badan tulisan
 - D. diperlukan dalam pengembangan tulisan
8. Kapan tahapan observasi dilakukan?
- A. mulai sebelum pelaksanaan
 - B. pada saat pelaksanaan tindakan
 - C. setelah pelaksanaan tindakan
 - D. semua jawaban benar

9. Ciri utama dari inovasi dalam pendidikan adalah kekhasan, kebaharuan, terencana dan mempunyai tujuan. Salah satu contoh dari penerapan bidang pendidikan tahun 2000-an adalah
- A. Pembelajaran Kelas Rangkap
 - B. Lesson Study
 - C. PAKEM
 - D. CBSA
10. Batas lulus purposif mengacu pada penilaian ...
- A. acuan norma
 - B. acuan kriteria
 - C. gabungan
 - D. acuan norma atau kriteria
11. Salah satu kegiatan guru untuk mengetahui tingkatan penguasaan kompetensi prasyarat peserta didik adalah....
- A. Melatih siswa mengerjakan tes persiapan ujian sekolah
 - B. Mengidentifikasi siswa kelas satu yang bisa menyebutkan bilangan 1 sampai 10
 - C. Melakukan kegiatan post test
 - D. Melakukan ulangan harian dadakan tanpa memberikan pemberitahuan terlebih dahulu kepada para siswa.
12. Perhatikan pernyataan-pernyataan berikut:
- 1) Hindari saran dan pernyataan negatif yang dapat melemahkan kegairahan belajar
 - 2) Ciptakan situasi-situasi bersaing antar sesama siswa secara sehat
 - 3) Jauhkan hukuman dan sanksi yang berat atas kelalaian dan ketidaktaatan terhadap ketentuan yang berlaku
 - 4) Berikan penghargaan yang tulus dan wajar kepada ranking lima besar di kelas

Pernyataan di atas yang dapat dipergunakan untuk mengatasi kasus kesulitan belajar yang dihadapi oleh siswa-siswa yang disebabkan oleh kurangnya motivasi dan minat belajar adalah pernyataan....

- A. 1 dan 2.
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 3
- D. 3 dan 4

13. Perhatikanlah pernyataan-pernyataan berikut

- 1) Faktor-faktor situasi yang tidak kondusif yang dialami siswa
- 2) Kapasitas belajar (tingkat keerdasan) umum terbatas/rendah
- 3) Kapasitas belajar (bakat) khusus tak sesuai dalam bidang-bidang tertentu
- 4) Populasi siswa di dalam kelas terlalu besar

Pernyataan diatas yang merupakan faktor penyebab kesulitan belajar yang bersumber dari dalam diri siswa adalah pernyataan....

- A. 1 dan 2
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 3.
- D. 3 dan 4

14. Salah satu cirri belajar rekonstruksionisme dalam proses pembelajaran adalah....

- A. Pembelajaran sangat mengutamakan kondisi lingkungan
- B. Guru memanfaatkan secara optimal pemberian penguatan
- C. Pengetahuan dibangun sedikit demi sedikit hasilnya diperluas melalui konteks yang terbatas.
- D. Kegiatan pembelajarn dipilih atas dasar minat siswa

15. Perhatikan pernyataan-pernyataan berikut:

- 1) Pembelajaran mengutamakan bagian-bagian kecil
- 2) Pembelajaran mementingkan pembentukan stimulus dan respon
- 3) Pengetahuan itu ditemukan sendiri oleh siswa melalui pengalaman belajar mandiri
- 4) Siswa menentukan sendiri apa yang akan dipelajari

Dari pernyataan di atas yang merupakan karakteristik teori belajar tingkah laku behavioristik adalah....

- A. 1 dan 2.
- B. 2 dan 3
- C. 1 dan 3
- D. 3 dan 4

Tugas

1. Buatlah Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) untuk 4 pertemuan, pilihlah mata diklat yang proses pembelajarannya berada di dalam kelas. Lakukan analisis dan gunakan salah satu metode pembelajaran yang dianggap paling cocok.
2. Buatlah Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) untuk 4 pertemuan, pilihlah mata diklat yang proses pembelajarannya berada di laboratorium/workshop. Lakukan analisis dan gunakan salah satu metode pembelajaran yang dianggap paling cocok.

F. Rangkuman

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) adalah rencana yang menggambarkan prosedur dan pengorganisasian pembelajaran untuk mencapai satu kompetensi dasar yang ditetapkan dalam standar Isi dan telah dijabarkan dalam silabus. Setiap guru pada satuan pendidikan berkewajiban menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) secara lengkap dan sistematis agar pembelajaran berlangsung secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik.

Materi pembelajaran (instructional materials) adalah pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang harus dikuasai peserta didik dalam rangka memenuhi standar kompetensi yang ditetapkan. Materi pembelajaran dipilih seoptimal mungkin untuk membantu peserta didik dalam mencapai standar kompetensi dan kompetensi dasar. Hal-hal yang perlu diperhatikan

berkenaan dengan pemilihan materi pembelajaran adalah jenis, cakupan, urutan, dan perlakuan (treatment) terhadap materi pembelajaran tersebut.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan balik setelah mempelajari Kegiatan Belajar 1 ini adalah melihat apakah peserta diklat sudah memiliki kemampuan:

1. Menyusun rancangan pembelajaran yang lengkap, baik untuk kegiatan di dalam kelas, laboratorium, maupun lapangan.
2. Melaksanakan aktivitas pembelajaran sesuai dengan rancangan yang telah disusun secara lengkap tersebut.
3. Melaksanakan pembelajaran yang mendidik di kelas, di laboratorium dan di lapangan dengan memperhatikan standar keamanan yang dipersyaratkan.
4. Mengkomunikasikan informasi baru (misalnya materi tambahan) sesuai dengan usia dan tingkat kemampuan belajar peserta didik.
5. Menyesuaikan aktivitas pembelajaran yang dirancang dengan kondisi kelas.
6. Memberikan banyak kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya, mempraktekkan dan berinteraksi dengan peserta didik lainnya.
7. Melakukan aktivitas pembelajaran secara bervariasi dengan waktu yang cukup untuk kegiatan pembelajaran yang sesuai dengan usia dan tingkat kemampuan belajar dan mempertahankan perhatian peserta didik.
8. Mengelola kelas dengan efektif tanpa didominasi atau sibuk dengan kegiatannya sendiri agar semua waktu peserta didik dapat dimanfaatkan secara produktif.

Hal ini bisa dilihat dengan tingkat penguasaan peserta diklat dalam menjawab soal-soal latihan yang diberikan pada kegiatan belajar ini. Tingkat penguasaan peserta diklat terhadap materi diperoleh dengan membandingkan jawabannya dengan kunci jawaban yang tersedia.

Hitunglah jumlah jawaban Anda yang benar. Kemudian gunakan formulasi berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi kegiatan belajar.

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Jika Anda mencapai tingkat penguasaan $\geq 75\%$, Anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya. Apabila tingkat penguasaan Anda masih dibawah 75%, Anda harus mengulangi kegiatan belajar ini.

(Catatan : Kejujuran Intelektual Memegang Peranan Penting)

LEMBAR KERJA

LK-11

1. Bagaimana Saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

2. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

LK-12

1. Jelaskan kenapa perlu dilakukan perencanaan pembelajaran.
2. Sebutkan beberapa pertimbangan atau asumsi yang melandasi mengapa guru harus melakukan perencanaan pembelajaran.
3. Apa yang dimaksud dengan RPP, dan jelaskan kriterianya.
4. Sebutkan komponen-komponen RPP.
5. Jelaskan langkah-langkah menyusun RPP.

Kegiatan Pembelajaran

KB-2: Pengenalan Pneumatik

A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini peserta diklat diharapkan memahami prinsip dasar sistem pneumatik, serta mengenal peralatan-peralatan pneumatik sehingga dapat melakukan perawatan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Peserta diklat mempunyai kemampuan:

1. Menjelaskan istilah *pneumatik automation*.
2. Menjelaskan hukum-hukum fisika tentang karakteristik dan dinamika udara bertekanan.
3. Menjelaskan proses mengolah udara bertekanan yang berkualitas, bersih dan kering untuk keperluan kontrol pneumatik.
4. Menjelaskan peralatan-peralatan yang digunakan untuk menghasilkan dan mendistribusikan udara bertekanan.
5. Melakukan pemeriksaan udara bertekanan dan perawatan.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1: Otomasi dengan Pneumatik

Perkembangan teknologi kontrol mencakup hampir semua proses dan manufaktur di industri. Teknologi kontrol tersebut merupakan kombinasi dari penerapan berbagai subsistem seperti *pneumatiks, mechanics, electrics, control, computer and information technology*. Disain mesin-mesin dan peralatan produksi modern dapat dikatakan sebagai suatu *mechanical construction* dengan menggunakan *pneumatiks/hydraulic/electric actuator* dan motor sebagai penggeraknya, dan PLC sebagai pengendalinya. Selain itu, didukung juga oleh berbagai komponen lain yang berfungsi sebagai *internal* dan *operator interface*, misalnya: *solenoid, switch, sensor, relay*, dan *encoder* untuk *internal interface*; serta *push button, thumb switch*, dan *potensiometer* untuk *operator interface*.

Istilah pneumatik berasal dari bahasa Yunani, yakni *Pneuma* yang berarti udara. Lebih jauh, pneumatik didefinisikan sebagai suatu ilmu mengenai sistem-sistem udara bertekanan. Sebelum era 1950-an, sistem-sistem pneumatik telah dipergunakan dalam proses-proses mekanis sederhana. Sekarang ini, sistem-sistem pneumatik memainkan peranan yang sangat penting dalam bidang otomatisasi. Hal ini ditunjang pula oleh perkembangan teknologi di bidang sensor, prosesor dan actuator.

Secara umum, pneumatik berarti suatu aplikasi udara bertekanan sebagai media kerja dan media kendali pada aplikasi-aplikasi industri. Pneumatik dalam otomasi industri merupakan peralatan yang bergerak dengan menggunakan media udara bertekanan, gerakan tersebut diakibatkan adanya perbedaan tekanan antara sisi masukan dan sisi keluaran. Gerakan yang dihasilkan dapat berupa gerakan linier (silinder) atau gerakan putar (motor). Silinder dan motor pneumatik dapat bergerak membutuhkan peralatan pengendali (katup pneumatik). Jadi, pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan, yang di dalamnya terjadi proses-proses pneumatik. Susunan pneumatik adalah sebagai berikut :

- a. Catu daya (*energy supply*)
- b. Elemen masukan (*sensors*)
- c. Elemen pengolah (*processors*)
- d. Elemen kerja (*actuators*)

Elemen kerja dari pneumatik dapat dioperasikan dengan menggunakan elemen pengolah dan elemen masukan dengan menggunakan media pneumatik atau elektrik.

Mekanisasi dan otomatisasi dalam bidang proses dan manufaktur di industri menjadikan *pneumatik automation* menjadi pilar utama dalam banyak industri, misalnya untuk keperluan *material handling, packaging, bottling, distributing, dan sorting system*. Otomasi dengan pneumatik diterapkan di berbagai industri, misalnya industri makanan dan minuman, farmasi, logam, pertambangan, dan petrokimia. Kemajuan teknologi di bidang otomasi dengan pneumatik tersebut menuntut tersedianya *engineering and maintenance personal* yang memiliki pengetahuan dan pengalaman praktis di

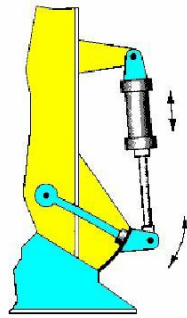
bidang *mechanical, electrical, electronic and compressed air/fluid power technologies*. Penggunaan kontrol pneumatik dan aktuasi menjadi semakin luas di bidang otomasi industri. Salah satu alasannya adalah, dari sekian banyak masalah otomasi industri, maka tidak ada medium yang lebih mudah didapat dan lebih ekonomis. Kontrol pneumatik mempunyai kelebihan dan kekurangan. Berikut ini diberikan beberapa karakteristik positif dari udara untuk *pneumatiks automation*:

- a. *Quantity*: Tersedia di mana saja dan tak terbatas.
- b. *Transportation*: Mudah disalurkan melalui pipa.
- c. *Storage*: Dapat disimpan di dalam tanki atau botol.
- d. *Temperature*: Udara tidak sensitif terhadap fluktuasi suhu.
- e. *Explosion-proof* : Udara tekan tidak menyebabkan terjadinya ledakan.
- f. *Cleanliness*: Udara tekan sangat bersih tidak menimbulkan polusi.
- g. *Construction*: Konstruksi komponen pneumatik relatif sederhana.
- h. *Speed*: Udara tekan merupakan *working medium* yang mempunyai respon cepat yakni: 1-2 m/s.

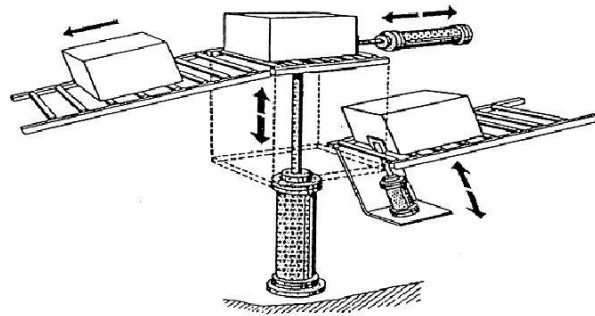
Sedangkan, karakteristik negatif dari pneumatik sebagai berikut:

- a. *Preparation*: Udara tekan yang digunakan sebagai fluida kerja pada kontrol pneumatik harus memenuhi persyaratan teknis dan perlu dipersiapkan dengan presisi, dan memerlukan peralatan yang harganya relatif mahal. Udara tekan harus bebas dari debu dan uap air (*moisture*), karena dapat merusak komponen pneumatik.
- b. *Force*: Udara tekan mencapai titik ekonomisnya pada tekanan 700 kPa atau 7 bar dengan daya tekan sebesar 20.000 – 30.000 N.
- c. *Exhaust air*: *Exhaust air* sangat bising, sehingga memerlukan material yang dapat menyerap suara.
- d. *Cost*: Udara kempa merupakan medium yang relatif mahal.

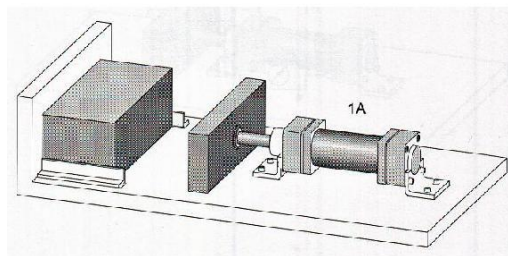
Berikut ini diberikan beberapa contoh mekanisasi yang menggunakan kontrol pneumatik.



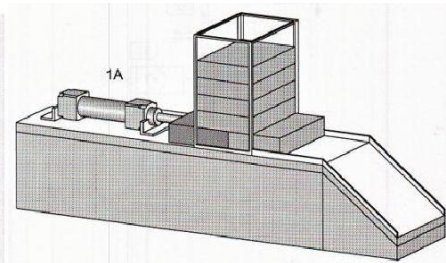
(a)



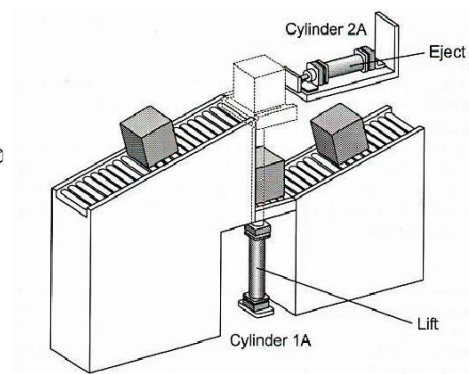
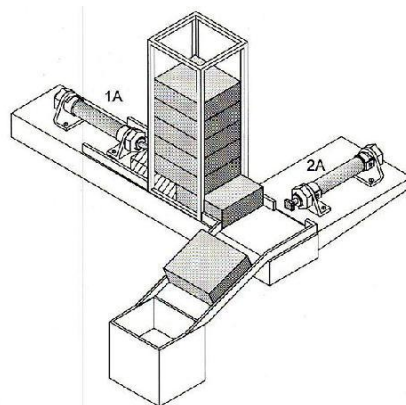
(b)



(c)



(d)



Gambar 3. Aplikasi Kontrol Pneumatik

Bahan Bacaan 2:

Dinamika dan Karakteristik Udara Bertekanan

Udara di permukaan bumi ini terdiri atas campuran dari bermacam-macam gas. Komposisi dari macam-macam gas tersebut sebagai berikut : 79 % Nitrogen, 20 % Oksigen, dan 1 % gas lainnya seperti *Carbon Dioksida*, *Argon*, *Helium*, *Krypton*, *Neon* dan *Xenon*. Pada sistem pneumatik, udara difungsikan sebagai media transfer dan sebagai penyimpan tenaga (daya), yaitu dengan cara dikempa atau dimampatkan. Udara termasuk golongan zat fluida karena sifatnya yang selalu mengalir dan bersifat *compressible* (dapat dikempa). Sifat-sifat udara senantiasa mengikuti hukum-hukum gas. Karakteristik udara dapat diidentifikasi sebagai berikut : a) Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, b) Volume udara tidak tetap. c) Udara dapat dikempa (dipadatkan), d) Berat jenis udara 1,3 kg/m³, e) Udara tidak berwarna

Udara bertekanan memiliki banyak sekali keuntungan, tetapi juga memiliki kekurangan. Dengan demikian, ada pembatasan-pembatasan pada penggunaannya. Udara yang digunakan dalam pneumatik sangat mudah diperoleh di sekitar kita. Udara dapat diperoleh dimana saja, serta tersedia dalam jumlah banyak. Selain itu, udara yang terdapat di sekitar kita cenderung bersih dari kotoran dan zat kimia yang merugikan. Udara juga dapat dibebani lebih tanpa menimbulkan bahaya yang fatal. Udara tahan terhadap perubahan suhu, maka pneumatik banyak digunakan pula pada industri pengolahan logam dan sejenisnya

Kelebihan penggunaan udara dalam sistem pneumatik:

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

Sedangkan, kelemahannya sebagai berikut :

- biaya tinggi
- persiapan
- polusi suara (dikurangi dengan *silincer*)
- gaya terbatas (ekonomis sampai 25.000 N)

Hukum-hukum alam (fisika) dan unjuk kerja udara atmosfir dapat dengan mudah dipahami dengan terlebih dahulu menjelaskan parameter-parameter fisik dan satuan-satuannya. Satuan yang digunakan dalam pneumatik adalah Sistem Internasional, disingkat SI. Masing-masing pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut merupakan satuan dasar dan satuan turunan SI yang biasa digunakan pada prinsip dasar pneumatik.

Tabel 1. Satuan Dasar SI

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)
Intensitas cahaya	J	Candela (Cd)

Tabel 2. Satuan Turunan SI pada yang Digunakan pada Sistem Pneumatik

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

Hukum-hukum alam yang mendasari penerapan *fluid system* untuk membangun mekanisasi dan manipulasi gerak adalah hukum Pascal. Hukum Pascal diaplikasikan pada *fluid power transmission*. Hukum fisika lainnya yang digunakan untuk keperluan analisis, desain, dan manufaktur pada fluida adalah Hukum Boyle, Mariotte, Gay Lussac dan Charles.

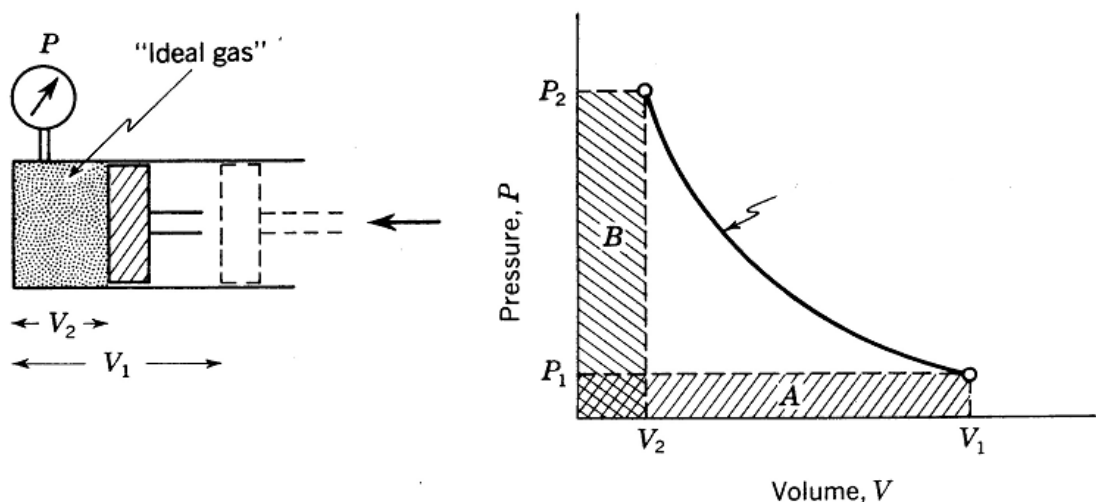
a. Hukum Boyle-Mariotte

Boyle & Mariotte mengamati hubungan antara tekanan dan volume gas pada suhu konstan. Pada suhu konstan, volume masa udara berbanding terbalik dengan tekanan absolutnya. Atau dengan kata lain hasil kali tekanan absolut dan volume akan selalu konstan. Hukum Boyle-Mariotte merupakan suatu pernyataan penting yang menyangkut sifat gas, yaitu pada suhu konstan, volume gas berbanding terbalik dengan tekanan absolutnya. Dalam formula matematika Hukum Boyle menjadi seperti berikut:

$$(P_1)(V_1) = (P_2)(V_2)$$

$$(P_1)/(V_2) = (P_2)/(V_1)$$

Hukum Boyle-Mariotte ini dapat diverifikasi melalui percobaan sederhana seperti diperlihatkan dalam Gambar 2, yaitu percobaan pemampatan gas yang berlangsung pada suhu konstan.

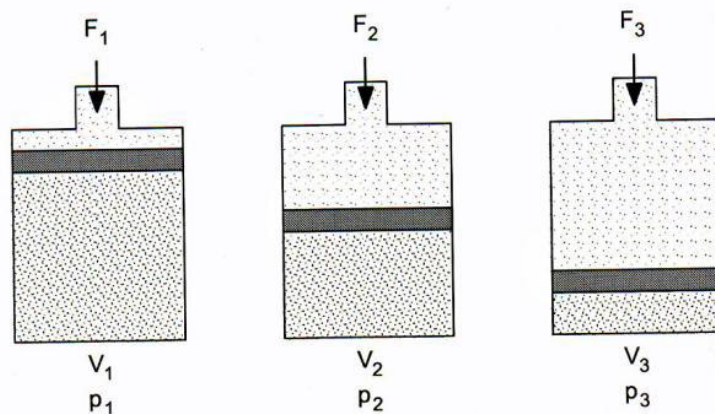


Gambar 4. Karakteristik Pemampatan gas

Gambar 6 memperlihatkan gas dalam silinder yang dikompresi, tetapi suhu gas dipertahankan konstan. Diketahui dari kurva P-V, bahwa area yang ada di bawah kurva memiliki luas sama, yaitu:

$$(P_1)(V_1) = (P_2)(V_2).$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3 = \text{kons tan}$$



Gambar 5. Hubungan antara Volume dan Tekanan pada Suhu Tetap

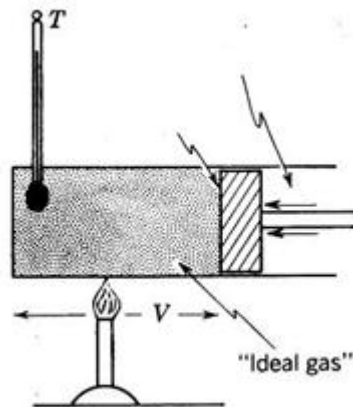
b. Hukum Charles-Gay Lussac

Hukum Charles-Gay Lussac merupakan suatu pernyataan penting yang menyangkut sifat gas, yaitu pada tekanan konstan, volume gas berbanding lurus dengan suhu absolutnya. Dalam formula matematika Hukum Charles menjadi seperti berikut,

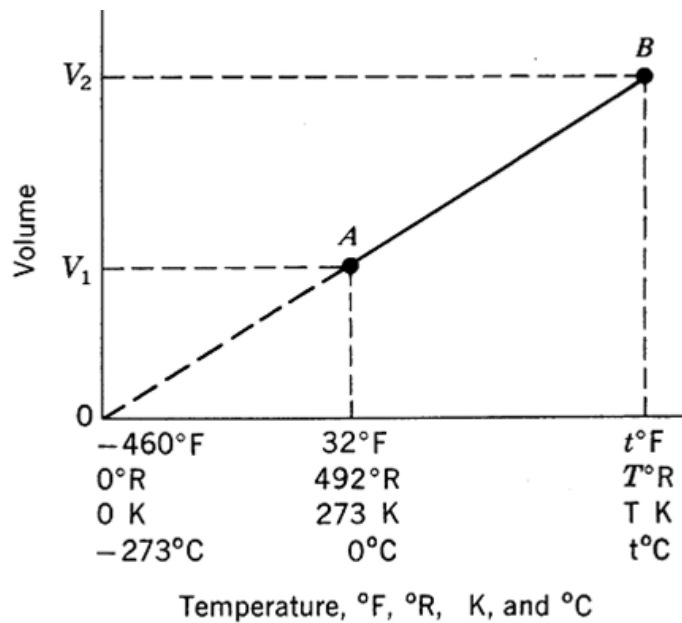
$$(V_1)(T_2) = (V_2)(T_1)$$

$$(V_1)/(V_2) = (T_1)/(T_2)$$

Hukum Charles-Gay Lussac ini dapat diverifikasi melalui percobaan sederhana seperti diperlihatkan dalam Gambar 8, yaitu percobaan pemampatan gas yang berlangsung pada tekanan konstan.



Gambar 6. Udara Dimampatkan pada Suhu Tetap



Gambar 7. Kurva V-T

Berdasarkan kurva V-T yang merupakan garis lurus diketahui bahwa rasio dua variabel pada titik A dan titik B mempunyai nilai sama, sehingga $(V_1)/(V_2) = (T_1)/(T_2)$.

c. Hukum Boyle-Gay Lussac

Persamaan gas secara umum yang menyatakan hubungan perubahan tekanan dan volume terhadap perubahan suhu, dinyatakan oleh Boyle & Gay

Lussac sebagai berikut:

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2} = \frac{P_3 \times V_3}{T_3}$$

Pada kasus udara dengan massa tertentu, perkalian antara tekanan dan volume dibagi dengan suhu absolutnya akan selalu konstan. Hal ini dikarenakan proses dinamika udara sebagai berikut:

Tekanan Tetap → Isobar berubah

Volume Tetap → Isochore berubah

Suhu Tetap → Isothermal berubah

Menentukan Konsumsi udara kompresi, dengan spesifikasi piston

sebagai berikut: $D = 50 \text{ mm}$

$L = 500 \text{ mm}$

Penyelesaian:

Volume udara kompresi pada saat silinder bergerak maju adalah:

$$V = \pi/4 \times d_2^2 \times h$$

$$P_1 \cdot V = P_2 \times \pi/4 \times d_2^2 \times h$$

$$1 \text{ bar} \cdot V = 6 \text{ bar} \times 0,786 \times (50\text{mm})^2 \times 500 \text{ mm}$$

$$V = 5.892.857,143 \text{ mm}^3$$

$$V = 5,9 \text{ dm}^3 (\text{liter})$$

Volume udara kompresi pada saat silinder bergerak mundur sebagai berikut:

$$V = \pi/4 \times (d^2 - d_1^2) \times h$$

$$P_1 \cdot V = P_2 \times \pi/4 \times (d^2 - d_1^2) \times h$$

$$1 \text{ bar} \cdot V = 6 \text{ bar} \times 0,786 \times \{(50\text{mm})^2 - (20\text{mm})^2\} \times 500 \text{ mm}$$

$$V = 4.949.999 \text{ mm}^3$$

$$V = 4,95 \text{ dm}^3 (\text{liter})$$

Jadi konsumsi udara kompresi yang dibutuhkan silinder untuk bergerak maju dan mundur adalah $5,9 \text{ lt} + 4,95 \text{ lt} = 10,85 \text{ lt}$.

Pemilihan Flow Rate Katub Solenoid, diasumsikan spesifikasi silinder sebagai berikut:

$D = 50 \text{ mm}$

$L = 500 \text{ mm}$

$P = 6 \text{ bar}$

Silinder bergerak maju-mundur sebanyak 60 kali/menit.

Penyelesaian:

Konsumsi udara kompresi untuk 1 kali gerakan = 10,85 liter

Konsumsi udara kompresi untuk 60 kali gerakan per menit = $60 / \text{menit} \times 10,85 \text{ liter} = 651 \text{ liter} / \text{menit}$. Jadi, pilih katub dengan flow rate = 651 liter / menit.

Bahan Bacaan 3:

Penyiapan dan Distribusi Udara Kempa

Secara umum udara yang dihisap oleh kompressor, akan disimpan dalam suatu tabung penampung. Sebelum digunakan udara dari kompressor diolah agar menjadi kering, dan mengandung sedikit pelumas. Setelah melalui regulator udara dapat digunakan menggerakkan katub penggerak (aktuator), baik berupa silinder/stang torak yang bergerak translasi, maupun motor pneumatik yang bergerak rotasi. Gerakan bolak balik (*translasi*), dan berputar (*rotasi*) pada aktuator selanjutnya digunakan untuk berbagai keperluan gerakan yang selama ini dilakukan oleh manusia atau peralatan lain.

Penyaluran udara kempa untuk keperluan pneumatik harus diperhitungkan secara cermat dan dipelihara dalam kualitas prima. Pada prakteknya, jumlah dan kualitas udara yang akan dipampatkan merupakan suatu hal yang sangat penting. Udara yang terkontaminasi, masih banyak mengandung polutan, seperti partikel debu, sisa-sisa oli pelumas dan uap air (*moisture*) seringkali dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada pneumatik dan merusak komponen pneumatik. Oleh karena itu, pneumatik memerlukan penanganan udara kempa yang sangat presisi, melalui penyaringan (*filtering*) dan pengeringan (*drying*). Dengan penyaringan yang cermat akan dapat mengatasi partikel debu dan kotoran lainnya. melalui pengeringan yang baik, dapat mengurangi kandungan uap air yang terbawa masuk ke dalam kompressor.

Untuk menyediakan *continuing performance* dari kontrol pneumatik dan *working element* yang digunakannya, perlu ada jaminan bahwa udara kempa yang akan digunakan untuk pneumatik harus memenuhi persyaratan teknis sebagai berikut:

- Tekanan kerja sesuai standar
- Udara kempa harus kering tidak mengandung uap air
- Bersih dari kotoran.

Bila kondisi tersebut tidak dapat dipenuhi, maka keadaan yang lebih buruk atau degenerasi akan muncul lebih cepat. Sebagai dampaknya adalah terjadi *down time* pada dan biaya pemeliharaan meningkat.

Pembangkitan udara kempa dimulai dari kerja kompresor udara. Udara kempa mengalir melalui berbagai komponen sebelum akhirnya mencapai elemen akhir yang merupakan elemen aktuasi (silinder atau motor pneumatik). Komponen berikut perlu dipertimbangkan ketika akan menyiapkan penyediaan udara kempa untuk keperluan pneumatik, yaitu:

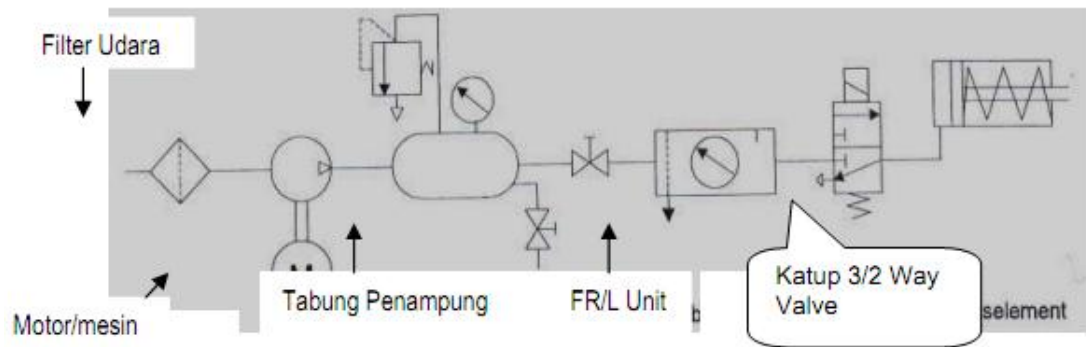
- Inlet filter
- Air compressor
- Air reservoir
- Air Dryer
- Air filter with water separator
- Pressure regulator
- Air lubricator
- Drainage points

Upaya penyiapan udara kempa yang buruk dan seadanya, pasti akan cenderung menimbulkan *malfunction* dan mengakibatkan *seal* dan bagian-bagian bergerak cepat aus, oli masuk ke dalam katub, *silencer* terkontaminasi, korosi pada pipa, katub dan silinder, serta menguras pelumasan. Pada kasus kebocoran, maka pelepasan udara kempa yang terkontaminasi akan dapat mencemari produk (makanan).

Pada umumnya komponen pneumatik didisain menerima tekanan kerja normal antara 800 hingga 1000 kPa (8 – 10 bar). Pengalaman praktek menunjukkan, untuk alasan ekonomi, tekanan operasi sebesar 6 bar dapat digunakan. Biasanya rugi tekanan berkisar 10 hingga 50 kPa (0,1 – 0,5 bar) yang disebabkan oleh berbagai kondisi, misalnya adanya bengkokan pipa dan panjang pipa, tahanan pipa dan adanya kebocoran. Sehingga untuk mengatasi adanya kerugian tekanan, maka udara kempa yang tersimpan di dalam kompresor harus berikisar 6,5 – 7 bar.

Pneumatik menggunakan udara kempa untuk menghasilkan gerakan mekanik. Fluktuasi tekanan dikurangi dengan memberikan jaminan kualitas penyaluran udara kempa, dipasang sebuah reservoir (*receiver tank*). Kompresor mengisi reservoir yang disediakan sebagai *storage tank*. Ukuran diameter pipa distribusi udara harus dipilih sedemikian sehingga rugi tekanan tidak boleh melebihi 10 kPa (0,1 bar). Piranti-piranti pneumatik yang perlu mendapat perhatian lebih adalah *Compressor, Filter & Dryer*.

Secara lengkap suplai udara bertekanan (udara kempa) memiliki urutan sebagai berikut: Filter udara, sebelum udara atmosfer dihisap kompresor, terlebih dahulu disaring agar tidak ada partikel debu yang merusak kompresor. Kompresor digerakkan oleh motor listrik atau mesin bensin/diesel tergantung kebutuhan. Tabung penampung udara bertekanan akan menyimpan udara dari kompresor, selanjutnya melalui katup satu arah udara dimasukan ke FR/L unit, yang terdiri dari Filter, Regulator dan *Lubrication*/pelumasan agar lebih memenuhi syarat. Setelah memenuhi syarat kemudian baru ke sistem rangkaian pneumatik, seperti diilustrasikan pada Gambar 10.

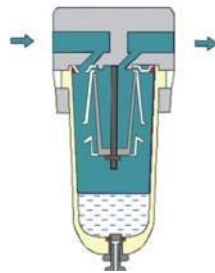


Gambar 8. Distribusi Sistem Pengolahan Udara Bertekanan

a. Peralatan Pengolahan Udara Bertekanan

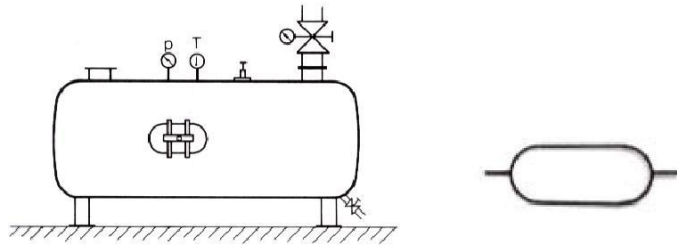
Pengolahan udara bertekanan agar memenuhi persyaratan diperlukan peralatan yang memadai, antara lain :

Filter Udara (*air filter*), berfungsi sebagai alat penyaring udara yang diambil dari udara luar yang masih banyak mengandung kotoran. Filter berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel yang terbawa seperti debu, oli residu, dan sebagainya.



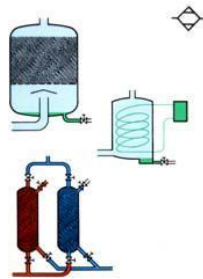
Gambar 9. Filter Udara

Tangki udara, berfungsi untuk menyimpan udara bertekanan hingga pada tekanan tertentu hingga pengisian akan berhenti, kemudian dapat digunakan sewaktu-waktu diperlukan



Gambar 10. Tangki Udara

Pengering udara (air dryer). 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 11. Pengering Udara

Kompresor, berfungsi untuk menghisap udara atmosfer kemudian dimampatkan ke tabung penyimpan hingga tekanan tertentu. Sebelum digunakan harus ada sistem pengolahan udara bertekanan untuk membersihkan dan mengeringkan sebelum digunakan. Pemilihan tipe kompresor tergantung beberapa aspek, yaitu jumlah udara kempa yang harus disediakan, tekanan udara kempa, kualitas dan kebersihan udara kempa, serta tingkat kekeringan udara kempa.

Kompresor torak, merupakan salah satu tipe kompresor yang paling populer dan memberikan rentang tekanan dan *delivery rate* yang luas. Untuk pemakaian tekanan yang lebih tinggi dapat digunakan multistage system.

Rentang tekanan optimum yang dihasilkan oleh kompresor torak adalah:

Single stage : hingga 4 bar

Double stage : hingga 15 bar

Multistage: di atas 15 bar

Kompresor Diafragma, merupakan keluarga kompresor torak, tetapi dilengkapi dengan diafragma untuk memisahkan antara piston dan *compressor chamber*. Keuntungan ini minyak pelumas (oli) tidak dapat terbawa oleh aliran udara kempa. Digunakan pada industri makanan, farmasi dan kimiawi.

Kompresor Rotari, kompresor ini menggunakan rotating elemen untuk menaikkan tekanan udara. Selama proses kompresi, *compressor chamber* selalu mengecil secara kontinyu.

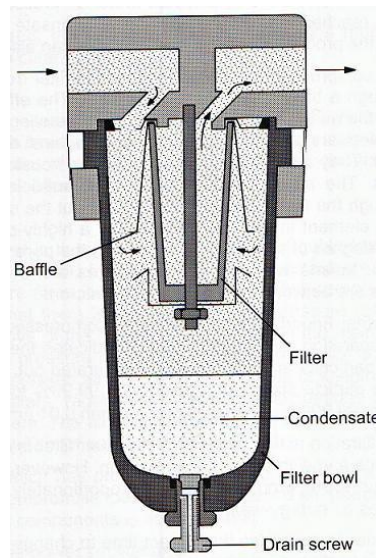
Kompresor Flow, dibuat dalam bentuk axial dan radial. Aliran udara digerakkan oleh turbin atau sudu-sudu. Energi kinetik diubah menjadi energi tekanan. Pada kasus *axial compressor*, udara berakselerasi pada arah axial karena efek pergerakan sudu-sudu.

Air Service Unit. *Air service unit* merupakan kombinasi dari beberapa komponen untuk memberikan jaminan kualitas udara kempa pada pneumatik, terdiri dari 3 komponen, yaitu:

- *Compressed air filter*
- *Compressed air regulator*
- *Compressed air regulator (optional)*

Compressed air filters adalah alat penyaring yang berfungsi mengambil atau memisahkan seluruh kontaminan dan uap air yang terkandung di dalam udara kempa yang dihasilkan oleh kompresor udara. Udara kempa dari kompresor yang masih mengandung uap air masuk ke filter bowl melalui guide slot. Partikel liquid dan partikel kotoran dipisahkan secara sentrifugal. Akibat adanya gaya sentrifugal, maka seluruh liquid dan partikel debu dan kotoran lain akan terlempar keluar dan terkumpul di bagian bawah *filter bowl*.

Selanjutnya udara kempa yang sudah bersih dari kontaminat, disalurkan ke filter berikutnya yang disebut *sintered filter*. *Sintered filter* akan mengeluarkan partikel debu yang masih tersisa.



Gambar 12. Compressed Air Filter

Pemeliharaan Filter. Air kondensat yang terkumpul harus dibuang sebelum melebihi maksimum level yang diinginkan, kalau tidak air kondensat tersebut akan kembali masuk ke dalam *air stream*. Frekuensi perawatan *filter*, tergantung pada kualitas udara dan tingkat kontaminan dari udara tekan. Semakin jelek kualitas udara tekan maka semakin sering pula *filter* harus dibersihkan atau diganti. Deposit condensation yang terkumpul di bagian bawah *filter bowl* harus dikeluarkan melalui *drain screw*, bila depositnya telah mencapai level maksimum. Bila kandungan uap air sangat tinggi, maka disarankan untuk menggunakan *automatic water separator*.

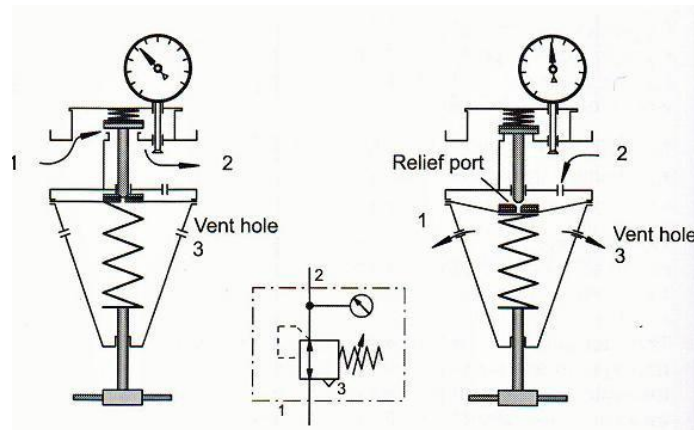
Tip Regular Maintenance:

(i) Compressed Air Filter

Condensate level harus diperiksa secara regular. Upayakan, jangan sampai melebihi *level indication* pada *sight glass*, agar *deposit condensate* tidak dapat tertarik masuk ke dalam *compressed air line*. Bukalah *drain screw* yang terdapat pada *sight glass* untuk mengeluarkan *deposit condensate*. Kemudian *filter cartridge* yang ada di dalam *filter* harus juga dibersihkan.

(ii) *Pressure Regulating Valve*

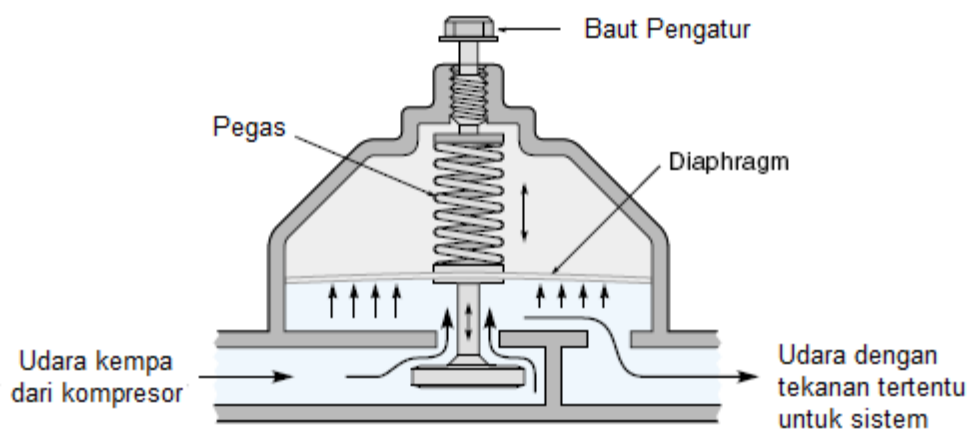
Piranti ini tidak memerlukan perawatan khusus, bila pemeliharaan *compressed air filter* dilakukan dengan baik.



Gambar 13. *Pressure Regulator, Relieving*

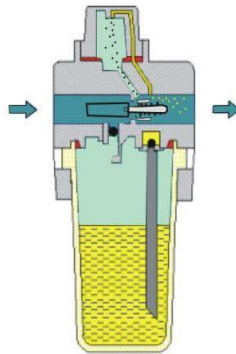
(iii) *Compressed Air Regulator*

Periksa oil level pada sight glass dan bila perlu tambah oil sehingga mencapai level yang ditentukan. Plastic filter dan lubricator bowl tidak boleh dibersihkan dengan bahan kimiawi trichloroethylene. Hanya mineral oil yang boleh digunakan.



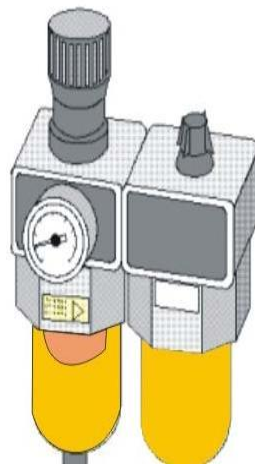
Gambar 14. Air Regulator

Tabung pelumas adalah komponen sistem pneumatik memerlukan pelumasan (*lubrication*) agar tidak cepat aus, serta dapat mengurangi panas yang timbul akibat gesekan. Oleh karena itu udara bertekanan/mampat harus mengandung kabut pelumas yang diperoleh dari tabung pelumas pada regulator.



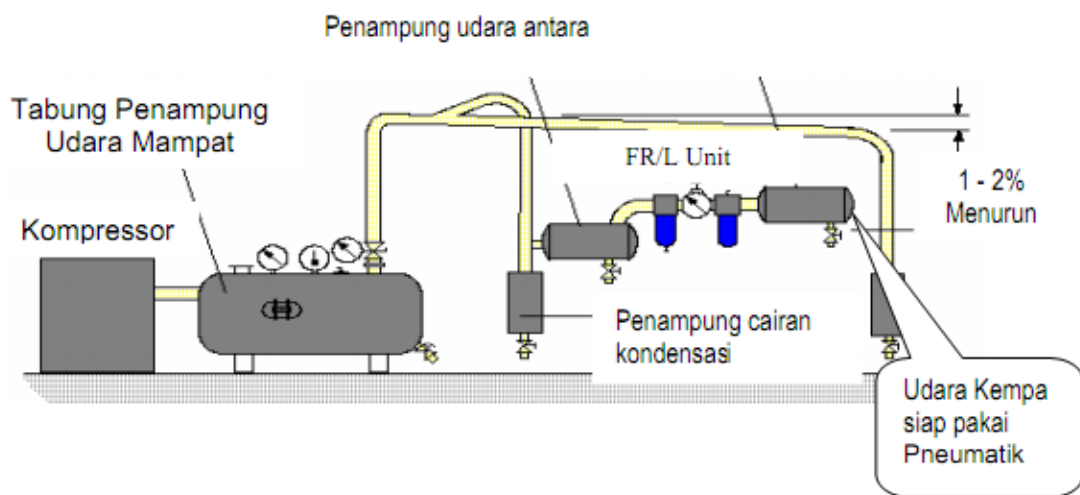
Gambar 15. Tabung Pelumas

Regulator udara bertekanan. Udara yang telah memenuhi persyaratan, selanjutnya akan disalurkan sesuai dengan kebutuhan. Untuk mengatur besar kecilnya udara yang masuk, diperlukan keran udara yang terdapat pada regulator, sehingga udara yang disuplai sesuai dengan kebutuhan kerjanya. Adapun unit pengolahan udara dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 16. Tabung Pelumas

Unit pengolahan udara bertekanan memiliki jaringan instalasi perpipaan yang sudah dirancang agar air dapat terpisah dari udara. Air memiliki massa jenis (Rho) yang lebih tinggi sehingga cenderung berada di bagian bawah. Untuk menjebaknya maka instalasi pipa diberi kemiringan, air akan mengalir secara alami ke tabung penampung air, selanjutnya dibuang. Sedangkan udara kering diambil dari bagian atas instalasi agar memiliki kadar air yang rendah. Secara lengkap unit pengolahan udara bertekanan dapat dilihat dalam Gambar 19.



Gambar 17. Unit Pengolahan Udara Bertekanan

b. Pemeriksaan Udara Bertekanan dan Pemeliharaan

Sebelum mengaktifkan sistem pneumatik, udara bertekanan (udara kempa) dan peralatannya perlu diperiksa terlebih dahulu. Prosedur pemantauan penggunaan udara kempa yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut: a) Frekuensi pemantauan, misalnya setiap akan memulai bekerja perlu memantau kebersihan udara, kandungan air embun, kandungan oli pelumas dan sebagainya. b) Tekanan udara perlu dipantau apakah sesuai dengan ketentuan. c) Pengeluaran udara buang apakah tidak berisik/bising, d) Udara buang perlu dipantau pencampurannya, e) Katup pengaman/regulator tekanan udara perlu dipantau apakah bekerja dengan baik, g) Setiap sambungan (konektor) perlu dipantau agar dipastikan cukup kuat dan rapat karena udara kempa cukup berbahaya.

Peralatan sistem pneumatik seperti *valve*, silinder dan lain-lain umumnya dirancang untuk tekanan antara 8 -10 bar. Pengalaman praktik menunjukkan bahwa tekanan kerja pada umumnya sekitar 6 bar. Kehilangan tekanan dalam perjalanan udara kempa karena bengkokan (*bending*), bocoran *restriction* dan gesekan pada pipa dapat menimbulkan kerugian tekanan yang diperkirakan antara 0,1 s.d 0,5 bar. Dengan demikian, kompressor harus membangkitkan tekanan 6,5 - 7 bar. Apabila suplai udara kempa tidak sesuai dengan syarat - syarat tersebut di atas maka berakibat kerusakan seperti berikut : a) Terjadi cepat aus pada *seal* (perapat) dan bagian-bagian yang bergerak di dalam silinder atau *valve* (katup-katup), b) Terjadi *oiled-up* pada *valve*, c) Terjadi pencemaran (kontaminasi) pada *silencers*.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum mempelajari Bahan Bacaan pada KB-2, berdiskusilah sesama guru kejuruan di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus Saudara persiapkan sebelum mempelajari materi pembelajaran Pengenalan Pneumatik? Sebutkan!
2. Kompetensi apa saja yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Sebutkan topik-topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini?

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-20. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca Bahan Bacaan pada KB-2.

Aktivitas 1: Pelajari dan Diskusikan Bahan Bacaan 1 KB-2

Lanjutkan pembelajaran dengan membaca Bahan Bacaan 1, yakni Otomasi dengan Pneumatik. Kemudian, untuk penguatan pemahaman materi tersebut jawablah pertanyaan-pertanyaan LK-21, dan diskusikan jawaban Saudara dengan sesama guru kejuruan lainnya, serta presentasikan.

Aktivitas 2: Pelajari Bahan Bacaan 2 KB-2

Baca Bahan Bacaan 2 KB-2 tentang Dinamika dan Karakteristik Udara Bertekanan. Selanjutnya, kerjakan LK-22, dan diskusikan jawaban Saudara dengan sesama guru kejuruan lainnya.

Aktivitas 3: Pelajari Bahan Bacaan 3 KB-2

Baca dan pahami Bahan Bacaan 3 KB-2 tentang Penyiapan dan Distribusi Udara Kempa, kemudian jawab pertanyaan-pertanyaan LK-23.

E. Latihan

1. Jelaskan pengertian pneumatik dalam dunia industri?
2. Jika volume udara $V_1 = 1 \text{ m}^3$ pada tekanan $P_1 = 100 \text{ kPa}$ dimampatkan pada suhu konstan oleh sebuah gaya F_2 pada volume $V_2 = 0,5 \text{ m}^3$. Tentukan berapa besar perubahan tekanan udara P_2 ?
3. Udara pada suhu $T_1 = 293\text{K}$ memiliki volume $V_1 = 0,8 \text{ m}^3$. Dipanaskan hingga mencapai $T_2 = 344\text{K}$. Tentukan volume udara (V_2).
4. Berapa nilai tekanan udara yang ekonomis untuk digunakan di dunia industri?
5. Hal-hal apa sajakah yang harus diperhatikan untuk mendapatkan udara yang berkualitas?
6. Tuliskan masing-masing minimal 3 (tiga) keuntungan dan kerugian pemakaian pneumatik.
7. Jelaskan jenis-jenis kompresor.
8. Tuliskan kriteria pemilihan kompresor.
9. Kompresor jenis apa saja yang dapat menghasilkan udara bertekanan bebas minyak?
10. Bagaimana tipikal sistem pembangkitan dan distribusi udara kempa, buat sketsa konfigurasinya.
11. Jelaskan prosedur pemantauan penggunaan udara kempa yang perlu diperhatikan.
12. Piranti apa saja dalam sistem pneumatik yang perlu diperhatikan lebih.
13. Jelaskan cara perawatan *Compressed Air Filter*, *Pressure Regulating Valve*, dan *Compressed Air Regulator*.

F. Rangkuman

Penggunaan *pneumatik control & actuation* menjadi semakin luas di bidang otomasi industri. Salah satu alasannya adalah, dari sekian banyak masalah otomasi industri, maka tidak ada medium yang lebih mudah didapat dan lebih ekonomis. Pneumatik berdasarkan otomasi industri adalah peralatan yang bergerak (linier/putar) dengan menggunakan media udara bertekanan, gerakan tersebut diakibatkan adanya perbedaan tekanan antara sisi masukan dan sisi keluaran. Mekanisasi dan otomatisasi dalam bidang proses dan manufaktur di industri menjadikan *pneumatik automation* menjadi pilar utama dalam banyak industri, misalnya untuk keperluan *material handling, packaging, bottling, distributing, & sorting system*. *Pneumatik automation* diterapkandi berbagai industri, misalnya industri makanan & minuman, farmasi, logam, pertambangan dan petrokimia.

Hukum-hukum alam yang mendasari penerapan *fluid system* untuk membangun mekanisasi dan manipulasi gerak adalah hokum Pascal. Hukum Pascal diaplikasikan pada *fluid power transmission*. Hukum fisika lainnya yang digunakan untuk keperluan analisis, desain dan manufaktur pada fluida adalah Hukum Boyle, Mariotte, Gay Lussac dan Charles. Besaran fisika yang banyak digunakan untuk pembahasan sistem pneumatik adalah panjang, massa, waktu, temperatur, gaya, luas, volume, volume aliran dan tekanan.

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.

Pengalaman praktek menunjukkan, untuk alasan ekonomi, tekanan operasi sebesar 6 bar dapat digunakan. Biasanya rugi tekanan berkisar 10 hingga 50

kPa (0,1 – 0,5 bar) yang disebabkan oleh berbagai kondisi, misalnya adanya bengkokan pipa dan panjang pipa, tahanan pipa dan adanya kebocoran. Sehingga untuk mengatasi adanya kerugian tekanan, maka udara kempa yang tersimpan di dalam kompresor harus berikisar 6,5 – 7 bar. Dari berbagai piranti dalam pneumatik, yang perlu mendapat perhatian lebih adalah *compressor*, *Filter* dan *Dryer*.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan balik setelah mempelajari Kegiatan Belajar 2 ini adalah melihat apakah peserta diklat sudah memiliki kemampuan:

1. Menjelaskan istilah *pneumatik automation*.
2. Menjelaskan hukum-hukum fisika tentang karakteristik dan dinamika udara bertekanan.
3. Menjelaskan proses mengolah udara bertekanan yang berkualitas, bersih dan kering untuk keperluan kontrol pneumatik.
4. Menjelaskan peralatan-peralatan yang digunakan untuk menghasilkan dan mendistribusikan udara bertekanan.
5. Melakukan pemeriksaan udara bertekanan dan perawatan.

Hal ini bisa dilihat dengan tingkat penguasaan peserta diklat dalam menjawab soal-soal latihan yang diberikan pada kegiatan belajar ini. Tingkat penguasaan peserta diklat terhadap materi diperoleh dengan membandingkan jawabannya dengan kunci jawaban yang tersedia.

Hitunglah jumlah jawaban Anda yang benar. Kemudian gunakan formulasi berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi kegiatan belajar.

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Jika Anda mencapai tingkat penguasaan $\geq 75\%$, Anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya. Apabila tingkat penguasaan Anda masih dibawah 75%, Anda harus mengulangi kegiatan belajar ini.

Tindak lanjut supaya peserta diklat dapat meningkatkan lagi penguasaannya terhadap materi adalah peserta diklat diarahkan untuk mengidentifikasi peralatan-peralatan yang digunakan untuk memperoleh udara bertekanan pada sistem pneumatik, mempersiapkan, mengoperasikan, serta merawatnya.

(Catatan : Kejujuran Intelektual Memegang Peranan Penting)

LEMBAR KERJA

LK - 20

1. Bagaimana Saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

2. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

3. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

.....
.....

LK-21

1. Carilah aplikasi pneumatik yang anda temui di sekitar anda dan pernah anda lihat dan bandingkan dengan aplikasi yang terdapat di industri tersebut. Amati dan berikan tanggapan. Sebagai bahan referensi anda dapat mencarinya dari berbagai sumber belajar, diantaranya browsing di internet.
2. Apakah anda pernah mendengar mengenai berbagai jenis energi, diantaranya : Energi Listrik, Energi Mekanik, Energi Potensial, dan Energi Kinetik? Jelaskan Perbedaannya berdasarkan fenomena alamiah.

LK-22

1. Ada beberapa fenomena alamiah mengenai penggunaan energi di sekitar kita dimana dengan tenaga input yang kecil dapat menghasilkan tenaga Output yang jauh lebih besar. Diskusikan & Jelaskan secara konsep berdasarkan gambar berikut!. Hukum apa yang mendasarinya?
Kata kunci: gaya (F), tekanan (p), Luas piston (A), dan jarak angkat beban (S).
2. Prinsip pemuaian zat banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.
Misalnya: **Keping Bimetal**: Keping bimetal adalah dua buah keping logam yang memiliki koefisien muai panjang berbeda yang dikeling menjadi satu. Keping bimetal sangat peka terhadap perubahan suhu. Pada suhu normal panjang keping bimetal akan sama dan kedua keping pada posisi lurus. Jika suhu naik kedua keping akan mengalami pemuaian dengan pertambahan panjang yang berbeda. Akibatnya keping bimetal akan membengkok ke arah logam yang mempunyai koefisien muai panjang yang kecil. Apa manfaat dan penggunaan dari fenomena tersebut dalam bidang kelistrikan!

LK-23

1. Hal-hal apa sajakah yang harus diperhatikan untuk mendapatkan udara yang berkualitas?

2. Untuk mempersiapkan udara bertekanan, elemen-elemen apa sajakah yang diperlukan?
3. Sebutkan jenis-jenis kompresor.
4. Sebutkan kriteria pemilihan kompresor.
5. Kompresor jenis apa saja yang dapat menghasilkan udara bertekanan bebas minyak?

Kegiatan Pembelajaran

KB-3: Silinder Pneumatik

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, diharapkan peserta diklat mampu:

1. Menjelaskan operasional sistem pneumatik
2. Mengidentifikasi komponen sistem pneumatik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Peserta diklat mempunyai kemampuan:

1. Menyebutkan bagian-bagian silinder kerja tunggal.
2. Menjelaskan prinsip kerja silinder kerja tunggal.
3. Menyebutkan bagian-bagian silinder kerja ganda.
4. Menjelaskan prinsip kerja silinder kerja ganda.
5. Menjelaskan pemasangan silinder.
6. Menyebutkan kegunaan silinder.
7. Menentukan gaya piston silinder.
8. Menentukan kebutuhan udara yang dibutuhkan silinder
9. Menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan silinder.

C. Uraian Materi

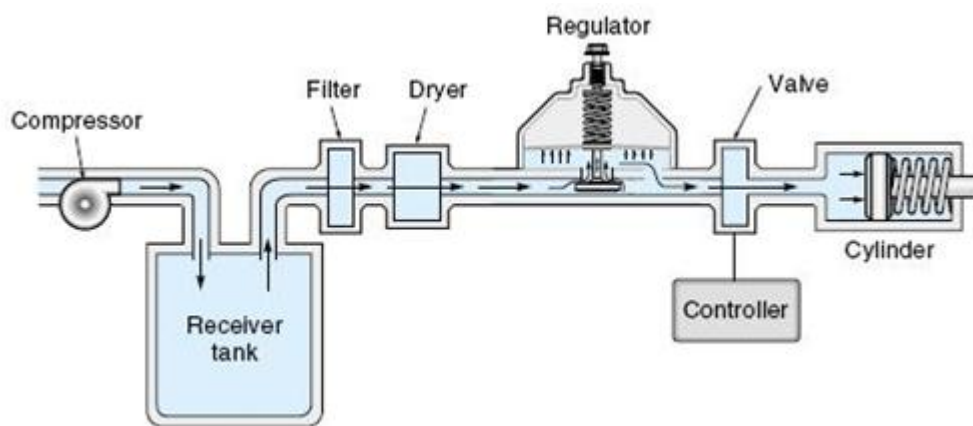
Bahan Bacaan 1:

Pengenalan Bagian Sistem Pneumatik

Sistem Pneumatik dalam industri manufaktur merupakan muara dari semua proses mekanik atau manipulasi gerakan yang menggunakan tenaga udara kempa. Dalam sistem pneumatik udara kempa akan memindahkan suatu gaya atau gerakan.

Sistem pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan, yang beroperasi secara pneumatik atau menggunakan proses-proses pneumatik. Udara bertekanan dalam peranannya sebagai unsur penggerak merupakan bagian utama yang harus mendapatkan perhatian lebih banyak.

Sistem pneumatik menggunakan udara bertekanan untuk menghasilkan gerakan mekanik. Sistem dasar kendali pneumatik meliputi piranti penyedia sumber energi udara kempa yang terdiri dari kompresor udara, sistem filter udara, sistem pengering udara, dan sistem pengatur tekanan udara. Kemudian elemen input untuk mengendalikan sistem, berupa katub tombol tekan (pushbutton valve) dan katub sensor. Selanjutnya berbagai jenis katub pengarah dan pengatur tekanan udara, dan yang terakhir berupa aktuator (cylinder).



Gambar 18. Tipikal Sistem Kendali Pneumatik

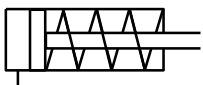
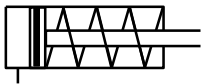
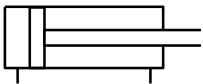
Gambar 20 memperlihatkan konfigurasi dasar sistem kontrol pneumatik. Sistem tersebut mencakup *aircompressor*, menghasilkan udara kempa secara kontinyu, *intakefilter* berfungsi menahan kotoran udara sebelum masuk ke sistem, *dryer* berfungsi menyerap uap air di udara (*moisture*), *receiver tank* sebagai reservoir udara kempa, *pressure regulator* mengatur dan menjaga tekanan udara tetap konstan, *valve* mengontrol aliran udara kempa, dan *pneumatic cylinder* sebagai aktuator yang mengubah energi udara menjadi energi mekanik.

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**.

a. Gerakan lurus (gerakan linear):

- Silinder kerja tunggal.
 - Silinder kerja ganda.
- b. Gerakan putar :
- Motor udara
 - Aktuator yang berputar (ayun)

Simbol-simbol aktuator linear sebagai berikut :

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

Simbol aktuator gerakan putar :

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

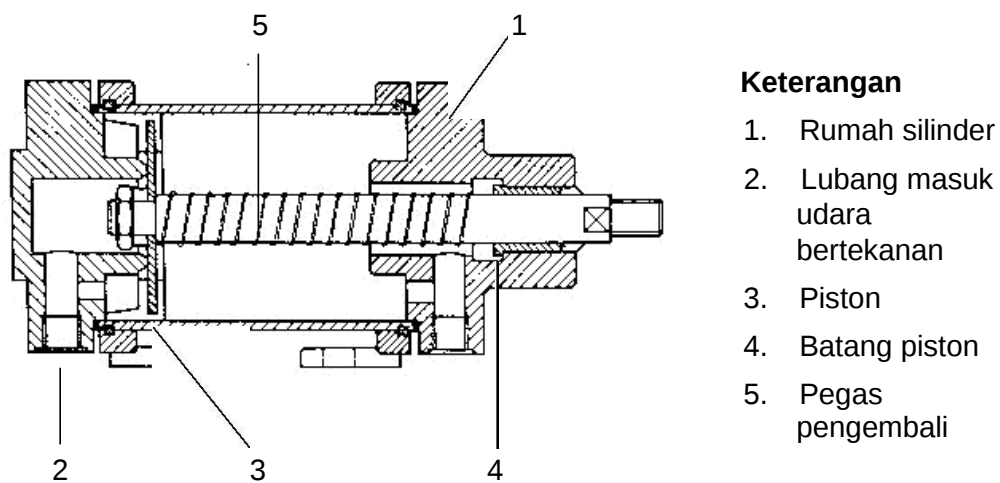
1. Silinder Kerja Tunggal

Konstruksi. 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 :



Gambar 19. Konstruksi Silinder Kerja Tunggal

Prinsip Kerja. Pemberian 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.

Kegunaan. Berdasarkan konstruksinya silinder kerja tunggal dapat melaksanakan berbagai fungsi gerakan, seperti:

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

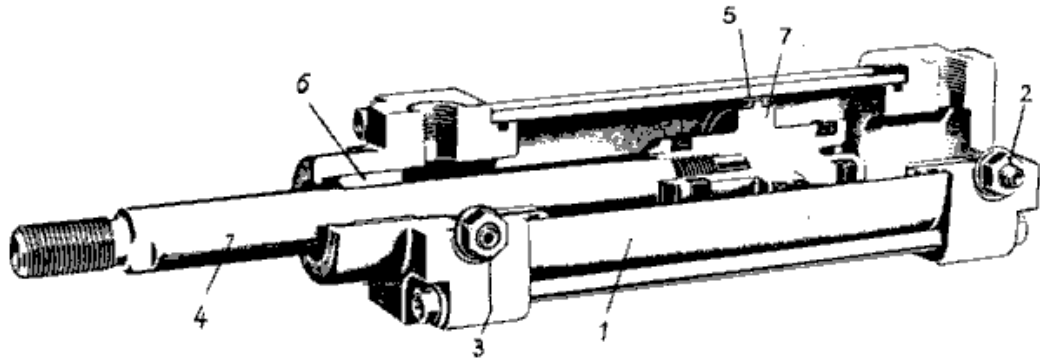
Macam-Macam Silinder Kerja Tunggal. Ada bermacam-macam perencanaan silinder kerja tunggal termasuk :

- Silinder membran (diafragma)
- Silinder membran dengan rol

2. Silinder Ganda

Konstruksi. 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 22.

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.



Gambar 20. Konstruksi Silinder Kerja Ganda

Keterangan :

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

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.

Prinsip Kerja. Pemberian 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.

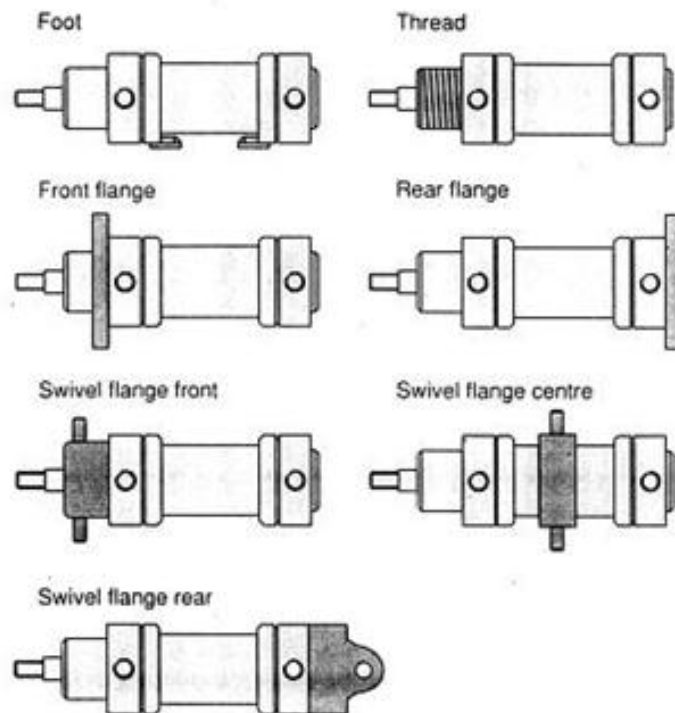
Pemasangan Silinder. Jenis pemasangan silinder ditentukan oleh cara gerakan silinder yang ditempatkan pada sebuah mesin atau peralatan . Silinder bisa dirancang dengan ***jenis pemasangan permanen*** jika tidak harus diatur setiap saat. Alternatif lain, silinder bisa menggunakan ***jenis pemasangan yang diatur***, yang bisa diubah dengan menggunakan perlengkapan yang cocok pada prinsip konstruksi modul. Alasan ini adalah penyederhanaan yang penting sekali dalam penyimpanan, lebih khusus lagi dimana silinder pneumatik dengan jumlah

besar digunakan seperti halnya silinder dasar dan bagian pemasangan dipilih secara bebas membutuhkan untuk disimpan.

Pemasangan silinder dan kopling batang piston harus digabungkan dengan hati-hati pada penerapan yang relevan, karena silinder harus dibebani hanya pada arah aksial. Secepat gaya dipindahkan ke sebuah mesin, secepat itu pula tekanan terjadi pada silinder. Jika sumbu salah gabung dan tidak segaris dipasang, tekanan bantalan pada tabung silinder dan batang piston dapat diterima. Sebagai akibatnya adalah :

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

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

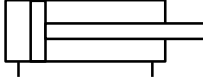
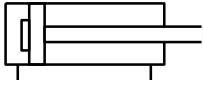
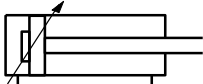
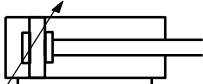
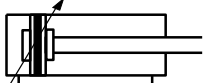


Gambar 21. Cara Pemasangan Silinder

Kegunaan. Silinder pneumatik telah dikembangkan pada arah berikut :

- Kebutuhan penyensoran tanpa sentuhan (menggunakan magnit pada piston untuk mengaktifkan katup batas /limit switch dengan magnit)
- Penghentian beban berat pada unit penjepitan dan penahan luar tiba-tiba.
- Silinder rodless digunakan dimana tempat terbatas.
- Alternatif pembuatan material seperti plastic.
- 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.

Macam-Macam Silinder Kerja Ganda:

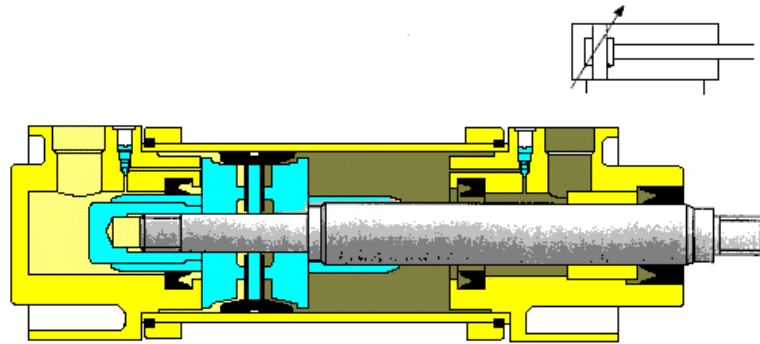
SIMBOL	NAMA KOMPONEN
	Silinder kerja ganda
	Silinder kerja ganda dengan batang piston sisi ganda.
	Silinder kerja ganda dengan bantalan udara tetap dalam satu arah.
	Silinder kerja ganda dengan bantalan udara tunggal , dapat diatur pada satu sisi.
	Silinder kerja ganda dengan bantalan udara ganda , dapat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

Silinder Dengan Peredam Diakhir Langkah. Jika silinder harus menggerakkan massa yang besar, maka dipasang peredam di akhir langkah untuk mencegah benturan keras dan kerusakan silinder. Sebelum mencapai posisi akhir langkah, peredam piston memotong langsung jalan arus pembuangan udara ke udara bebas. Untuk itu disisakan sedikit sekali penampang pembuangan yang umumnya dapat diatur. Sepanjang bagian terakhir dari jalan langkah , kecepatan masuk dikurangi secara drastis.

Jangan sekali-sekali menutup baut pengatur secara penuh sebab akan mengakibatkan batang piston tidak dapat mencapai posisi akhir gerakannya. Pada gaya yang sangat besar dan percepatan yang tinggi, harus dilakukan

upaya pengamanan khusus. Pasanglah peredam kejut luar untuk memperkuat daya hambat.

Konstruksi silinder kerja ganda dengan bantalan udara sebagai berikut :



Gambar 22. Silinder Kerja Ganda dengan Bantalan Udara

Karakteristik Silinder

Karakteristik penampilan silinder dapat ditentukan secara teori atau dengan data-data dari pabriknya. Kedua metode ini dapat dilaksanakan, tetapi biasanya untuk pelaksanaan dan penggunaan tertentu, data-data dari pabriknya adalah lebih menyakinkan.

Gaya Piston. Gaya piston yang dihasilkan oleh silinder bergantung pada tekanan udara, diameter silinder dan tahanan gesekan dari komponen perapat. Gaya piston secara teoritis dihitung menurut rumus berikut :

$$F = A \cdot p$$

Gaya piston untuk silinder kerja tunggal :

$$F = \left(D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot p \right) - f$$

Sedangkan gaya piston untuk silinder kerja ganda:

- Langkah maju: $F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot p$

- Langkah mundur: $F = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot p$

Keterangan:

F = Gaya piston (N)

f = Gaya pegas (N)

D = Diameter piston (m)

d = Diameter batang piston (m)

A = Luas penampang piston yang dipakai (m²)

p = Tekanan kerja (Pa)

Pada silinder kerja tunggal, gaya piston silinder kembali lebih kecil daripada gaya piston silinder maju karena pada saat kembali digerakkan oleh pegas. Sedangkan pada silinder kerja ganda, gaya piston silinder kembali lebih kecil daripada silinder maju karena adanya diameter batang piston akan mengurangi luas penampang piston, sekitar 3 - 10 % adalah tahanan gesekan. Berikut ini adalah gaya piston silinder dari berbagai ukuran pada tekanan 1 - 10 bar.

Diameter Piston (mm)	Tekanan Kerja (bar)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Gaya Piston (kgf)									
6	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
25	4	9	13	17	21	24	30	34	38	42
35	8	17	26	35	43	52	61	70	78	86
40	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
50	17	35	53	71	88	106	124	142	159	176
70	34	69	104	139	173	208	243	278	312	346
100	70	141	212	283	353	424	495	566	636	706
140	138	277	416	555	693	832	971	1110	1248	1386
200	283	566	850	1133	1416	1700	1983	2266	2550	2832
250	433	866	1300	1733	2166	2600	3033	3466	3800	4332

Silinder pneumatik tahan terhadap beban lebih. Silinder pneumatik dapat dibebani lebih besar dari kapasitasnya. Beban yang tinggi menyebabkan silinder diam.

Bahan Bacaan 2: Kebutuhan Udara Silinder Pneumatik

Kebutuhan Udara, untuk menyiapkan udara dan untuk mengetahui biaya pengadaan energi, terlebih dahulu harus diketahui konsumsi udara pada sistem. Pada tekanan kerja, diameter piston dan langkah tertentu, konsumsi udara dihitung sebagai berikut :

Kebutuhan udara = perbandingan kompresi x luas penampang piston x panjang langkah

$$\text{Perbandingan kompresi} = \frac{1,031 + \text{tekanan kerja (bar)}}{1,031}$$

Tabel berikut berguna untuk mempermudah dan mempercepat dalam menentukan kebutuhan udara persentimeter langkah piston pada berbagai macam tekanan dan diameter piston silinder

Tabel 3. Kebutuhan udara silinder pneumatik persentimeter langkah dengan fungsi tekanan kerja dan diameter piston.

Diameter			Tekanan Kerja (bar)							
Piston	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(mm)	Kebutuhan udara (q) dalam liter/cm langkah									
6	0,0005	0,0008	0,0011	0,0014	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025	0,0027	0,0030
12	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012
16	0,004	0,006	0,008	0,010	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022
25	0,010	0,014	0,019	0,024	0,029	0,033	0,038	0,043	0,048	0,052
35	0,019	0,028	0,038	0,047	0,056	0,066	0,075	0,084	0,093	0,103
40	0,025	0,037	0,049	0,061	0,073	0,085	0,097	0,110	0,122	0,135
50	0,039	0,058	0,077	0,096	0,115	0,134	0,153	0,172	0,191	0,210
70	0,076	0,113	0,150	0,187	0,225	0,262	0,299	0,335	0,374	0,411
100	0,155	0,231	0,307	0,383	0,459	0,535	0,611	0,687	0,763	0,839
140	0,303	0,452	0,601	0,750	0,899	1,048	1,197	1,346	1,495	1,644
200	0,618	0,923	1,227	1,531	1,835	2,139	2,443	2,747	3,052	3,356
250	0,966	1,441	1,916	2,392	2,867	3,342	3,817	4,292	4,768	5,243

Kebutuhan udara dihitung dengan satuan liter/menit (l/min) sesuai dengan standar kapasitas kompresor. Kebutuhan udara silinder sebagai berikut :

$$\text{Silinder kerja tunggal : } Q = s \cdot n \cdot q \text{ dalam l/min}$$

$$\text{Silinder kerja Ganda : } Q = 2 \cdot (s \cdot n \cdot q) \text{ dalam l/min}$$

Keterangan :

Q = kebutuhan udara silinder (l/min)

q = kebutuhan udara persentimeter langkah piston

s = panjang langkah piston (cm)

n = jumlah siklus kerja per menit

Kecepatan Piston. Kecepatan piston rata-rata dari silinder standar berkisar antara 0,1-1,5 m/s (6 - 90 m/min). Silinder khusus dapat mencapai kecepatan 10 m/s. Kecepatan silinder pneumatik tergantung:

- beban (gaya yang melawan silinder)
- tekanan kerja
- diameter dalam dan panjang saluran antara silinder dan katup kontrol arah
- ukuran katup kontrol arah yang digunakan.

Kecepatan piston dapat diatur dengan katup pengontrol aliran dan dapat ditingkatkan dengan katup pembuang cepat yang dipasang pada sistem kontrol tersebut. Kecepatan rata-rata piston tergantung dari gaya luar yang melawan piston (beban) dan ukuran lubang aliran dapat dilihat seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Kecepatan Rata-Rata Piston (Beban dalam %)

Diameter Piston mm	Lubang Masuk mm	Beban dalam %				
		0	20	40	60	80
		Kecepatan Piston dalam mm/detik				
25	4	580	530	450	380	300
35	7	980	885	785	690	600
50	7	480	440	400	360	320
70	7	230	215	200	180	150
70	9	530	470	425	380	310
100	7	120	110	90	80	60
100	9	260	230	205	180	130
140	9	130	120	110	90	70
140	12	300	260	230	200	170
200	9	65	60	55	50	40
200	12	145	130	120	105	85
200	19	330	300	280	250	215
250	19	240	220	185	165	115

Langkah Piston. Langkah silinder pneumatik tidak boleh lebih dari 2 m, sedangkan untuk silinder rodless jangan lebih dari 10 m. Akibat langkah yang panjang, tekanan mekanik batang piston dan bantalan menjadi terlalu besar. Untuk menghindari bahaya tekanan, diameter batang piston pada langkah yang panjang harus sedikit lebih besar.

D. Aktifitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar: Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum mempelajari Bahan Bacaan pada KB-3, berdiskusilah sesama guru kejuruan di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus Saudara persiapkan sebelum mempelajari materi pembelajaran Silinder Pneumatik? Sebutkan!
2. Kompetensi apa saja yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Sebutkan topik-topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini?

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-30. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca Bahan Bacaan pada KB-3.

Aktivitas 1: Pelajari dan Diskusikan Bahan Bacaan 1 KB-3

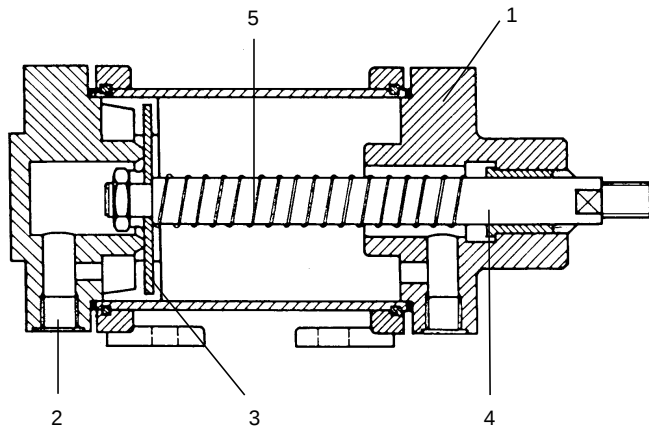
Baca Bahan Bacaan 1 KB-3 tentang Pengenalan Bagian Sistem Pneumatik. Selanjutnya, kerjakan LK-31, dan diskusikan jawaban Saudara dengan sesama guru kejuruan lainnya

Aktivitas 2: Pelajari Bahan Bacaan 2 KB-3

Baca dan pahami Bahan Bacaan 2 KB-3 tentang Kebutuhan Udara Silinder Pneumatik. Kemudian, kerjakan LK-32, dan diskusikan jawaban Saudara dengan sesama guru kejuruan lainnya

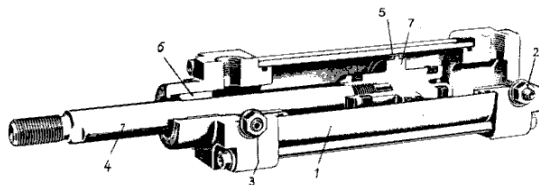
E. Latihan

1. Sebutkan bagian-bagian silinder kerja tunggal, seperti pada gambar berikut.



1.
2.
3.
4.
5.
6.

2. Jelaskan mana yang lebih besar gaya yang dihasilkan silinder kerja tunggal pada saat maju atau mundur.
3. Di mana silinder kerja tunggal digunakan?
4. Sebutkan bagian-bagian silinder kerja ganda, seperti gambar berikut ini.



1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.

Bagaimana silinder dapat bergerak maju dan mundur ?

5. Bandingkan gaya langkah mundur dengan gaya langkah maju pada silinder kerja ganda ! Mengapa demikian ?

6. Silinder dengan diameter piston 70 mm, mempunyai lubang masuk 9 mm, beban terpasang 60% beban penuh. Berapa m/det.-kah kecepatan gerak silinder.

F. Rangkuman

Sistem pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan, yang beroperasi secara pneumatik atau menggunakan proses-proses pneumatik. Udara bertekanan dalam peranannya sebagai unsur penggerak merupakan bagian utama yang harus mendapatkan perhatian lebih banyak.

Sistem pneumatik menggunakan udara bertekanan untuk menghasilkan gerakan mekanik. Sistem dasar kendali pneumatik meliputi piranti penyedia sumber energi udara kempa yang terdiri dari kompresor udara, sistem filter udara, sistem pengering udara, dan sistem pengatur tekanan udara. Kemudian elemen input untuk mengendalikan sistem, berupa katub tombol tekan (pushbutton valve) dan katub sensor. Selanjutnya berbagai jenis katub pengarah dan pengatur tekanan udara, dan yang terakhir berupa aktuator (cylinder).

Aktuator melakukan banyak pekerjaan dalam hal membangkitkan berbagai pergerakan misalnya cilinder dan motor pnumatik. Actuator merupakan piranti terakhir dari untaian kontrol. Aktuator mengubah control signal ke dalam suatu kerja tertentu. Contoh *actuator* yang banyak dijumpai di dalam industrial automation, yaitu *Cylinders, motors, lighting devices, heating devices, visual and acoustic alarm devices*, dan lain-lainnya.

Dilihat dari jenis pergerakannya, maka aktuator dapat dikelompokkan menjadi 3 main areas, yaitu:

- *Linear motion*
- *Swivel motion*
- *Rotary motion*
- *End effectors*

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan balik setelah mempelajari Kegiatan Belajar 3 ini adalah melihat apakah peserta diklat sudah memiliki kemampuan:

1. Menyebutkan bagian-bagian silinder kerja tunggal.
2. Menjelaskan prinsip kerja silinder kerja tunggal.
3. Menyebutkan bagian-bagian silinder kerja ganda.
4. Menjelaskan prinsip kerja silinder kerja ganda.
5. Menjelaskan pemasangan silinder.
6. Menyebutkan kegunaan silinder.
7. Menentukan gaya piston silinder.
8. Menentukan kebutuhan udara yang dibutuhkan silinder
9. Menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan silinder.

Hal ini bisa dilihat dengan tingkat penguasaan peserta diklat dalam menjawab soal-soal latihan yang diberikan pada kegiatan belajar ini. Tingkat penguasaan peserta diklat terhadap materi diperoleh dengan membandingkan jawabannya dengan kunci jawaban yang tersedia.

Hitunglah jumlah jawaban Anda yang benar. Kemudian gunakan formulasi berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi kegiatan belajar.

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

(Catatan : Kejujuran Intelektual Memegang Peranan Penting)

Jika Anda mencapai tingkat penguasaan $\geq 75\%$, Anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya. Apabila tingkat penguasaan Anda masih dibawah 75%, Anda harus mengulangi kegiatan belajar ini.

Tindak lanjut supaya peserta diklat dapat meningkatkan lagi penguasaannya terhadap materi adalah peserta diklat diarahkan untuk mempelajari lagi: operasional sistem pneumatik, dan cara mengidentifikasi komponen sistem pneumatik.

LEMBAR KERJA

LK - 30

1. Bagaimana Saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

2. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

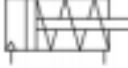
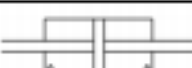
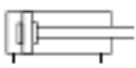
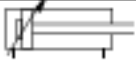
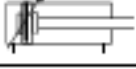
.....

.....

.....

LK-31

1. Sebutkan komponen apa saja yang perlu dipertimbangkan untuk membangun sistem catu udara yang memberikan jaminan mutu sistem?
2. Lengkapi nama komponen aktuator berikut berdasarkan simbolnya!

SIMBOL	NAMA KOMPONEN/KETERANGAN
	
	
	
	
	
	
	
	

3. Sebutkan beberapa contoh penerapan/aplikasi sistem kendali yang menggunakan aktuator Motor Pneumatik berikut!

Nama Aktuator	Keterangan	Simbol
Motor Pneumatik	Putaran dalam satu arah, kapasitas tetap	
Motor Pneumatik	Putaran dalam dua arah, kapasitas tetap	
	Putaran dalam satu arah, kapasitas bervariasi.	
	Putaran dalam dua arah, kapasitas bervariasi.	
Motor Osilasi (Motor dengan derakan terbatas)	Aktuator putar lintasan terbatas. Putaran dalam dua arah.	

LK-32

1. Sebuah selang/saluran pneumatik 5 mm dialiri udara dengan tekanan 6 bar. Kemudian ujung selang tersebut dibuat 2 percabangan dengan diameter yang sama melalui sambungan T. Tentukan besar tekanan udara pada setiap cabang.
2. Berapa kecepatan piston rata-rata dari silinder standar untuk keperluan sistem pneumatik? Jelaskan berdasarkan apa saja kecepatan silinder pneumatik.

Kegiatan Pembelajaran

KB-4: Katup Pneumatik

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, diharapkan peserta diklat mampu:

1. Menganalisis fungsi dan diagram alir rangkaian kontrol pneumatik
2. Mengoperasikan sistem kontrol pneumatik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mempelajari materi Kegiatan Pembelajaran 4 ini diharapkan peserta diklat memiliki kompetensi sebagai berikut:

1. Mampu menyebutkan macam-macam KKA.
2. Mampu menjelaskan cara membaca simbol KKA.
3. Mampu menjelaskan berbagai cara mengaktifkan KKA.
4. Mampu menjelaskan cara kerja katup 3/2, 4/2, dan 5/2.
5. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup cek (*Check Valve*).
6. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup fungsi “DAN” (*Two Pressure Valves*).
7. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup fungsi “ATAU” (*Shuttle Valve*).
8. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup buangan cepat (*Quick Exhaust Valve*).
9. Mampu menjelaskan fungsi katup fungsi “DAN”, “ATAU” dan katup buangan-cepat.
10. Mampu membedakan katup cekik dengan katup kontrol aliran satu arah.
11. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup kontrol aliran satu arah.
12. Mampu menjelaskan kegunaan katup kontrol aliran satu arah.
13. Mampu menyebutkan macam-macam katup tekanan.
14. Mampu menjelaskan cara kerja katup pengatur tekanan dengan benar.
15. Mampu menjelaskan cara kerja katup pembatas tekanan dengan benar.
16. Mampu menjelaskan cara kerja katup sakelar tekanan dengan benar.

17. Mampu menyebutkan macam-macam konfigurasi katup tunda waktu.
18. Mampu menjelaskan cara kerja katup tunda waktu dengan benar.

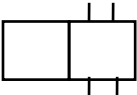
C. Uraian Materi

Bahan Bacaan: Katup Pneumatik

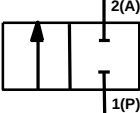
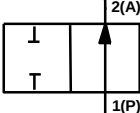
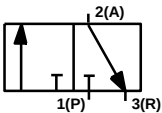
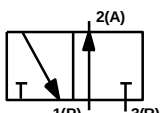
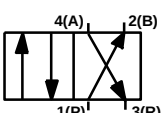
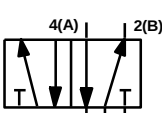
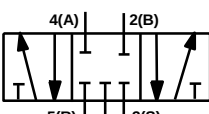
1. Katup Kontrol Arah (KKA)

Katup kontrol arah 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 udara dan jumlah kotak menunjukkan jumlah posisi.

Simbol. Cara membaca simbol katup pneumatik sebagai berikut:

	Kotak menunjukkan posisi pensakelaran katup
	Jumlah kotak menunjukkan jumlah posisi pensakelaran katup Contoh : • jumlah kotak 2 menunjukkan hanya 2 kemungkinan pensakelaran misal : posisi ON dan posisi OFF. • jumlah kotak 3 menunjukkan 3 kemungkinan pensakelaran misal : posisi 1 - 0 - 2
	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

Simbol-simbol katup kontrol arah sebagai berikut :

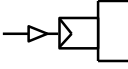
SIMBOL	NAMA KATUP
	KKA 2/2 , N/C
	KKA 2/2 , N/O
	KKA 3/2 , N/C
	KKA 3/2 , N/O
	KKA 4/2
	KKA 5/2
	KKA 5/3 , posisi tengah tertutup

Penomoran Pada Lubang. 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)

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

Jenis Pengaktifan	Keterangan
Mekanik :	
	Operasi tombol
	Tombol
	Operasi tuas

	Pedal kaki
	Pegas kembali
	Operasi rol
	Operasi rol, satu arah
Pneumatis:	
	Pengaktifan langsung pneumatik
	Pengaktifan tidak langsung pneumatik (pilot / pemandu)
Jenis Pengaktifan	Keterangan
Listrik	
	Operasi dengan solenoid tunggal
	Operasi dengan solenoid ganda
Kombinasi	

	Solenoid ganda dan operasi pilot (pemandu) dengan tambahan manual
---	---

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

Katup Duduk. 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.

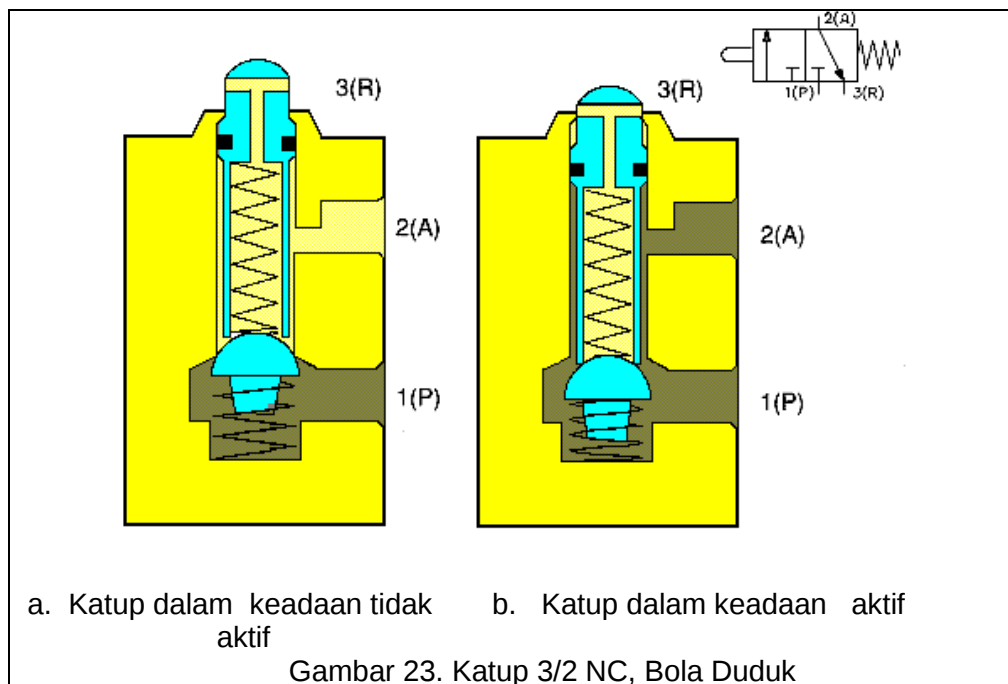
Katup Geser. Pada katup geser masing-masing sambungan dihubungkan bersama atau ditutup oleh kumparan geser, kumparan geser yang rata dan katup dengan piringan geser.

2. Jenis Katup KKA

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.

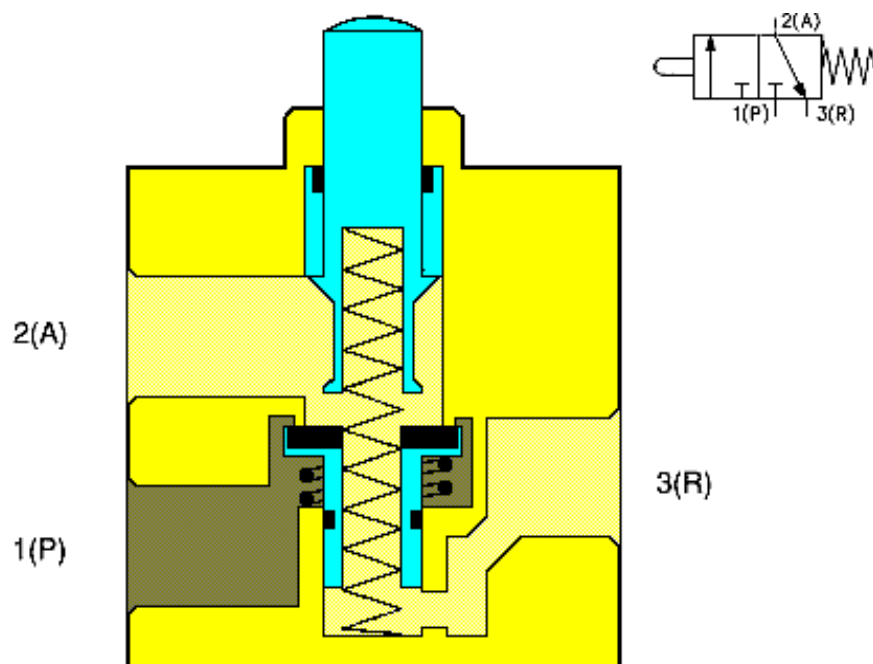
Katup 3/2 N/C , Bola Duduk



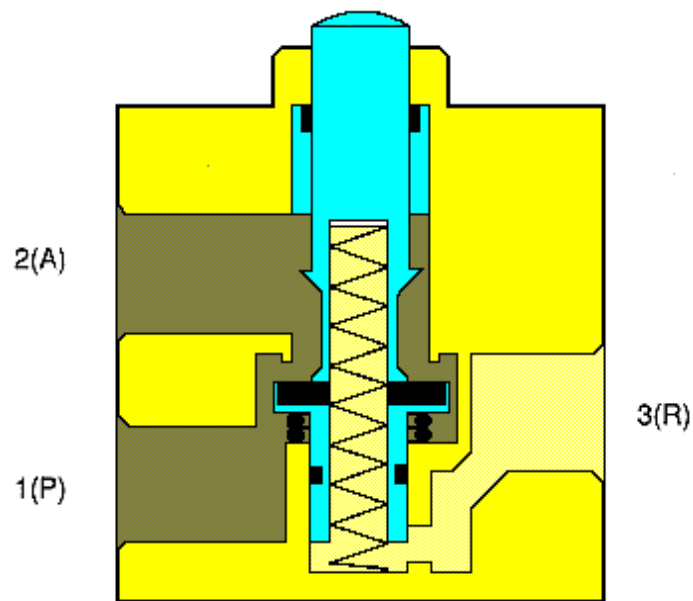
Hubungan posisi awal katup adalah lubang keluaran sinyal 2(A) terhubung dengan lubang pembuangan 3 (R). Gaya pegas mengembalikan sebuah bola pada kedudukan katup sehingga mencegah udara bertekanan mengalir dari lubang 1(P) ke lubang keluaran 2(A) . Dengan tertekannya tuas penekan katup menyebabkan bola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

Katup 3/2 N/C, Dudukan Piring



Gambar 24. Katup 3/2 N/C, dalam keadaan tidak aktif

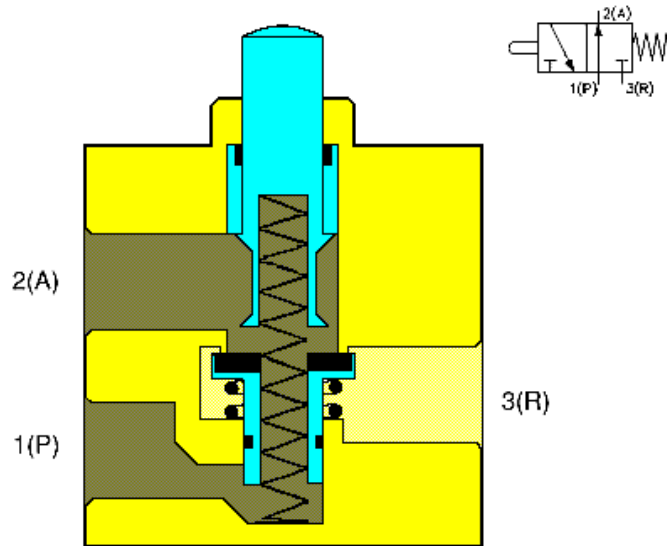


Gambar 25. Katup 3/2 N/C, dalam keadaan aktif

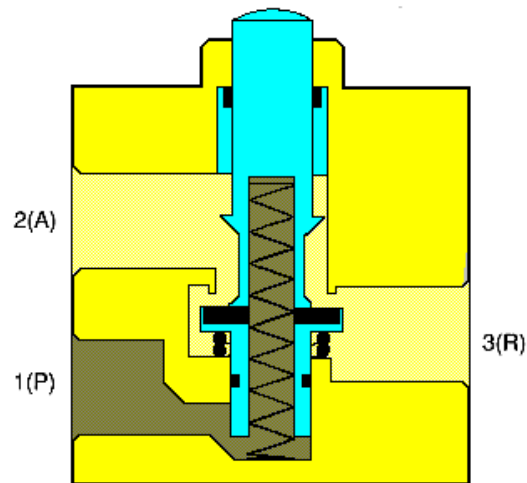
Katup yang ditunjukkan disini dikonstruksi pada prinsip dudukan piring. Karet sealnya sederhana tetapi efektif. Waktu reaksinya pendek dan gerakan sedikit pada permukaan yang luas cukup untuk mengalirkan udara. Sama juga dengan katup dudukan bola, katup ini sangat peka dan tidak tahan terhadap kotoran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

Katup 3/2 N/O, Dudukan Piring



Gambar 26. Katup 3/2 N/O, dalam keadaan tidak aktif



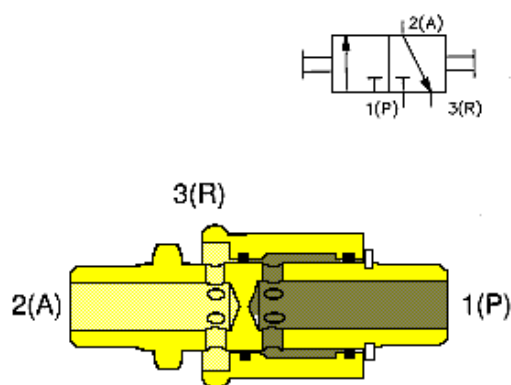
Gambar 27. Katup 3/2 N/O, dalam keadaan aktif

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). 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.

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. 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.



Gambar 28. Katup 3/2 Geser Dengan Tangan

Katup 3/2 Diaktifkan Secara Pneumatik

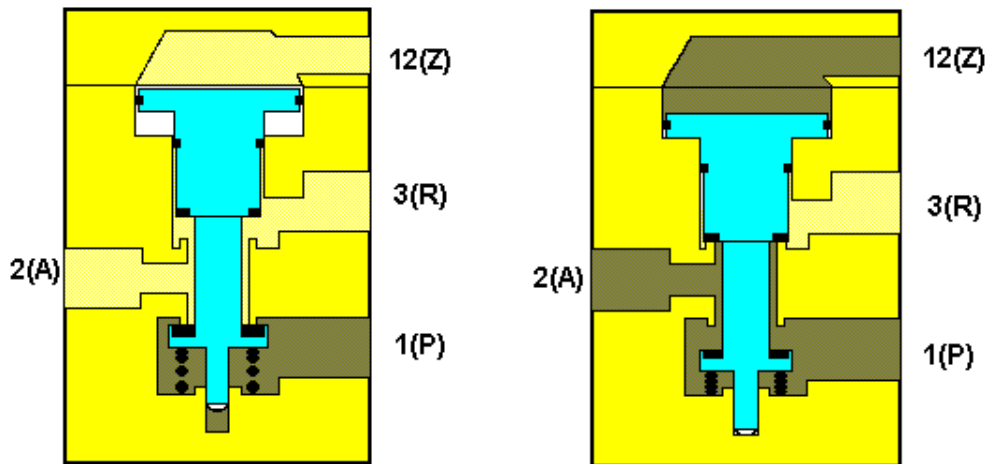
Katup 3/2 diaktifkan secara pneumatik , dioperasikan oleh sinyal udara pada lubang pengaktifan 12(Z), menggunakan udara dari luar sebagai pembantu. Ini digolongkan sebagai katup beroperasi dengan pilot tunggal, karena hanya ada satu sinyal kontrol dan katup mempunyai pegas pengembali.

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.

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).

Konstruksi katup 3/2, pilot tunggal dengan posisi normal tertutup seperti pada Gambar berikut.



a. Katup 3/2 Pilot Tunggal N/C, dalam keadaan tidak aktif

b. Katup 3/2 Pilot Tunggal N/C, dalam keadaan aktif

Gambar 29. Konstruksi Katup 3/2 (Pilot Tunggal Dengan Posisi Normal Tertutup)

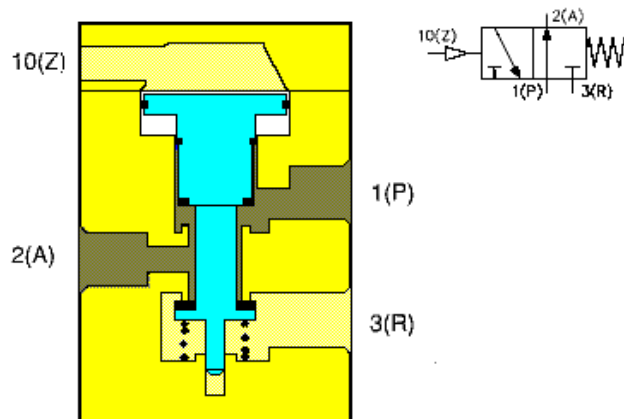
Katup 3/2 Pilot Tunggal N/O

Pada posisi awal katup adalah normal terbuka karena saluran masukan 1(P) terhubung dengan saluran keluaran 2(A).

Udara yang diberikan pada lubang pengaktifan 12(Z) menggerakkan tuas katup dan akibatnya pegas tertekan. Saluran masukan 1(P) terblok 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)

Konstruksi katup 3/2, pilot tunggal dengan posisi normal terbuka seperti pada Gambar 32.



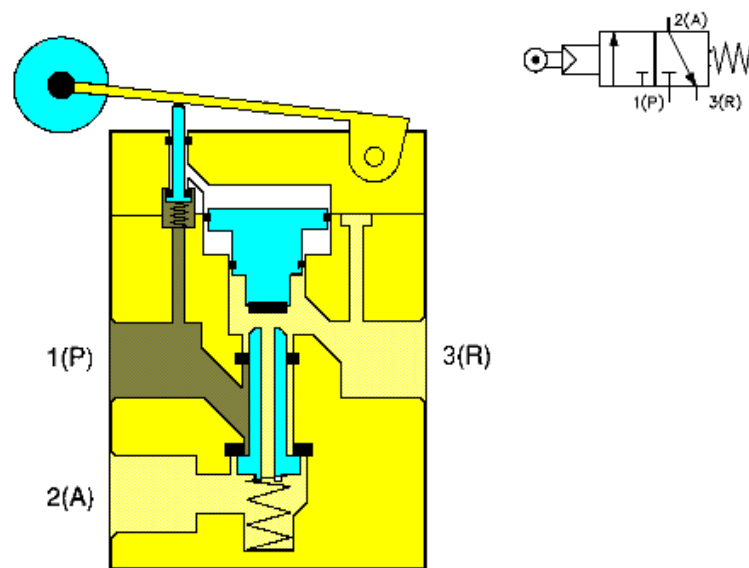
Gambar 30. Katup 3/2 Pilot Tunggal N/O, dalam keadaan tidak aktif

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.

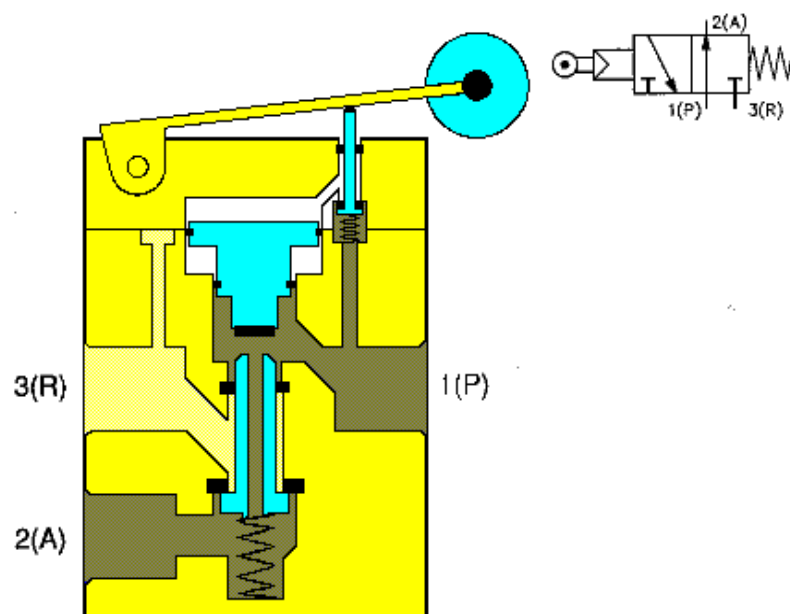
Sebuah lubang kecil menghubungkan saluran masukan 1(P) dengan katup pilot. Jika tuas rol diaktifkan katup pilot membuka . Udara bertekanan mengalir ke piston servo dan mengaktifkan piringan katup utama. Pada katup 3/2 dengan posisi normal tertutup, pengaruhnya adalah tertutupnya saluran keluaran 2(P)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

Konstruksi katup 3/2 normal tertutup (N/C) dengan tuas rol digambarkan seperti Gambar 33.



Gambar 31. Katup 3/2 , NC pengaktifan dengan tuas rol

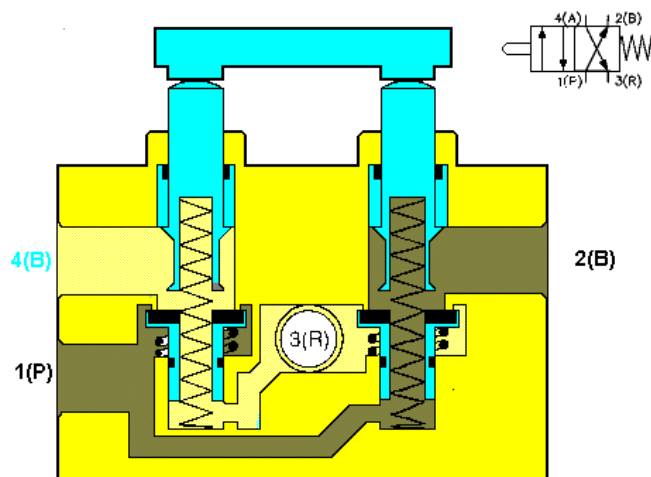
Jenis katup 3/2 normal terbuka dengan tuas rol diperlihatkan seperti pada Gambar 34.



Gambar 32. Katup 3/2 , NO, pengaktifan dengan rol

Katup 4/2

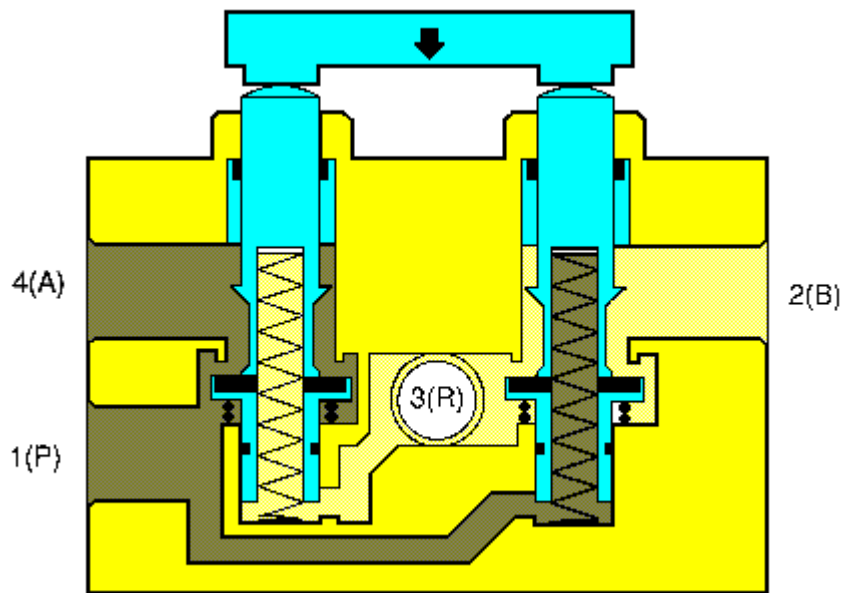
Katup 4/2 mempunyai 4 lubang dan 2 posisi kontak. Sebuah katup 4/2 dengan kedudukan piringan adalah sama konstruksi dengan kombinasi gabungan dua katup 3/2 : satu katup N/C dan satu katup N/O. Konstruksi katup 4/2 dengan posisi awal (tidak tertekan) seperti pada Gambar 35.



Gambar 33. Katup 4/2 dudukan piringan, dalam keadaan tidak aktif

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.

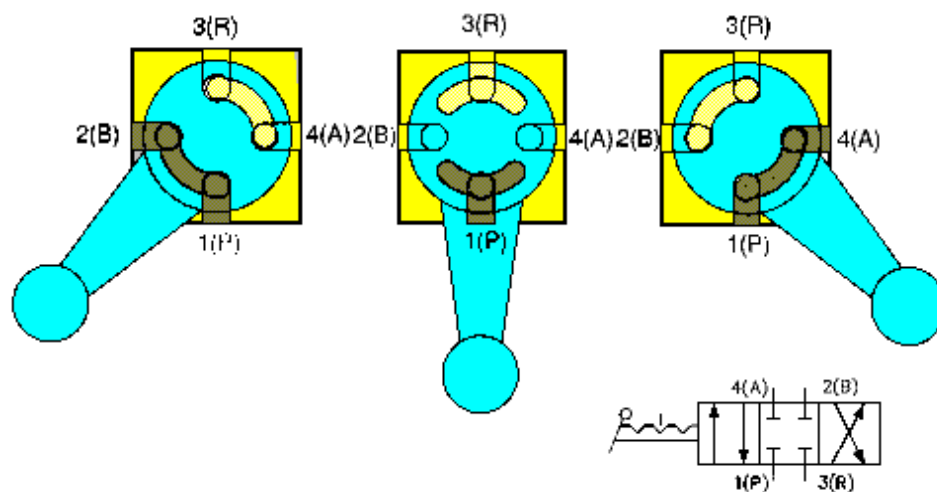
Katup 4/2 dudukan piringan, tertekan diperlihatkan seperti pada Gambar 36.



Gambar 34. Katup 4/2 dudukan piringan , dalam keadaan aktif

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 37.



Gambar 35. 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.

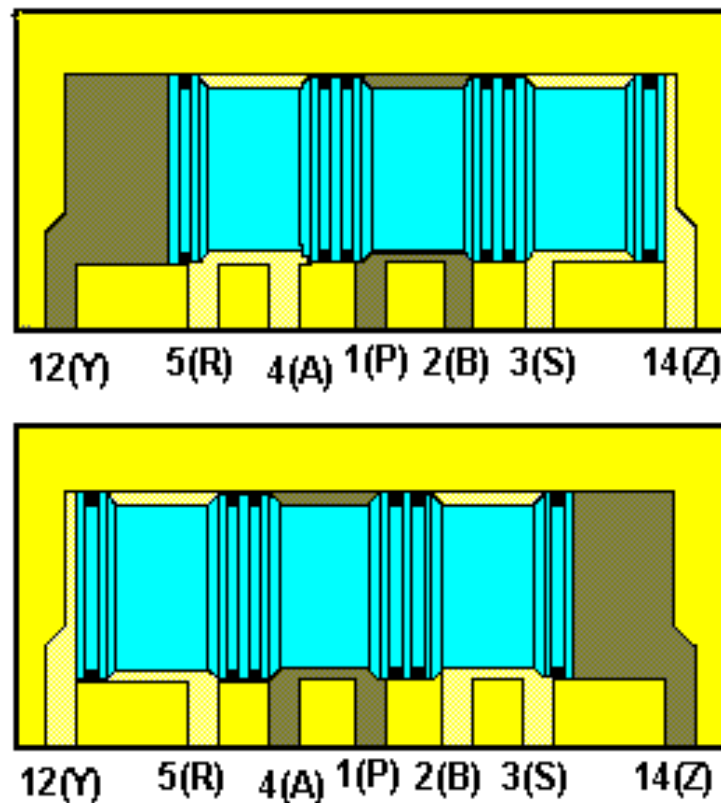
Katup 5/2

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 pengoperasiannya adalah kecil sebab tidak ada tekanan udara atau tekanan pegas yang harus diatasi (prinsip dudukan bola atau dudukan piring).

Pada katup geser memanjang semua cara pengaktifan manual, mekanis, elektrik atau pneumatis adalah mungkin. Juga untuk pengembalian katup ke posisi awal, dapat digunakan cara-cara pengaktifan ini. Jalan pengaktifan jauh lebih panjang dari pada katup duduk. Dalam memasang katup geser, perapatan menjadi masalah . Perapatan yang sudah dikenal dalam hidrolik : “Logam pada logam“ memerlukan pengepasan piston geser secara tepat ke dalam rumahnya.

Pada katup pneumatik, jarak antara dudukan dan rumahnya tidak boleh lebih dari 0,002 - 0,004 mm, kalau tidak kerugian kebocoran akan menjadi lebih besar. Untuk menghemat biaya pemasangan yang mahal, dudukan sering memakai seal jenis O. Untuk menjaga kerusakan seal, lubang sambungan bisa ditempatkan di sekitar keliling rumah dudukan.

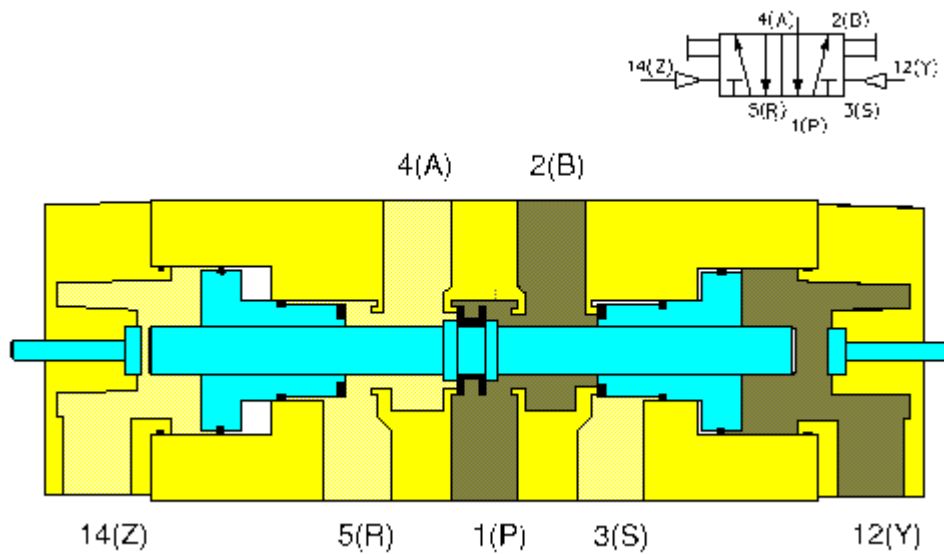
Contoh katup 5/2 , prinsip geser mendatar sebagai berikut :



Gambar 36. Katup 5/2 , Prinsip Geser Mendatar

Metode lain dari seal adalah menggunakan sebuahudukan 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 39.



Gambar 37. Katup 5/2, Dudukan Piringan

3. Pemasangan Katup

Pemasangan Katup Dengan Tuas Rol

Keandalan sebuah pengontrolan bertahap sangat bergantung pada pemasangan katup batas (limit switch) yang benar. Untuk semua perencanaan pemasangan katup batas harus bisa diatur posisi kedudukan dengan mudah agar supaya mendapatkan keserasian koordinasi gerakan silinder dalam urutan kontrol.

Penempatan Katup

Pemilihan katup yang cermat, penempatan yang benar adalah sebagai salah satu persyaratan lanjutan, untuk keandalan sifat pensakelaran harus bebas gangguan pengoperasiannya, hal ini memberikan kemudahan untuk mereparasi dan memelihara. Pemakaian ini pada katup-katup dalam bagian daya dan katup-katup dalam bagian kontrol.

Katup yang diaktifkan secara manual untuk sinyal masukan pada umumnya ditempatkan pada panel kontrol atau meja kontrol. Maka dari itu praktis dan tepat sekali untuk memakai katup-katup dengan pengaktifan yang bisa

ditempatkan pada katup dasar. Variasi pengaktifan tersedia untuk macam yang luas dari fungsi masukan.

Penempatan katup kontrol harus bisa diambil dengan mudah untuk mereparasi, mengeluarkan atau memodifikasi kerjanya. Penomoran komponen dan pemakai indikator sebagai penunjuk untuk sinyal kontrol merupakan hal yang paling penting guna untuk mengurangi waktu tunda dan memudahkan pencarian kesalahan.

Katup-katup daya mempunyai tugas pengaktifan pneumatik untuk mengatur sesuai dengan urutan tahapan kontrol yang telah ditentukan. Persyaratan dasar untuk katup daya adalah untuk membolehkan membalik aliran udara ke silinder begitu sinyal kontrol telah diberikan. Katup daya sebaiknya ditempatkan sedekat mungkin dengan silinder. Agar supaya panjang saluran bisa diperpendek dan juga waktu pensakelaran seideal dan sependek mungkin. Katup daya bisa ditempatkan langsung ke pengatur. Sebagai keuntungan tambahan adalah bahwa penyambung, slang dan waktu pemasangan bisa dihemat.

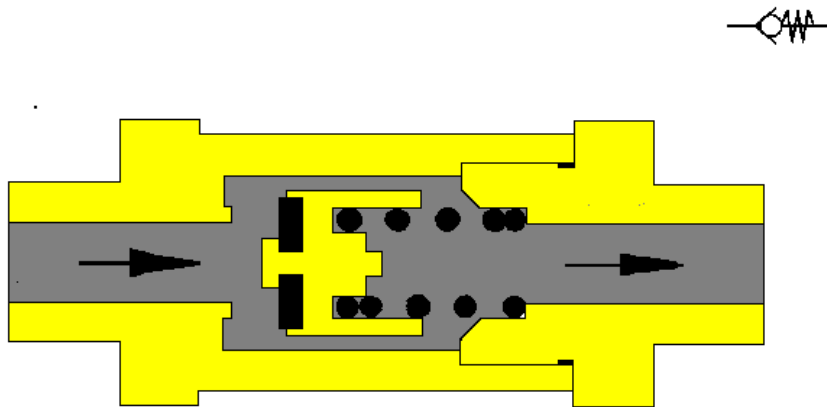
Katup Satu Arah

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".

Katup Cek (Check Valves)

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.

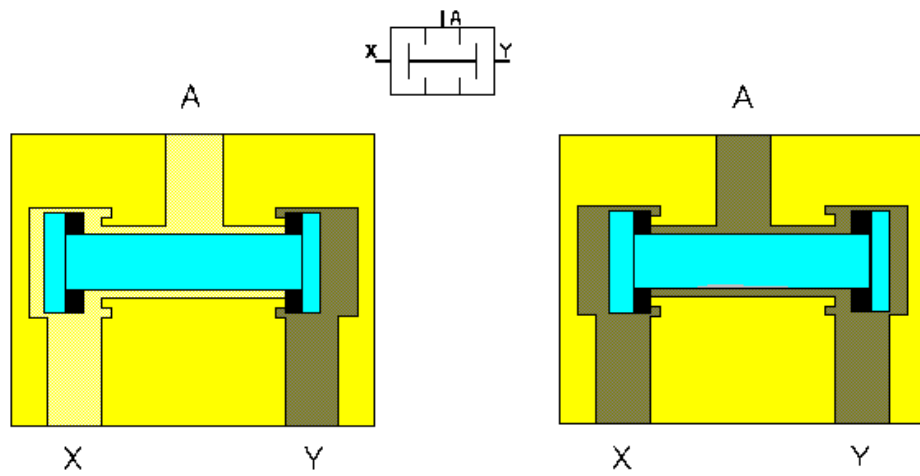


Gambar 38. Katup Cek

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 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”.

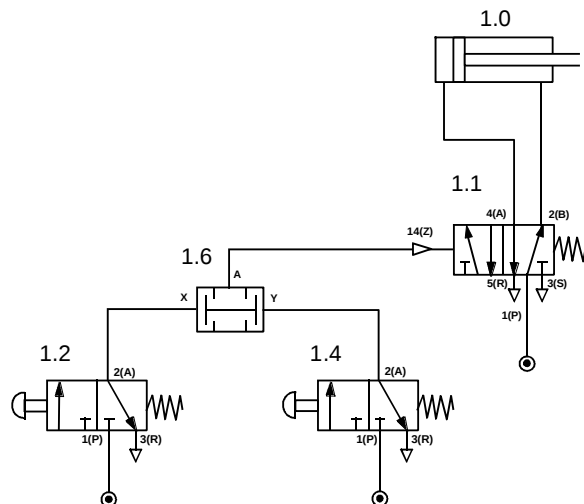
Udara bertekanan hanya mengalir jika ke dua lubang masukan diberi sinyal. Satu sinyal masukan memblokir aliran. Jika sinyal diberikan ke dua sisi masukan (X dan Y), sinyal akan lewat ke luar. Jika sinyal masukan berbeda tekanannya, maka sinyal dengan tekanan yang lebih besar memblokir katup dan sinyal dengan tekanan yang lebih kecil yang mengalir ke luar sebagai sinyal keluaran. Katup dua tekanan pada umumnya digunakan untuk kontrol pengunci, kontrol pengaman, fungsi cek dan fungsi logika.



a. Katup Fungsi “DAN” dengan input pada Y

b. Katup Fungsi “DAN” dengan input pada X dan Y

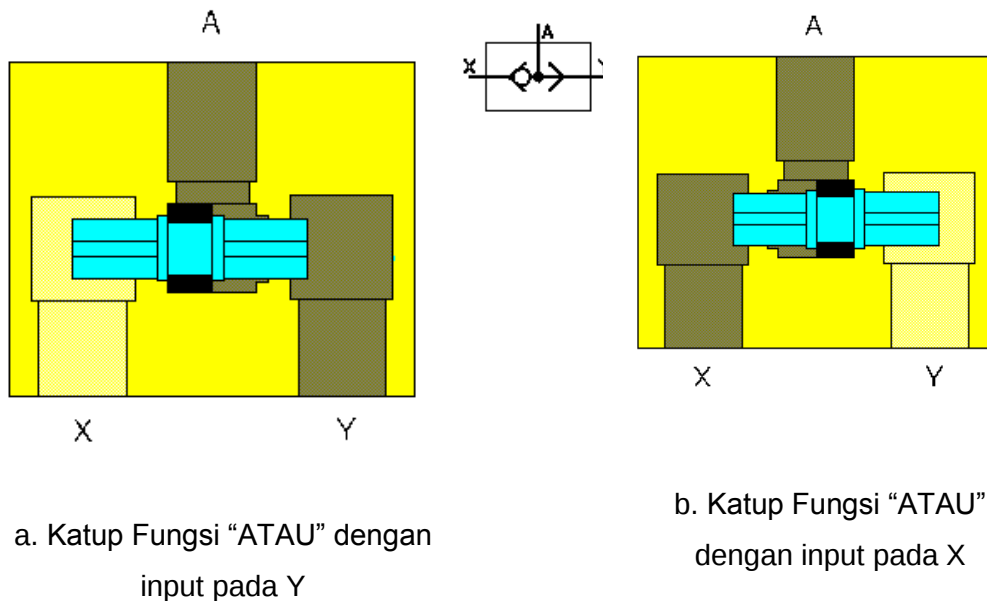
Gambar 39. Katup Dua Tekanan/Katup Fungsi “ DAN “ (*Two Pressure Valves*)



Gambar 40. Rangkaian Katup Fungsi “DAN”

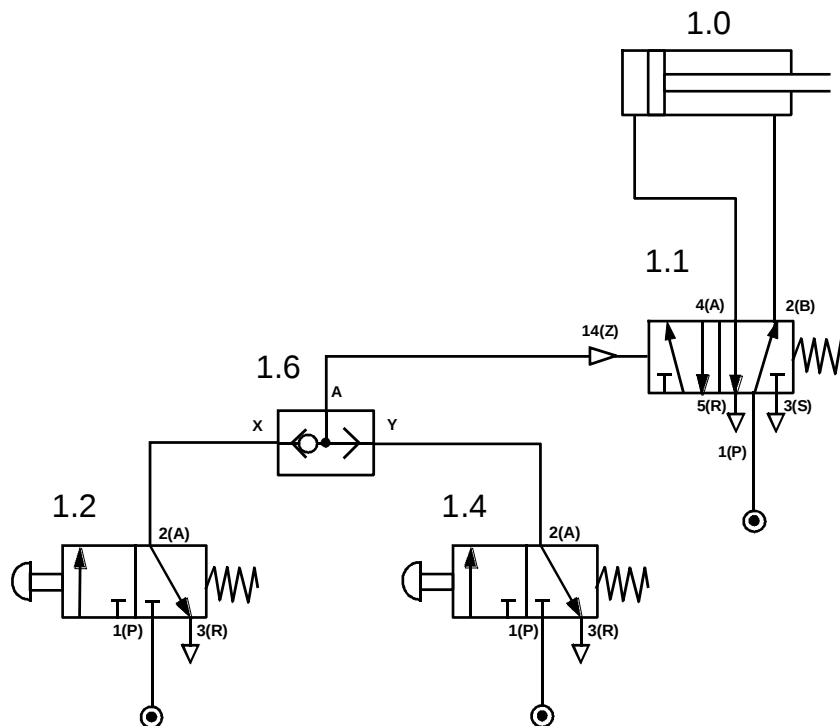
Katup Ganti/Katup Fungsi “ATAU” (*Shuttle Valve*)

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 41. Katup Ganti/Katup Fungsi “ATAU” (*Shuttle Valve*)

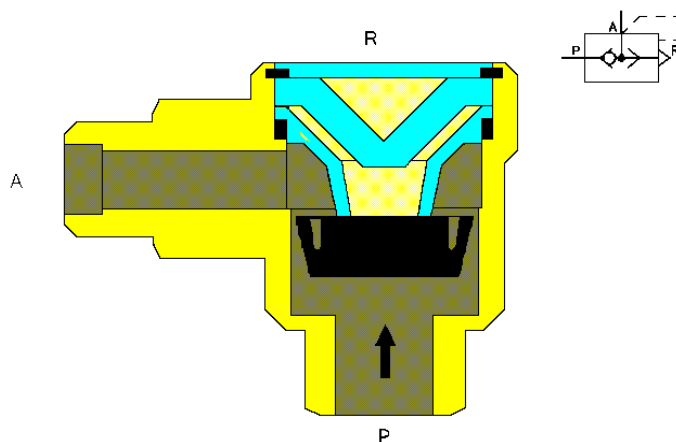
Katup ini disebut juga komponen fungsi “ATAU”. Jika silinder atau katup kontrol dioperasikan dari dua tempat atau lebih, katup ganti bisa digunakan. Pada contoh berikut menunjukkan sebuah silinder yang diaktifkan dengan menggunakan sebuah katup yang dioperasikan dengan tangan dan lainnya dipasang pada posisi yang berjauhan.



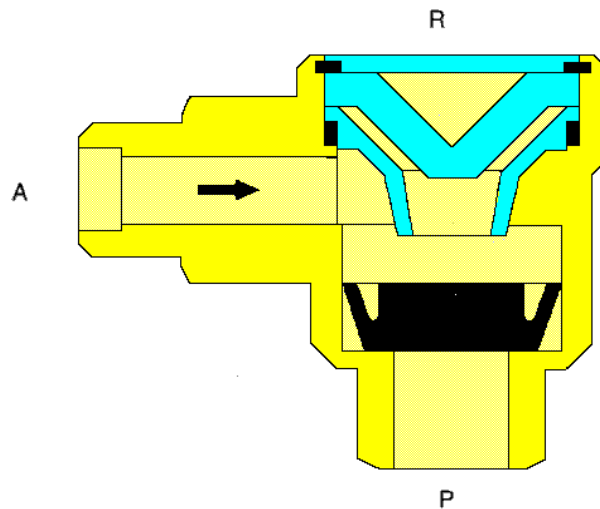
Gambar 42. Rangkaian katup fungsi “ATAU”

Katup Buangan-Cepat (*Quick Exhaust Valve*)

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.



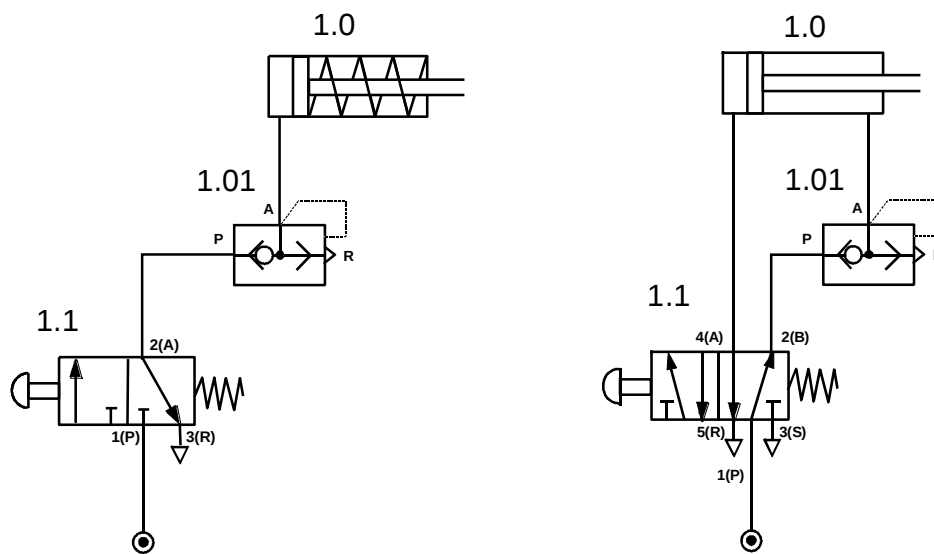
Gambar 43. Katup buangan cepat, udara mengalir ke silinder



Gambar 44. Katup buangan-cepat, udara pembuangan dari silinder

Katup buangan cepat mempunyai sambungan udara masuk P, keluaran A dan lubang pembuangan R. Aliran udara masuk lewat P dan keluar bebas melalui terbukanya komponen katup cek. Lubang R terblokir oleh piringan.

Jika udara disuplai dari lubang A, piringan akan menutup lubang P dan udara keluar ke atmosfer lewat lubang R. Peningkatan kecepatan tersebut dibandingkan dengan pembuangan udara lewat katup kontrol akhir. Cara tersebut mudah dilaksanakan dengan jalan memasang katup buangan-cepat langsung pada silinder atau sedekat mungkin dengan silinder.

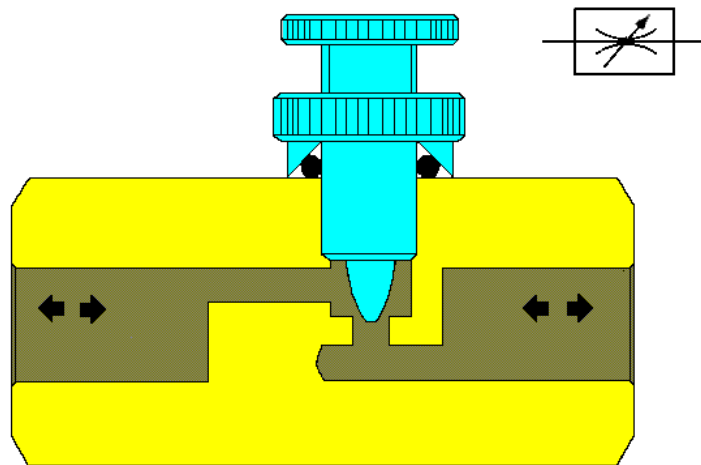


Gambar 45. Rangkaian dengan katup buangan-cepat

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.

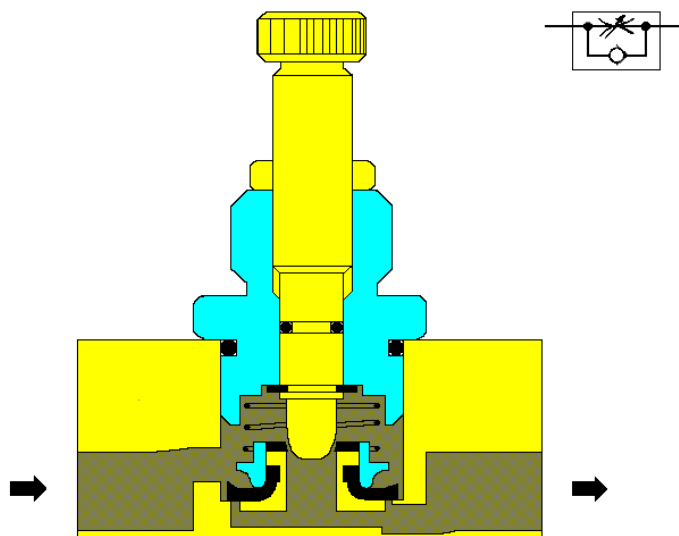
Katup Cekik, Dua Arah (Throttle Valves). Katup cekik pada keadaan normal dapat diatur dan pengesetannya dapat dikunci pada posisi yang diinginkan. Karena sifat udara yang kompresibel, karakteristik gerakan silinder tergantung dari beban dan tekanan udara. Oleh karena itu katup kontrol aliran digunakan untuk mengontrol kecepatan silinder dengan berbagai harga yang bervariasi. Hati-hati agar tidak menutup katup ini penuh, karena akan menutup udara ke sistem.



Gambar 46. Katup Cekik

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.



Gambar 47. Katup Kontrol Aliran, Satu Arah

Ada dua jenis rangkaian pencekikan aliran udara untuk silinder kerja ganda :

- Pencekikan udara masukan.
- Pencekikan udara buangan.

Pencekikan Udara Masukan

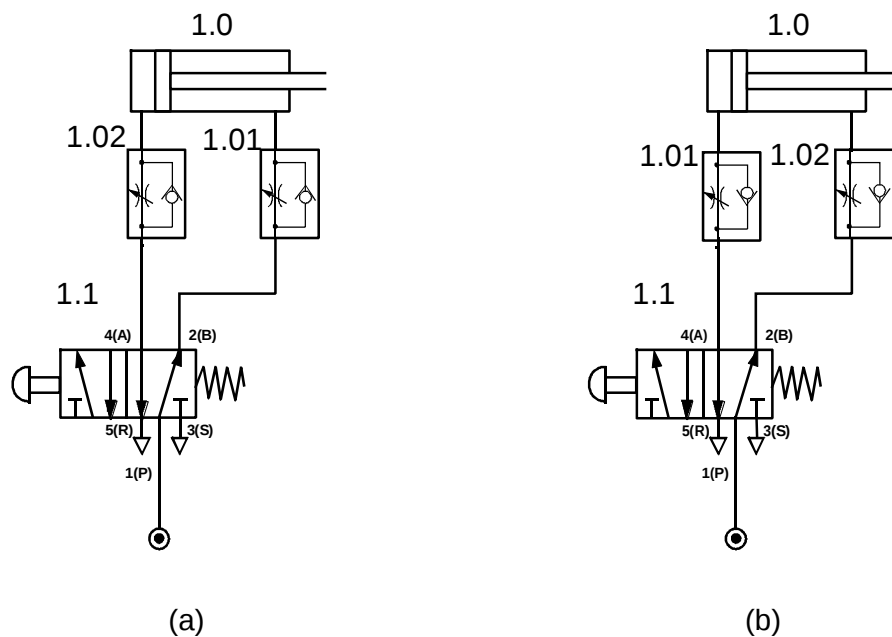
Pada pencekikan udara masukan, katup kontrol aliran satu arah dipasang sedemikian rupa sehingga udara yang masuk silinder dicekik. Udara pembuangan bisa keluar dengan bebas melalui katup satu arah yang dipasang pada sisi keluaran silinder. Perubahan pergeseran beban ketika melewati sebuah katup pembatas, menunjukkan ketidakaturan yang besar dalam pemberian kecepatan, jika udara masukan diperkecil.

Pencekikan udara masukan dapat digunakan pada silinder kerja tunggal dan dan silinder dengan volume kecil.

Pencekikan Udara Keluaran

Dengan pencekikan udara buangan, udara masukan mengalir dengan bebas ke silinder dan udara buangan dicekik. Dalam hal ini piston dibebani antara dua pengereman. Pertama, efek pengereman adalah tekanan masukan pada silinder dan yang kedua adalah udara buangan yang ditahan oleh katup kontrol aliran satu arah.

Pencekikan udara buangan digunakan untuk mengatur kecepatan silinder kerja ganda.



Gambar 48. Pencekikan Udara: (a) Masukan dan, (b) Keluaran

Katup Tekanan

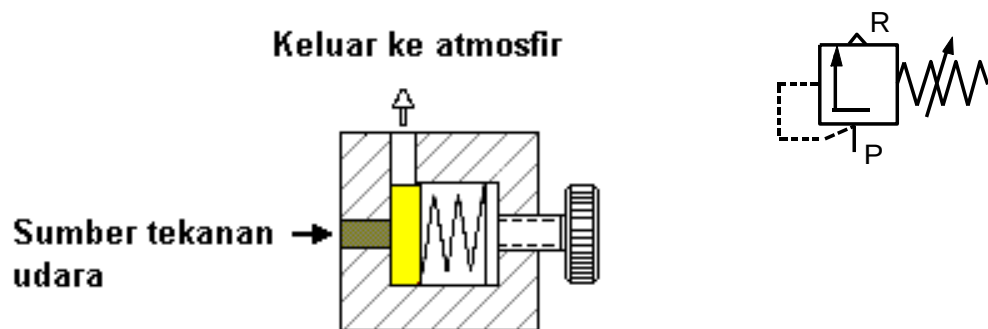
Macam-Macam Katup Tekanan

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*)

Katup Pembatas Tekanan

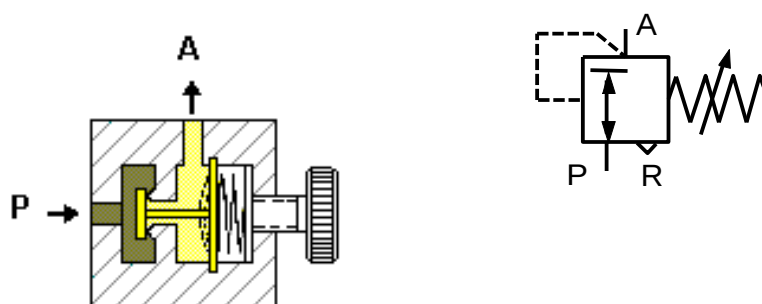
Katup ini terutama dipakai sebagai katup pengaman (katup tekanan lebih). Katup ini mencegah terlampauinya tekanan maksimal yang ditolerir dalam sistem. Apabila nilai dalam tekanan maksimal tercapai pada lubang masukan, maka lubang keluaran pada katup akan terbuka dan udara bertekanan dibuang ke atmosfer. Katup tetap terbuka sampai katup ditutup oleh gaya pegas di dalam setelah mencapai tekanan kerja yang diinginkan.



Gambar 49. Katup Pembatas Tekanan

Katup Pengatur Tekanan

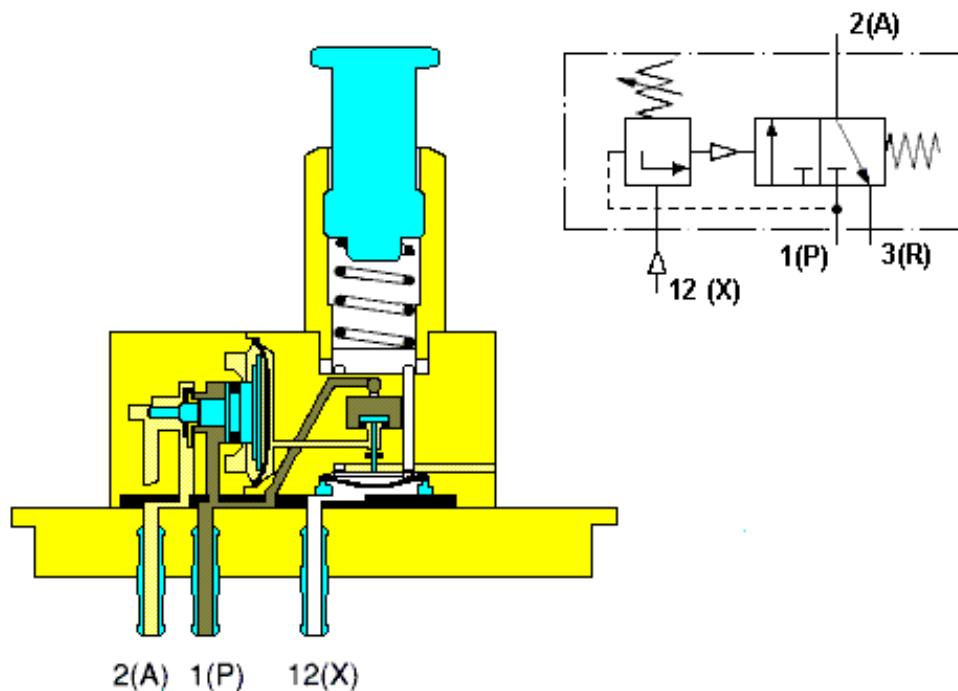
Katup pengatur tekanan diuraikan di bagian perlengkapan pemeliharaan udara (Servis Unit). Yang penting dari unit ini adalah untuk menjaga tekanan yang stabil, walaupun dengan tekanan masukan yang berubah-ubah. Tekanan masukan harus lebih besar daripada tekanan keluaran yang diinginkan.



Gambar 50. Katup Pengatur Tekanan

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).



Gambar 51. Katup Sakelar Tekanan

Katup Tunda Waktu

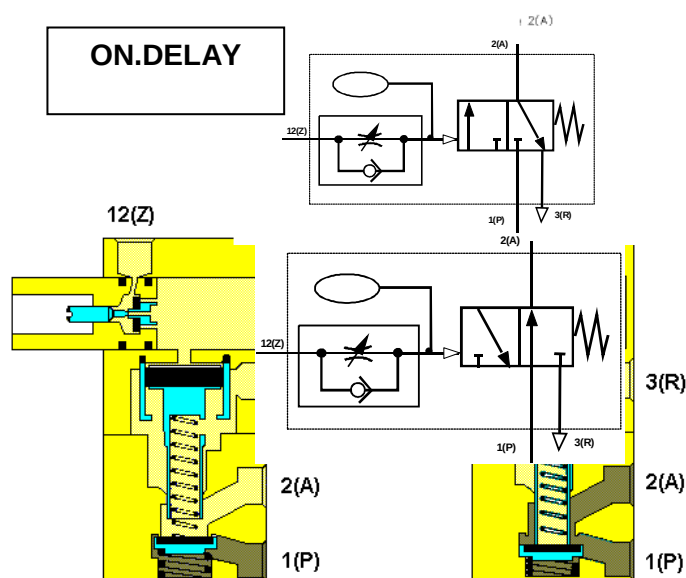
Macam-Macam Katup Tunda Waktu

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.

Katup Tunda Waktu NC

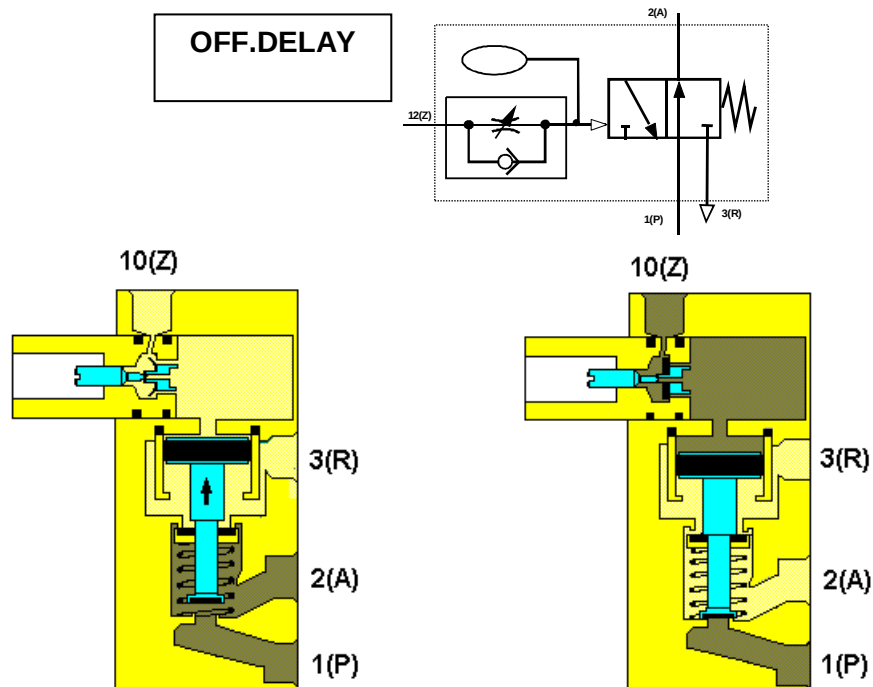
Berdasarkan gambar diagram dibawah, udara bertekanan dimasukkan ke katup pada saluran 1(P). Aliran udara kontrol masuk katup pada saluran 12(Z). Udara ini akan mengalir melalui katup kontrol aliran satu arah dan tergantung pada setting sekrup pencekik, lebih besar atau lebih kecil dari jumlah aliran 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 memblok 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 52. Katup Tunda Waktu NC

Katup Tunda Waktu NO



Gambar 53. 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.

Rangkaian Katup Tunda Waktu

Rangkaian berikut ini menggunakan 2 buah katup tunda waktu, sebuah katup NC (1.5) dan yang lain katup NO (1.4). Pengoperasian dimulai dengan tombol tekan (1.2), sinyal yang dikeluarkan diteruskan melalui katup (1.4) dan menyebabkan silinder bergerak maju melalui lubang 14(Z) katup memori (1.1). Katup tunda waktu (1.4) mempunyai set tunda waktu yang sangat pendek yaitu 0.5 detik. Hal ini cukup lama untuk memulai sinyal start tetapi kemudian sinyal 14(Z) diputuskan oleh sinyal pemandu timer 10(Z). Silinder mengoperasikan katup rol (1.3). Katup tunda waktu (1.5) menerima sinyal pemandu yang kemudian setelah setting waktu terlampaui akan membuka

1. Apa saja hal-hal yang harus Saudara persiapkan sebelum mempelajari materi pembelajaran Katup Pneumatik? Sebutkan!
2. Kompetensi apa saja yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Sebutkan topik-topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini?

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-41.

Aktivitas 2: Pelajari dan Diskusikan Bahan Bacaan KB-4

Baca Bahan Bacaan KB-4 tentang Katup Pneumatik. Selanjutnya, kerjakan LK-42, dan diskusikan jawaban Saudara dengan sesama guru kejuruan lainnya

E. Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan Katup Kontrol Aliran, dan tuliskan macam-macam (KKA).
2. Jelaskan cara membaca simbol KKA.
3. Jelaskan cara-cara mengaktifkan KKA.
4. Jelaskan cara kerja katup 3/2.
5. Bagaimana prinsip kerja katup cek (Check Valve)?
6. Jelaskan prinsip kerja katup fungsi "DAN".
7. Jelaskan prinsip kerja katup fungsi "ATAU".
8. Jelaskan prinsip kerja katup buangan cepat.
9. Bagaimana prinsip kerja katup kontrol aliran satu arah?
10. Jelaskan kegunaan katup kontrol aliran satu arah.
11. Tuliskan macam-macam katup tekanan.
12. Jelaskan cara kerja katup pengatur tekanan dengan benar.
13. Jelaskan cara kerja katup pembatas tekanan dengan benar.
14. Jelaskan cara kerja katup sakelar tekanan dengan benar.
15. Tuliskan macam-macam konfigurasi katup tunda waktu.
16. Jelaskan cara kerja katup tunda waktu.

F. Rangkuman

Katub kendali aliran atau *flow-control valve*, mengendalikan aliran udara kempa, yang akan digunakan untuk menggerakkan aktuator. Katub kendali aliran memiliki sistem mekanik, sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan secara jarak jauh “remote” melalui sinyal yang dikirimkan oleh kontroler.

Jenis katub kendali antara lain, Katub 5/2, Aktuasi Pneumatik dari satu sisi, Katub 3/2, Aktuasi Pneumatik dari satu sisi, Katub Pengatur Aliran Satu Arah, Katub Aktuasi Tekanan Ganda (Shuttle) dengan Fungsi OR, dan Katub Pengatur Tekanan Dari Satu Arah. Elemen input dalam sistem kendali pneumatik dapat berfungsi sebagai antarmuka bagi operator (misalnya sakelar tombol tekan dan sakelar pemilih) dan juga berfungsi sebagai piranti pendeteksi (misalnya sakelar limit dan sakelar proksimiti). Jenis piranti input antara lain, Katub 3/2 dengan Aktuasi Tombol Tekan, Normally Closed, Katub 3/2 dengan aktuasi Tombol Tekan, Normally Open, Katub 3/2 dengan aktuasi Sakelar Seleksi, Katub 3/2 dengan aktuasi Sakelar Limit roller, Normally Closed, Katub Tekanan sekuensial, Sensor Proksimiti, dan Katub dengan Penudaan Waktu.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan balik setelah mempelajari Kegiatan Belajar 4 ini adalah melihat apakah peserta diklat sudah memiliki kemampuan:

1. Mampu menyebutkan macam-macam KKA.
2. Mampu menjelaskan cara membaca simbol KKA.
3. Mampu menjelaskan berbagai cara mengaktifkan KKA.
4. Mampu menjelaskan cara kerja katup 3/2, 4/2, dan 5/2.
5. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup cek (Check Valve).
6. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup fungsi “DAN” (Two Pressure Valves).
7. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup fungsi “ATAU” (Shuttle Valve).
8. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup buangan cepat (Quick Exhaust Valve).

9. Mampu menjelaskan fungsi katup fungsi “DAN”, “ATAU” dan katup buangan-cepat.
10. Mampu membedakan katup cekik dengan katup kontrol aliran satu arah.
11. Mampu menjelaskan prinsip kerja katup kontrol aliran satu arah.
12. Mampu menjelaskan kegunaan katup kontrol aliran satu arah.
13. Mampu menyebutkan macam-macam katup tekanan.
14. Mampu menjelaskan cara kerja katup pengatur tekanan dengan benar.
15. Mampu menjelaskan cara kerja katup pembatas tekanan dengan benar.
16. Mampu menjelaskan cara kerja katup sakelar tekanan dengan benar.
17. Mampu menyebutkan macam-macam konfigurasi katup tunda waktu.
18. Mampu menjelaskan cara kerja katup tunda waktu dengan benar.

Hal ini bisa dilihat dengan tingkat penguasaan peserta diklat dalam menjawab soal-soal latihan yang diberikan pada kegiatan belajar ini. Tingkat penguasaan peserta diklat terhadap materi diperoleh dengan membandingkan jawabannya dengan kunci jawaban yang tersedia.

Hitunglah jumlah jawaban Anda yang benar. Kemudian gunakan formulasi berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi kegiatan belajar.

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

(*Catatan* : Kejujuran Intelektual Memegang Peranan Penting)

Jika Anda mencapai tingkat penguasaan $\geq 75\%$, Anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya. Apabila tingkat penguasaan Anda masih dibawah 75%, Anda harus mengulangi kegiatan belajar ini.

Tindak lanjut supaya peserta diklat dapat meningkatkan lagi penguasaannya terhadap materi adalah peserta diklat diarahkan untuk mempelajari lagi: menganalisis fungsi dan diagram alir rangkaian kontrol pneumatik , dan mengoperasikan sistem kontrol pneumatik.

LEMBAR KERJA

LK - 41

1. Bagaimana Saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

2. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

LK-42

1. Apa yang dimaksud dengan KKA?
2. Jelaskan metoda pengaktifan KKA.
3. Sebutkan jenis-jenis KKA.
4. Jelaskan macam-macam katup tekanan.
5. Jelaskan macam-macam katup tunda waktu.

Kunci Jawaban KB-1

- | | |
|------|-------|
| 1. D | 9. C |
| 2. B | 10. B |
| 3. A | 11. D |
| 4. D | 12. A |
| 5. B | 13. C |
| 6. B | 14. C |
| 7. C | 15. A |
| 8. D | |

Kunci Jawaban KB-2

1. Pneumatik dalam otomasi industri berarti peralatan yang bergerak baik linier maupun rotasi dengan menggunakan media udara bertekanan, gerakan tersebut diakibatkan adanya perbedaan tekanan antara sisi masukan dan sisi keluaran.
2. Berdasarkan Hukum Boyle & Mariotte bahwa: pada suhu konstan, volume masa udara berbanding terbalik dengan tekanan absolutnya . Artinya, hasil kali tekanan absolut dan volume akan selalu konstan, seperti persamaan berikut:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$\frac{P_1}{V_2} = \frac{P_2}{V_1}$$

$$\text{Jadi, } P_2 = \frac{V_1}{V_2} P_1 = \frac{1}{0.5} \times 100 \text{ kPa} = 200 \text{ kPa}$$

3. Hukum Charles-Gay Lussac menyatakan bahwa pada tekanan konstan, volume gas berbanding lurus dengan suhu absolutnya. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$(V_1)(T_2) = (V_2)(T_1)$$

$$(V_1)/(V_2) = (T_1)/(T_2)$$

$$\text{Jadi, } V_2 = V_1 + \frac{V_1}{T_1}(T_2 - T_1)$$

$$V_2 = 0.8 \text{ m}^3 + \frac{0.8 \text{ m}^3}{293 \text{ K}} (344 - 293) \text{ K}$$

$$V_2 = 0.8 \text{ m}^3 + 40.8 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0.8 \text{ m}^3 + 0.14 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0.94 \text{ m}^3$$

4. Pengalaman praktek menunjukkan, untuk alasan ekonomi, tekanan operasi sebesar 5 s.d 6 bar dapat digunakan. Biasanya rugi tekanan berkisar 10 hingga 50 kPa (0,1 – 0,5 bar) yang disebabkan oleh berbagai kondisi, misalnya adanya bengkokan pipa dan panjang pipa, tahanan pipa dan adanya kebocoran. Sehingga untuk mengatasi adanya kerugian tekanan, maka udara kempa yang tersimpan di dalam kompresor harus berikisar 6.5 – 7 bar.
5. Tekanan kerja sesuai standar; udara bertekanan harus kering (tidak mengandung uap air); dan udara bertekanan harus bersih dari kotoran.
6. Keuntungan menggunakan *pneumatics automation*:
 - *Cleanliness*: Udara tekan sangat bersih tidak menimbulkan polusi.
 - *Construction*: Konstruksi komponen pneumatik relatif sederhana.
 - *Speed*: Udara tekan merupakan *working medium* yang mempunyai respon cepat yakni: 1-2 m/s.

Sedangkan, kelemahan sistem otomasi dengan pneumatik sebagai berikut:

- *Preparation*: Udara tekan yang digunakan sebagai fluida kerja pada kontrol pneumatik harus memenuhi persyaratan teknis dan perlu dipersiapkan dengan presisi, dan memerlukan peralatan yang harganya relatif mahal. Udara tekan harus bebas dari debu dan uap air (*moisture*), karena dapat merusak komponen pneumatik.
 - *Force*: Udara tekan mencapai titik ekonomisnya pada tekanan 700 kPa atau 7 bar dengan daya tekan sebesar 20.000 – 30.000 N.
 - *Exhaust air*: *Exhaust air* sangat bising, sehingga memerlukan material yang dapat menyerap suara.
7. Jenis-jenis kompresor yang digunakan pada sistem pneumatic sebagai berikut:
 - Kompresor torak merupakan salah satu tipe kompresor yang paling populer dan memberikan rentang tekanan dan *delivery rate* yang luas. Untuk pemakaian tekanan yang lebih tinggi dapat digunakan multistage

system. Rentang tekanan optimum yang dihasilkan oleh kompresor torak adalah:

Single stage : hingga 4 bar

Double stage : hingga 15 bar

Multistage: di atas 15 bar

- Kompresor Diafragma merupakan keluarga kompresor torak, tetapi dilengkapi dengan diafragma untuk memisahkan antara piston dan *compressor chamber*. Keuntungan ini minyak pelumas (oli) tidak dapat terbawa oleh aliran udara kempa. Digunakan pada industri makanan, farmasi dan kimiawi.
- Kompresor Rotari, kompresor ini menggunakan rotating elemen untuk menaikkan tekanan udara. Selama proses kompresi, *compressor chamber* selalu mengecil secara kontinyu.
- Kompresor Flow dibuat dalam bentuk axial dan radial. Aliran udara digerakkan oleh turbin atau sudu-sudu. Energi kinetik diubah menjadi energi tekanan. Pada kasus *axial compressor*, udara berakselerasi pada arah axial karena efek pergerakan sudu-sudu.

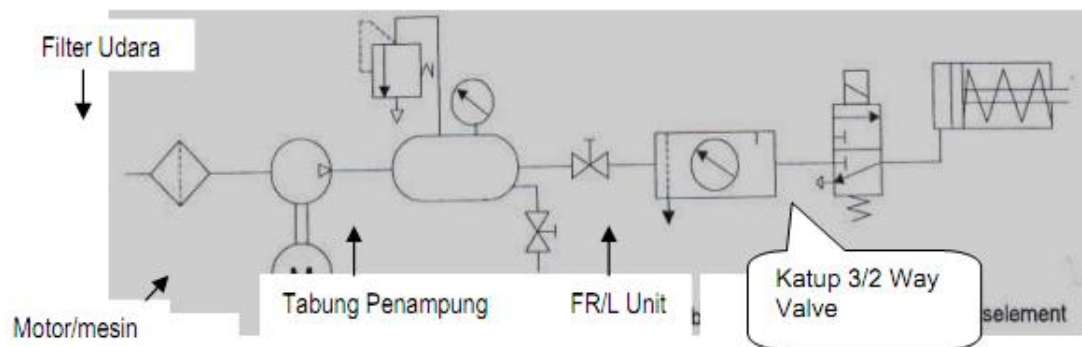
8. Kriteria pemilihan kompresor antara lain:

- jumlah udara kempa yang harus disediakan
- tekanan udara kempa
- kualitas dan kebersihan udara kempa
- tingkat kekeringan udara kempa.

9. Kompresor Diafragma.

10. Pneumatik menggunakan udara kempa untuk menghasilkan gerakan mekanik. Fluktuasi tekanan dikurangi dengan memberikan jaminan kualitas penyaluran udara kempa, dipasang sebuah reservoir (*receiver tank*). Kompresor mengisi reservoir yang disediakan sebagai *storage tank*. Ukuran diameter pipa distribusi udara harus dipilih sedemikian sehingga rugi tekanan tidak boleh melebihi 10 kPa (0,1 bar). Piranti-piranti pneumatik yang perlu mendapat perhatian lebih adalah *Compressor, Filter & Dryer*. Secara lengkap suplai udara bertekanan (udara kempa) memiliki urutan sebagai berikut: Filter udara, sebelum udara atmosfer dihisap kompresor, terlebih dahulu disaring agar tidak ada partikel debu yang merusak kompresor.

Kompresor digerakkan oleh motor listrik atau mesin bensin/diesel tergantung kebutuhan. Tabung penampung udara bertekanan akan menyimpan udara dari kompresor, selanjutnya melalui katup satu arah udara dimasukkan ke FR/L unit, yang terdiri dari Filter, Regulator dan *Lubrication*/pelumasan agar lebih memenuhi syarat. Setelah memenuhi syarat kemudian baru ke sistem rangkaian pneumatik, seperti gambar berikut:



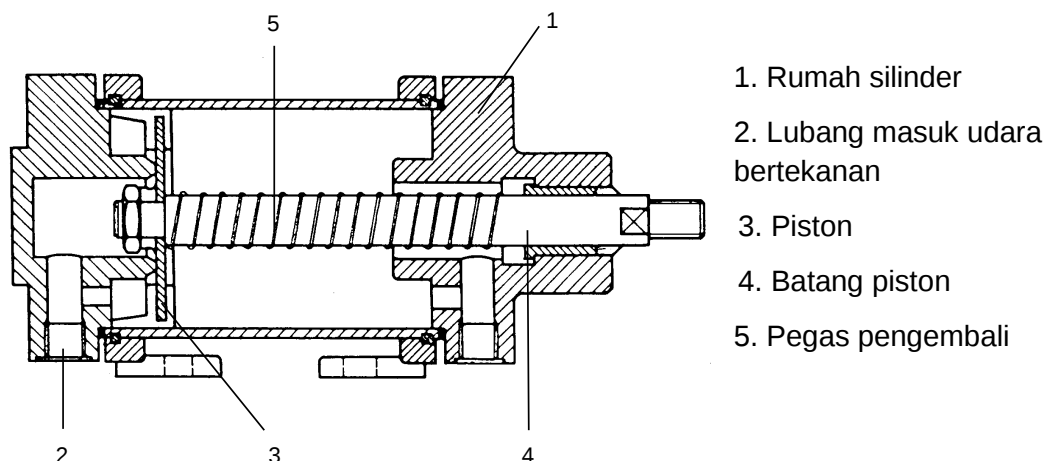
11. Prosedur pemantauan penggunaan udara kempa yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut: a) Frekuensi pemantauan, misalnya setiap akan memulai bekerja perlu memantau kebersihan udara, kandungan air embun, kandungan oli pelumas dan sebagainya. b) Tekanan udara perlu dipantau apakah sesuai dengan ketentuan. c) Pengeluaran udara buang apakah tidak berisik/bising, d) Udara buang perlu dipantau pencampurannya, e) Katup pengaman/regulator tekanan udara perlu dipantau apakah bekerja dengan baik, g) Setiap sambungan (konektor) perlu dipantau agar dipastikan cukup kuat dan rapat karena udara kempa cukup berbahaya.
12. Piranti dalam sistem pneumatic yang perlu mendapat perhatian lebih adalah *Compressor, Filter dan Dryer*.
13. Cara Perawatan *Compressed Air Filter*: *Condensate level* harus diperiksa secara regular. Upayakan, jangan sampai melebihi *level indication* pada *sight glass*, agar *deposit condensate* tidak dapat tertarik masuk ke dalam *compressed air line*. Bukalah *drain screw* yang terdapat pada *sight glass* untuk mengeluarkan *deposit condensate*. Kemudian *filter cartridge* yang ada di dalam *filter* harus juga dibersihkan.

Cara Perawatan *Pressure Regulating Valve*: Piranti ini tidak memerlukan perawatan khusus, bila pemeliharaan *compressed air filter* dilakukan dengan baik.

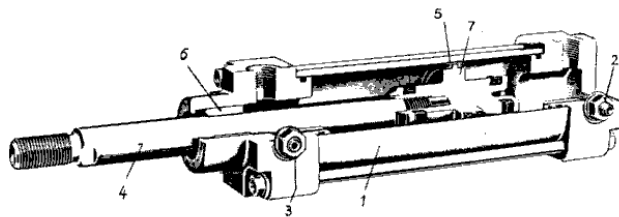
Cara Perawatan *Compressed Air Regulator*: Periksa oil level pada sight glass dan bila perlu tambah oil sehingga mencapai level yang ditentukan. *Plastic filter* dan *lubricator bowl* tidak boleh dibersihkan dengan bahan kimiawi trichloroethylene. Hanya *mineral oil* yang boleh digunakan.

Kunci Jawaban KB-3

1. Bagian-bagian silinder kerja tunggal sebagai berikut:



2. Untuk dapat maju, gaya piston maju harus lebih besar dari gaya pegas. Oleh karena itu gaya yang dihasilkan silinder maju lebih besar dari pada silinder mundur.
3. Silinder kerja tunggal digunakan pada mesin pengepresan, penjepit benda kerja dsb.
4. Bagian-bagian silinder kerja ganda, sebagai berikut:



1. Rumah silinder
2. Saluran masuk
3. Saluran keluar
4. Batang piston
5. Seal
6. Bearing
7. Piston

5. Bila pada saluran masuk (lubang 2) dialiri udara bertekanan dan pada saluran keluar (lubang 3) terhubung ke atmosfer, maka silinder akan maju. Aliran dimatikan, posisi batang silinder tetap di luar. Bila aliran masuk dari lubang keluaran (lubang 3) dan lubang masuk (lubang 2) terhubung ke atmosfer, maka batang silinder kembali masuk ke dalam rumah silinder. Bila lubang 2 tersumbat, batang silinder tidak dapat masuk ke dalam rumah silinder.
6. Pada silinder kerja ganda gaya piston mundur juga lebih kecil daripada gaya piston maju, sebab pada saat mundur luas penampang piston akan dikurangi seluas batang piston.
7. Silinder dengan diameter piston 70 mm, mempunyai lubang masuk 9 mm, beban terpasang 60% beban penuh memiliki kecepatan gerak silinder:
Baca tabel didapatkan 380 mm/detik ($380 \text{ mm/detik} = 0,38 \text{ m/detik}$).

Kunci Jawaban KB-4

1. Katup kontrol arah 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 udara dan jumlah kotak menunjukkan jumlah posisi.

Macam-macam KKA sebagai berikut:

Katup 3/2

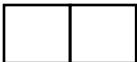
Katup 4/2

Katup 4/3

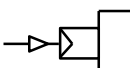
Katup 5/2

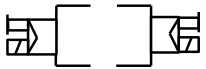
Katup 5/3

2. Cara membaca simbol katup pneumatik sebagai berikut :

	Kotak menunjukkan posisi pensakelaran katup
	Jumlah kotak menunjukkan jumlah posisi pensakelaran katup Contoh: • jumlah kotak 2 menunjukkan hanya 2 kemungkinan pensakelaran misal : posisi ON dan posisi OFF. • jumlah kotak 3 menunjukkan 3 kemungkinan pensakelaran, misal: posisi 1 - 0 - 2
	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

3. Metode pengaktifan KKA bergantung pada tugas yang diperlukan . Jenis pengaktifan bervariasi, seperti secara mekanis, pneumatik, listrik dan kombinasi dari semuanya. Simbol metode pengaktifan diuraikan dalam standar DIN 1219 berikut ini :

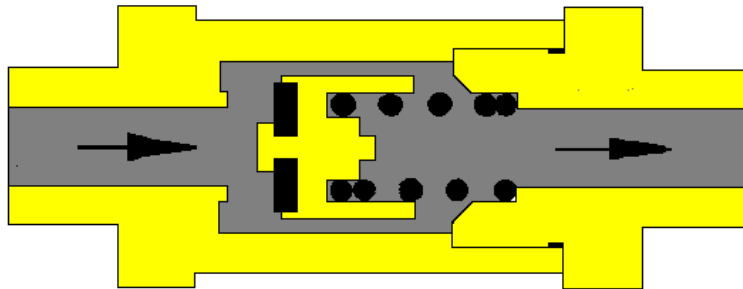
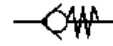
Jenis Pengaktifan	Keterangan
Mekanik:	
	Operasi tombol
	Tombol
	Operasi tuas
	Pedal kaki
	Pegas kembali
	Operasi rol
	Operasi rol, satu arah
Pneumatis:	
	Pengaktifan langsung pneumatik
	Pengaktifan tidak langsung pneumatik (pilot/pemandu)

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

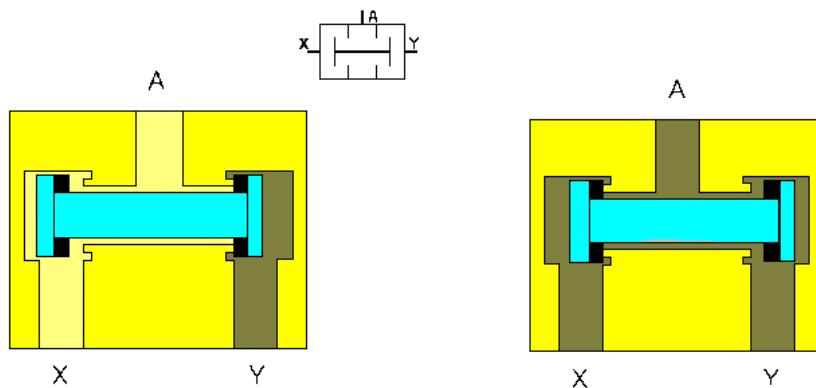
4. Katup 3/2 adalah katup yang membangkitkan sinyal dengan sifat bahwa sebuah sinyal keluaran dapat dibangkitkan juga dapat dibatalkan/diputuskan. Katup 3/2 mempunyai 3 lubang dan 2 posisi. Ada 2 konstruksi sambungan keluaran:

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.
5. 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.



6. Prinsip kerja Katup Fungsi “DAN” (*Two Pressure Valves*) sebagai berikut:
 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 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”.

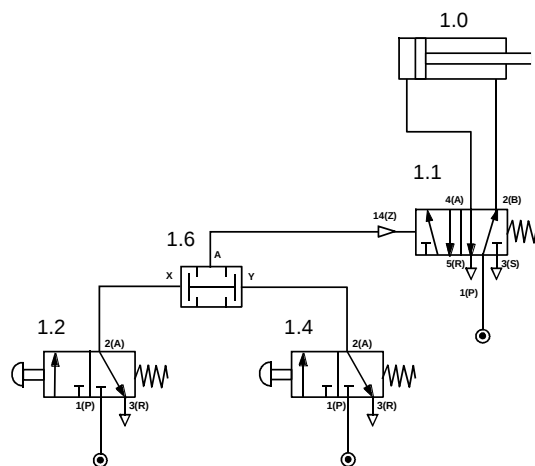


Katup Fungsi “DAN” dengan input

Katup Fungsi “DAN” dengan input pada Y pada X dan Y

Udara bertekanan hanya mengalir jika ke dua lubang masukan diberi sinyal. Satu sinyal masukan memblokir aliran. Jika sinyal diberikan ke dua

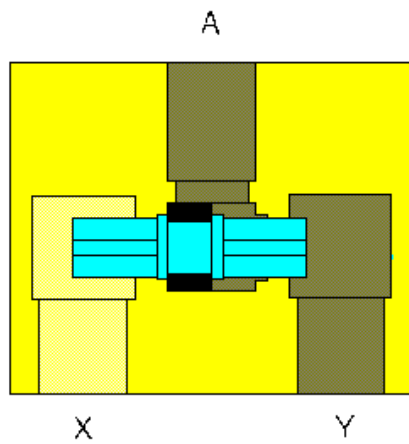
sisi masukan (X dan Y), sinyal akan lewat ke luar. Jika sinyal masukan berbeda tekanannya, maka sinyal dengan tekanan yang lebih besar memblokir katup dan sinyal dengan tekanan yang lebih kecil yang mengalir ke luar sebagai sinyal keluaran. Katup dua tekanan pada umumnya digunakan untuk kontrol pengunci, kontrol pengaman, fungsi cek dan fungsi logika.



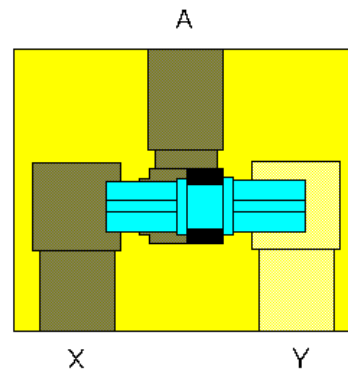
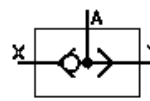
Rangkaian katup fungsi “DAN”

7. Prinsip kerja 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.

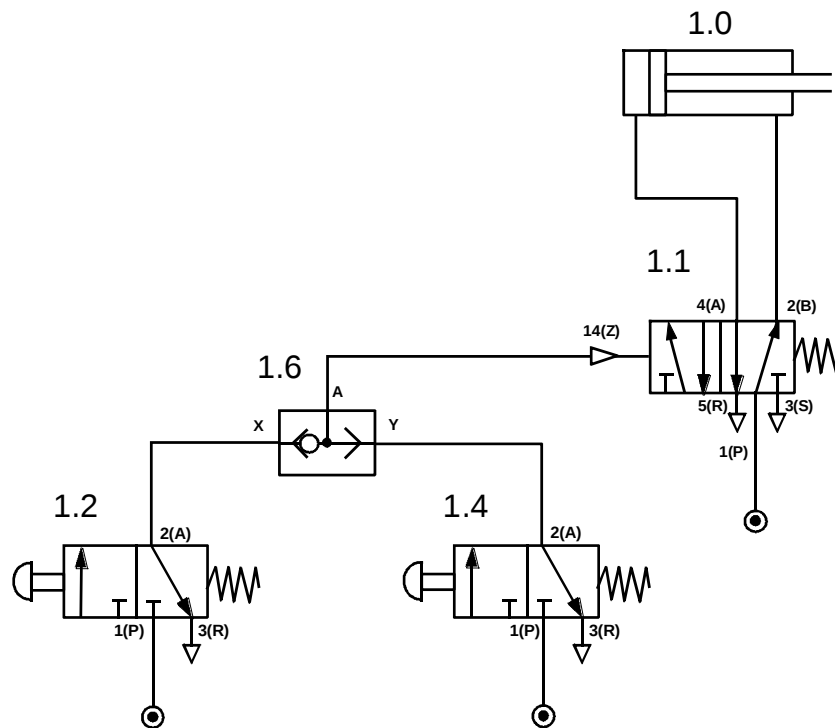


Katup Fungsi “ATAU” dengan input pada Y



Katup Fungsi “ATAU” dengan input pada X

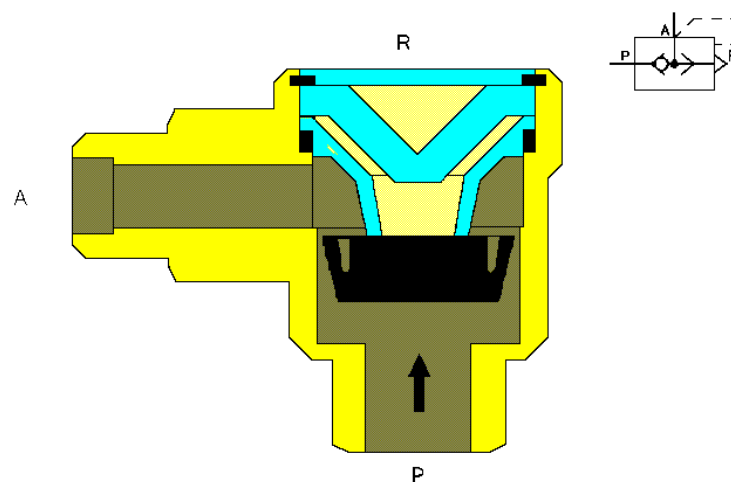
Katup ini disebut juga komponen fungsi “ATAU”. Jika silinder atau katup kontrol dioperasikan dari dua tempat atau lebih, katup ganti bisa digunakan. Pada contoh berikut menunjukkan sebuah silinder yang diaktifkan dengan menggunakan sebuah katup yang dioperasikan dengan tangan dan lainnya dipasang pada posisi yang berjauhan.



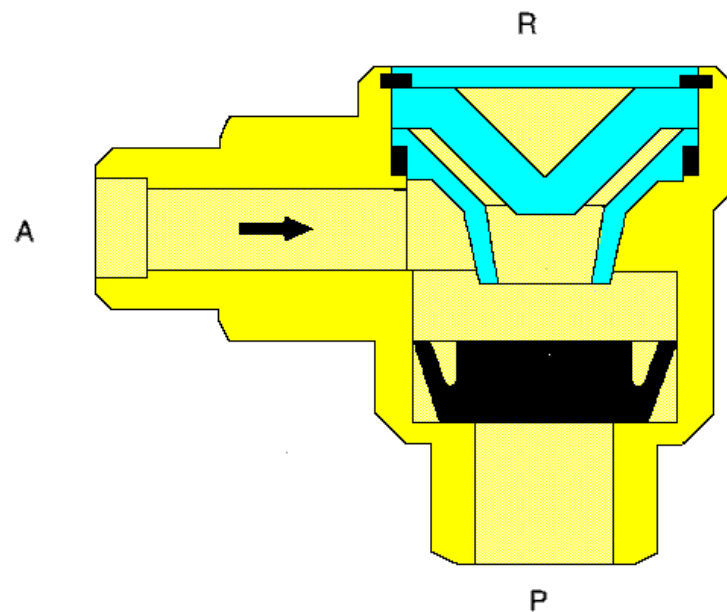
Rangkaian katup fungsi “ATAU”

8. Prinsip kerja Katup Buangan-Cepat (Quick Exhaust Valve):

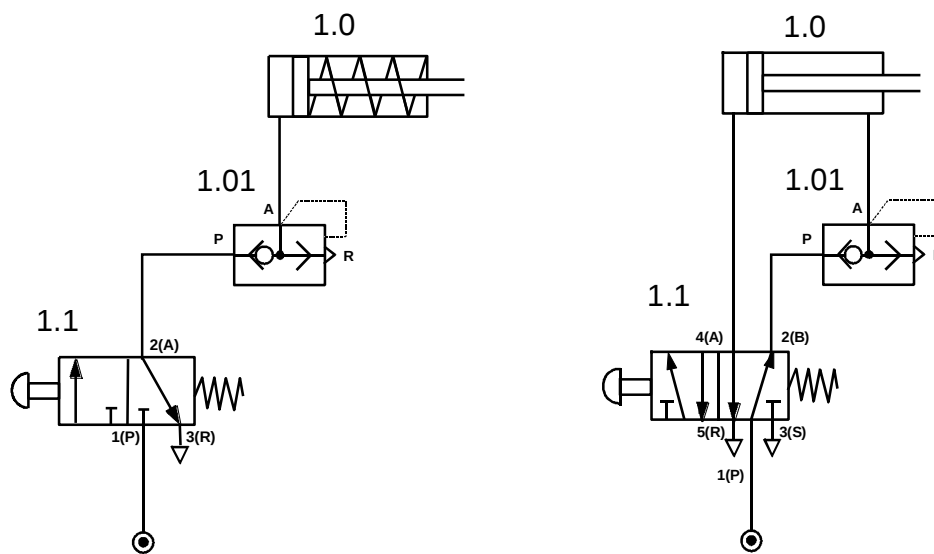
Katup buangan-cepat digunakan untuk meningkatkan kecepatan silinder. Prinsip kerja silinder dapat maju atau mundur sampai mencapai kecepatan maksimum dengan jalan memotong jalan pembuangan udara ke atmosfer. Dengan menggunakan katup buangan cepat, udara pembuangan dari silinder keluar lewat lubang besar katup tersebut.



Katup buangan cepat, udara mengalir ke silinder



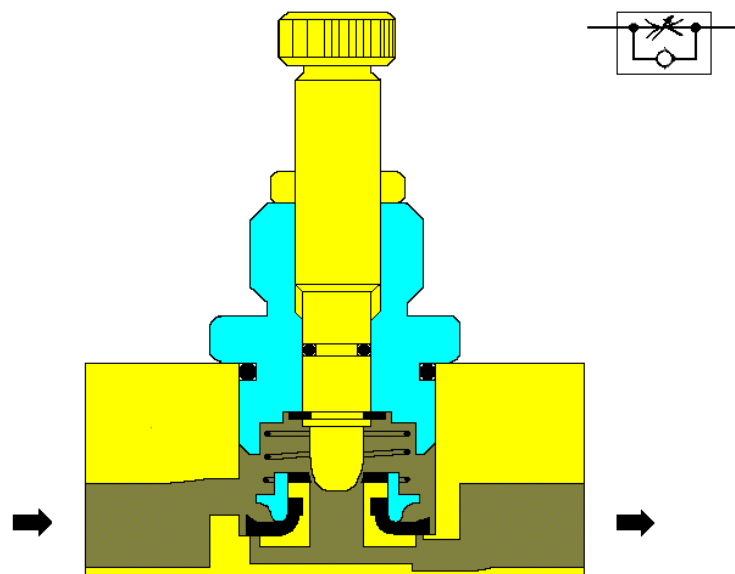
Katup buangan-cepat, udara pembuangan dari silinder Katup buangan cepat mempunyai sambungan udara masuk P, keluaran A dan lubang pembuangan R. Aliran udara masuk lewat P dan keluar bebas melalui terbukanya komponen katup cek. Lubang R terblokir oleh piringan . Jika udara disuplai dari lubang A, piringan akan menutup lubang P dan udara keluar ke atmosfer lewat lubang R. Peningkatan kecepatan tersebut dibandingkan dengan pembuangan udara lewat katup kontrol akhir. Cara tersebut mudah dilaksanakan dengan jalan memasang katup buangan-cepat langsung pada silinder atau sedekat mungkin dengan silinder.



Rangkaian dengan katup buangan-cepat

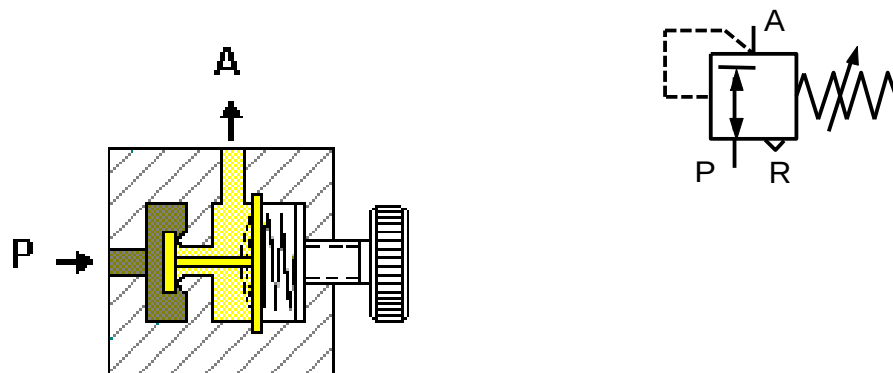
9. Prinsip kerja katup kontrol aliran, satu arah sebagai berikut:

Aliran udara melewati 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.



Katup Kontrol Aliran, Satu Arah

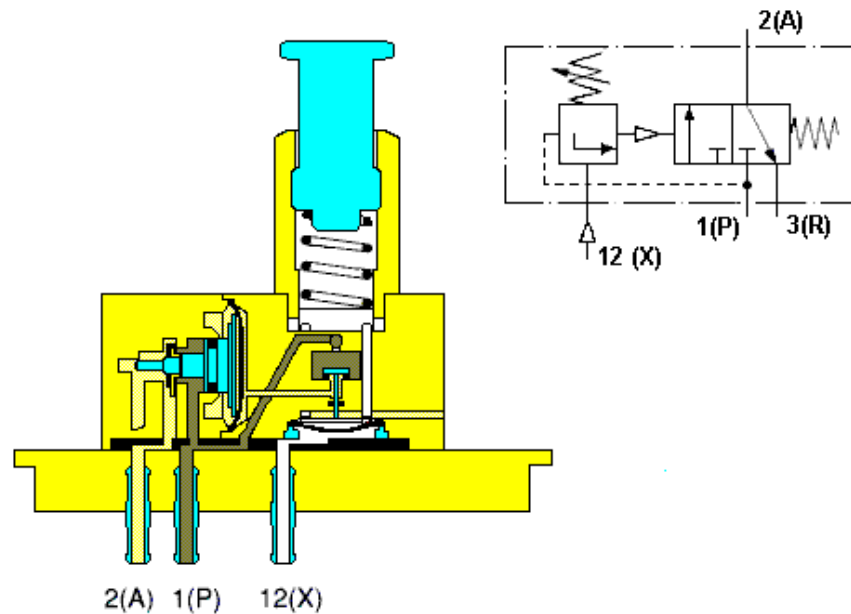
10. Pada pengecilan udara masukan, katup kontrol aliran satu arah dipasang sedemikian rupa sehingga udara yang masuk silinder dicekik. Udara pembuangan bisa keluar dengan bebas melalui katup satu arah yang dipasang pada sisi keluaran silinder. Perubahan pergeseran beban ketika melewati sebuah katup pembatas, menunjukkan ketidakaturan yang besar dalam pemberian kecepatan, jika udara masukan diperkecil.
11. Katup tekanan adalah elemen yang sangat mempengaruhi tekanan atau dikontrol oleh besarnya tekanan. Macam-macam katup tekanan sebagai berikut:
- Katup pengatur tekanan (*Pressure Regulating Valve*)
 - Katup pembatas tekanan (*Pressure Limiting Valve*)
 - Katup sakelar tekanan (*Sequence Valve*)
12. Tekanan masukan harus lebih besar daripada tekanan keluaran yang diinginkan. Hal ini untuk menjaga tekanan yang stabil, walaupun dengan tekanan masukan yang berubah-ubah.



Katup Pengatur Tekanan

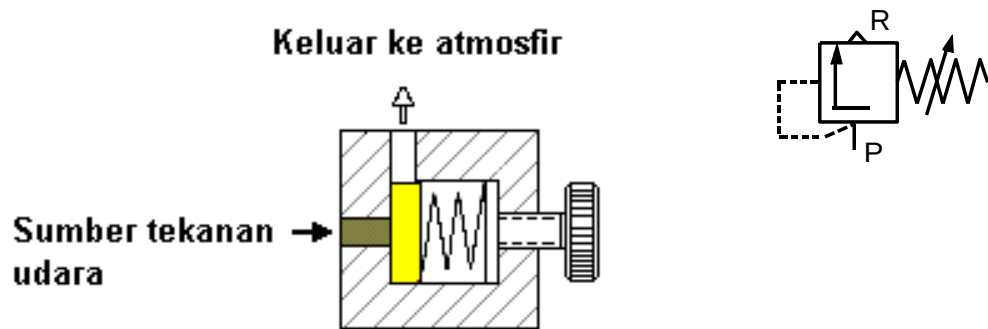
Katup ini bekerja sesuai dengan prinsip yang sama seperti katup pembatas tekanan. Katup akan terbuka apabila tekanan yang diatur pada pegas

terlampau. 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).



Katup Sakelar Tekanan

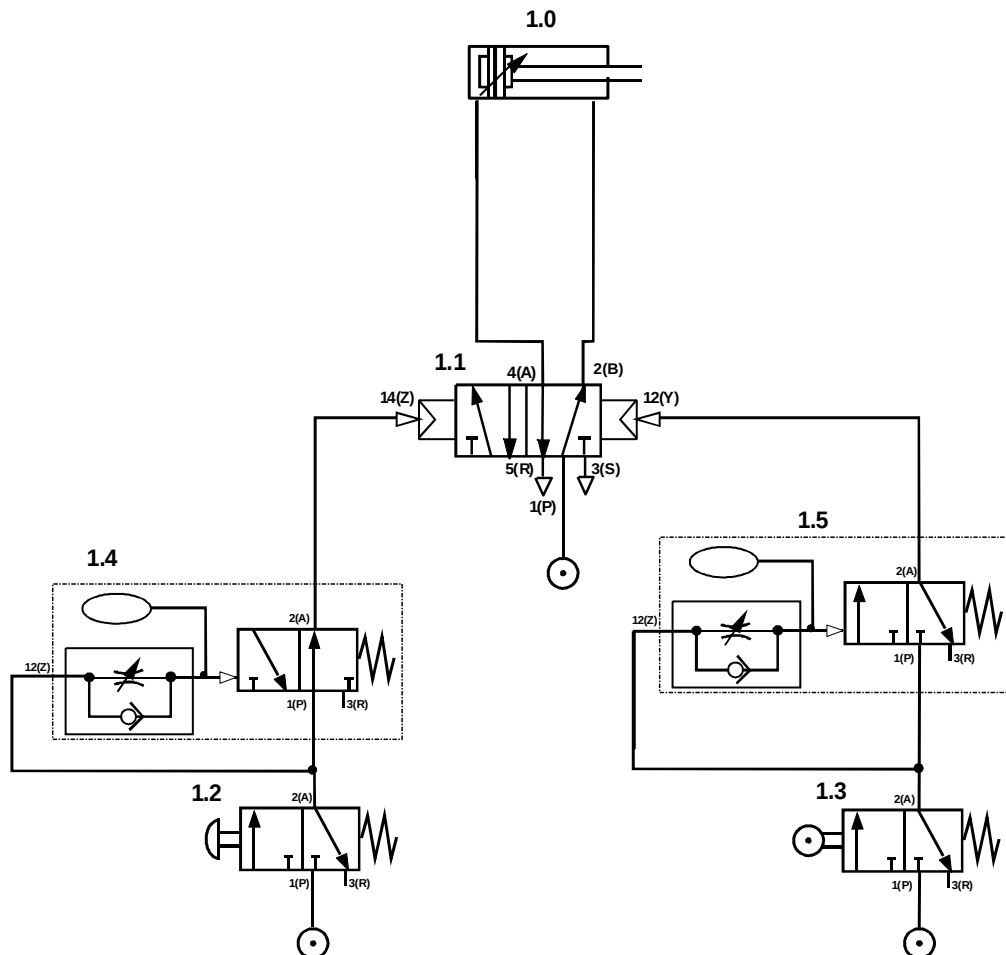
13. Katup ini dipakai sebagai katup pengaman (katup tekanan lebih). Katup ini mencegah terlampauinya tekanan maksimal yang ditolerir dalam sistem. Apabila nilai dalam tekanan maksimal tercapai pada lubang masukan, maka lubang keluaran pada katup akan terbuka dan udara bertekanan dibuang ke atmosfer. Katup tetap terbuka sampai katup ditutup oleh gaya pegas di dalam setelah mencapai tekanan kerja yang diinginkan.



Katup Pembatas Tekanan

14. 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.
15. Macam-macam konfigurasi katup tunda waktu antara lain:
 - Katup Tunda Waktu NC
 - Katup Tunda Waktu NO
16. Rangkaian berikut ini menggunakan 2 buah katup tunda waktu, sebuah katup NC (1.5) dan yang lain katup NO (1.4). Pengoperasian dimulai dengan tombol tekan (1.2), sinyal yang dikeluarkan diteruskan melalui katup (1.4) dan menyebabkan silinder bergerak maju melalui lubang 14(Z) katup memori (1.1). Katup tunda waktu (1.4) mempunyai set tunda waktu yang sangat pendek yaitu 0.5 detik. Hal ini cukup lama untuk memulai sinyal start tetapi kemudian sinyal 14(Z) diputuskan oleh sinyal pemandu timer 10(Z). Silinder mengoperasikan katup rol (1.3). Katup tunda waktu (1.5) menerima sinyal pemandu yang kemudian setelah setting waktu terlampau akan membuka katup tunda waktu. Sinyal keluaran ini mensupply sinyal 12(Y) yang akan

membalik katup (1.1) dan silinder bergerak mundur. Siklus baru hanya dapat dimulai jika tombol start telah dilepas. Terlepasnya katup tombol mereset timer (1.4) dengan membuang sinyal 10(Z).



Rangkaian Dengan Katup Tunda Waktu

EVALUASI

A. Pedagogik

1. Silabus sebuah standar kompetensi adalah:
 - A. Silabus adalah rencana pembelajaran pada suatu kelompok mata pelajaran/tema tertentu yang mencakup standard kompetensi, kompetensi dasar, indikator, materi pokok/pembelajaran, kegiatan pembelajaran, penilaian, alokasi waktu, dan sumber/bahan/alatbelajar.
 - B. Silabus merupakan penjabaran standard kompetensi dan kompetensi dasar kedalam materipokok/pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan indikator pencapaian kompetensi untuk penilaian.
 - C. Silabus adalah rencana pembelajaran pada suatu dan/atau kelompok mata pelajaran/tema tertentu yang mencakup standard kompetensi, kompetensi dasar, indikator, materi pokok/pembelajaran, kegiatan pembelajaran, penilaian, alokasi waktu, dan sumber/bahan/alatbelajar.
 - D. Silabus merupakan penjabaran standard kompetensi dan kompetensi dasar kedalam materi pokok/pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan indikator pencapaian kompetensi untuk penilaian.
2. Langkah-langkah dalam menyusun silabus adalah:
 - A. Mengidentifikasi materi pembelajaran; Mengembangkan kegiatan pembelajaran; Mengkaji standar kompetensi dan kompetensi dasar; Merumuskan indikator; Penentuan jenis penilaian; Menentukan alokasi waktu; Menentukan sumber belajar.
 - B. Mengkaji standar kompetensi dan kompetensi dasar; Merumuskan indikator; Penentuan jenis penilaian; Mengidentifikasi materi pembelajaran; Mengembangkan kegiatan pembelajaran; Menentukan alokasi waktu; Menentukan sumber belajar.
 - C. Mengidentifikasi materi pembelajaran; Mengkaji standar kompetensi dan kompetensi dasar; Merumuskan indikator; Penentuan jenis penilaian; Mengembangkan kegiatan pembelajaran; Menentukan alokasi waktu; Menentukan sumber belajar.

- D. Mengkaji standar kompetensi dan kompetensi dasar; Mengembangkan kegiatan pembelajaran; Merumuskan indikator; Penentuan jenis penilaian; Mengidentifikasi materi pembelajaran; Menentukan alokasi waktu; Menentukan sumber belajar.
3. Yang dimaksud dengan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) sebagai berikut, kecuali:
- A. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) adalah rencana yang menggambarkan prosedur dan pengorganisasian pembelajaran untuk mencapai satu kompetensi dasar yang ditetapkan dalam Standar Isi dan telah dijabarkan dalam silabus.
 - B. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) adalah rencana yang menggambarkan pengorganisasian pembelajaran untuk mencapai satu kompetensi dasar yang ditetapkan dalam Standar Isi dan telah dijabarkan dalam silabus.
 - C. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) adalah rencana yang menggambarkan prosedur dan pengorganisasian pembelajaran untuk mencapai satu kompetensi dasar yang ditetapkan dalam Standar Isi dan telah dijabarkan dalam silabus.
 - D. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) adalah rencana yang menggambarkan prosedur dan pengorganisasian pembelajaran untuk mencapai satu kompetensi dasar yang ditetapkan dalam silabus.
4. Fungsi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran adalah, kecuali:
- A. Meningkatkan kemampuan guru dalam merancang pembelajaran sebagai bagian dari kompetensi paedagogik yang harus dimiliki guru.
 - B. Proses pembelajaran yang dilakukan akan lebih terarah karena tujuan pembelajaran, materi yang akan diajarkan, metode dan penilaian yang akan digunakan telah direncanakan dengan berbagai pertimbangan.
 - C. Meningkatkan kemampuan guru dalam merancang pembelajaran sebagai bagian dari kompetensi profesional yang harus dimiliki guru.
 - D. Meningkatkan rasa percaya diri pendidik pada saat pembelajaran, karena seluruh proses sudah direncanakan dengan baik.

5. Rancanglah Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) Mata Pelajaran yang Anda ampu dilaksanakan di:
- A. Kelas
 - B. Laboratorium

B. Profesional

6. Cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang sifat, gerakan dan tingkah laku udara adalah...
- A. Hidrolik
 - B. Pneumatik
 - C. Elektrik
 - D. Mekanik
7. Pneumatik banyak digunakan dalam industri, bekerja dengan menggunakan media...
- A. Minyak
 - B. Udara bertekanan
 - C. Udara dan minyak
 - D. Listrik
8. Satuan tekanan udara adalah...
- A. Amper
 - B. Volt
 - C. Derajat
 - D. Bar
9. Udara dalam tabung dimampatkan maka...
- A. Volumennya menjadi kecil dan tekanannya naik
 - B. Volumennya menjadi besar dan tekanannya turun
 - C. Volumennya menjadi kecil dan tekanannya turun
 - D. Volumennya menjadi besar dan tekanannya naik

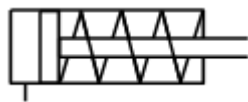
10. Komponen pneumatik yang diperlukan untuk memampatkan udara adalah...

- A. Kompresor udara
- B. Motor listrik
- C. Pengatur tekanan udara
- D. Silinder udara

11. 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

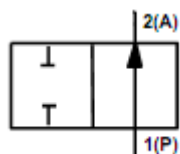
12. Gambar berikut adalah simbol...



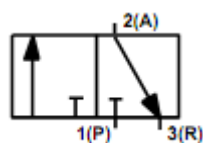
- A. Silinder kerja tunggal
- B. Silinder kerja ganda
- C. Silinder kerja ganda dengan bantalan udara
- D. Silinder putar

13. Simbol katup 5/2 adalah...

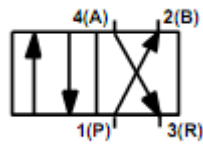
A.



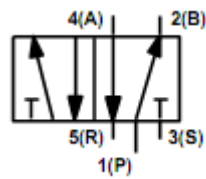
B.



C.

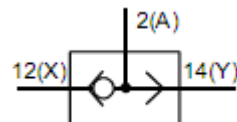


D.

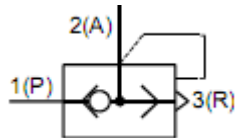


14. Simbol katup fungsi “OR” adalah...

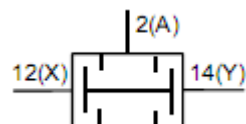
A.



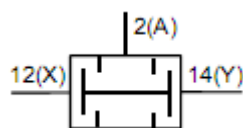
B.



C.

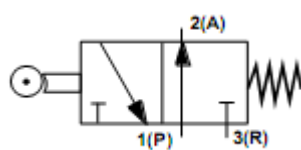


D.

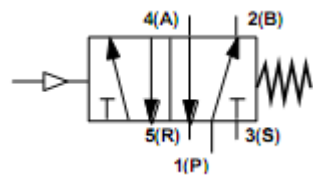


15. Simbol katup 3/2 dengan pengaktifan tombol tekan adalah...

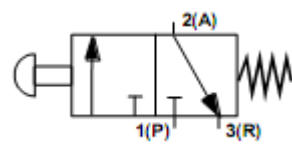
A.



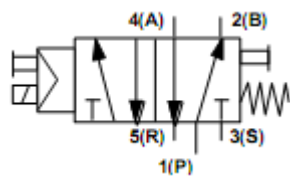
B.



C.



D.



PENUTUP

Upaya menyiapkan tenaga menengah kejuruan untuk memenuhi kebutuhan akan tenaga pelaksana di bengkel atau di industri, dalam kenyataannya sekarang ini sangat dipengaruhi oleh persaingan yang sangat ketat baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Karena setiap pengusaha akan bersaing dalam kualitas produksinya yang dilaksanakan sehingga menghasilkan barang berdasarkan kebutuhan pasar dengan harga yang bersaing. Hal ini maka untuk menjawab tantangan tersebut setiap orang yang akan terlibat di dalam proses produksi harus mampu dan mempunyai KOMPETENSI yang dikuasai, diakui, sedangkan untuk memperoleh kompetensi tersebut harus melalui pendidikan dan pelatihan di institusi/sekolah kejuruan .

Salah satu perangkat pembelajaran diklat kompetensi adalah buku MODUL/BAHAN AJAR, yang diharapkan dengan mempelajari buku modul ini peserta akan dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan dasar yang harus dikuasai untuk mengikuti UJI KOMPETENSI. Modul Diklat PKB bagi Guru dan Tenaga Kependidikan ini disusun sebagai acuan bagi peserta diklat PKB. Melalui modul ini selanjutnya semua pihak terkait dapat menemukan kemudahan terkait informasi yang diberikan sesuai dengan bidang tugas masing-masing.

Modul Pembelajaran Diklat PKB ini merupakan informasi umum bagi para peserta diklat agar dapat dikembangkan atau digali lebih mendalam sesuai dengan tujuan dan harapan dunia pendidikan, yakni menjadi pendidik yang profesional. Terutama kegiatan pembelajaran yang dapat mengarahkan dan membimbing peserta diklat dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan diklat.

DAFTAR PUSTAKA

Andrew Parr, Hidrolik dan Pneumatik Pedoman untuk Teknisi dan Insinyur, Edisi dua, Erlangga 2003.

Badan Standar Nasional Pendidikan, Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah, BNSP, Jakarta, 2006.

D. Waller, H. Werner, *Pneumatics, Workbook Basic Level*, Denkendorf, 2002.

Enco Mulyasa, Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan: Suatu Panduan Praktis. Bandung, PT. Remaja Rosdakarya, 2007.

Frank Ebel, *Fundamentals of Pneumatics - Collection of Transparencies*, Festo Didactic GmbH & Co, Denkendorf, 2000.

Harjanto, Perencanaan Pengajaran, Rineka Cipta, 2007.

Miftahu Soleh, Sudaryono, Agung S, *Sistem Pneumatik dan Hidrolik*, BSE, 2009.

P. Croser, F. Ebel , *Pneumatics Basic Level*, Festo-Didactic Esslingen, 2002.

SR Majumdar, Oil Hydraulic Systems Principles and maintenance, Mc. Graw Hill, 2002.

-----, *Elektro Pneumatik & Hidrolik*, FESTO Didactic, Jakarta.

-----, *Fundamentals of Mechatronics*, FESTO Didactic, Jakarta.

GLOSARIUM

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.
Vakum	: Udara yang mempunyai tekanan di bawah atmosfer.
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.
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.
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.

