



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Otomasi Industri

Pedagogik : Penentuan Pengalaman Belajar
Profesional : Sistem Kontrol Elektromekanik Motor Listrik

KELOMPOK
KOMPETENSI





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Otomasi Industri

Penyusun :

Habibullah, S.Pd., MT

UNP Padang

hbullah@gmail.com

081363108543

Reviewer :

Heru Pranoto, ST., M.Sc

POLMED Medan

—

—

**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 Otomasi Industri 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 1 002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan.....	3
C. Peta Kompetensi	3
D. Ruang Lingkup.....	4
E. Saran Cara Penggunaan Modul.....	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	5
A. Tujuan.....	5
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	5
C. Uraian Materi	5
D. Aktivitas Pembelajaran.....	46
E. Latihan/ Kasus /Tugas	47
F. Rangkuman.....	47
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	49
A. Tujuan.....	49
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	49
C. Uraian Materi	49
D. Aktifitas Pembelajaran.....	89
E. Latihan/ Kasus /Tugas	91
F. Rangkuman.....	91
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	92
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	94
A. Tujuan.....	94
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	94
C. Uraian Materi	94
D. Aktifitas Pembelajaran.....	129
E. Latihan/ Kasus /Tugas	130
F. Rangkuman.....	131
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	132

EVALUASI	133
PENUTUP	153
DAFTAR PUSTAKA.....	154
GLOSSARIUM	155

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Toggle switch	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. Push button.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. Bentuk Limit Switch.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. Karakteristik beberapa jenis sensor suhu	50
Gambar 5. Gambar dan simbol komponen thermistor PTC dan NTC.....	51
Gambar 6. Bentuk thermistor	52
Gambar 7. Karakteristik Termistor	53
Gambar 8. Rangkaian pengubah tahanan menjadi tegangan	53
Gambar 9. Grafik Karakteristik Thermistor PTC.....	54
Gambar 10. Rangkaian PTC.....	54
Gambar 11. Grafik resistansi linear.....	55
Gambar 12. Rangkaian penguat jembatan.....	55
Gambar 13. Simbol Termokopel	57
Gambar 14. Komponen komponen Termokopel	57
Gambar 15. Konstruksi Termokopel.....	58
Gambar 16. Perilaku beberapa jenis termokopel	58
Gambar 17. Bagian bagian dari thermocouple compression style.....	59
Gambar 18. Sensor Suhu LM35	61
Gambar 19. Rangkaian skematik Sensor LM35.....	61
Gambar 20. Grafik karakteristik LM35 terhadap suhu	62
Gambar 21. Bentuk fisik LM35Z.....	63
Gambar 22. Konstruksi RTD.....	64
Gambar 23. Bentuk konstruksi RTD secara umum	65
Gambar 24. Grafik perbandingan resistansi dengan temperatur untuk variasi RTD metal.....	66
Gambar 25. Sensor PT100 dan Karakteristiknya	67
Gambar 26. Bentuk bimetal sebelum dan setelah dipanaskan.....	68
Gambar 27. Bentuk fisik thermo switch.....	69
Gambar 28. Bentuk fisik dan rangkaian listrik bimetal	70
Gambar 29. Tipikal Orifice	72
Gambar 30. Tipikal Ventury	73
Gambar 31. Tipikal pilotTubex	74
Gambar 32. Tipikal Turbin Sensor	74
Gambar 33. Tipikal Sistem Pengontrolan Level Air	76
Gambar 34. Aplikasi Sensor Level Likuid dengan Limit Switch	77
Gambar 35. Aplikasi Sensor Level Likuid dengan Photocell	77
Gambar 36. Aplikasi Sensor Level Likuid dengan Resistance Probe	78
Gambar 37. Aplikasi Detector Level Kontinyu dengan Potensiometer.....	79
Gambar 38. Aplikasi Detector Level Kontinyu dengan Pressure Sensor	80
Gambar 39. Detektor Level secara Kontinyu Cara Lain	81
Gambar 40. Simbol Saklar Elektronik	Error! Bookmark not defined.
Gambar 41. Simbol Dioda.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 42. Simbol Thyristor	Error! Bookmark not defined.
Gambar 43. Simbol Skematik TRIAC.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 44. Konstuksi Simbol TRIAC	Error! Bookmark not defined.
Gambar 45. Simbol Thyristor GTO	Error! Bookmark not defined.
Gambar 46. Simbol Transistor	Error! Bookmark not defined.
Gambar 47. Simbol FET	Error! Bookmark not defined.

Gambar 48. Simbol IGBT.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 49. Pengontrolan Motor dengan DOL (Direct on Line).....	83
Gambar 50. Diagram daya motor dua arah putaran.....	84
Gambar 51. Diagram kontrol motor dua arah putaran.....	85
Gambar 52. Diagram daya motor diasut Y- Δ	86
Gambar 53. Diagram kontrol motor diasut Y- Δ	87
Gambar 54. Diagram daya motor berurutan.....	88
Gambar 55. Diagram kontrol motor berurutan.....	89
Gambar 56. Efektifitas udara bertekanan.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 57. Klasifikasi Elemen Sistem Pneumatik (FESTO FluidSIM).....	97
Gambar 58. Klasifikasi Kompresor.....	98
Gambar 59. Kompresor Torak Resiprokal.....	99
Gambar 60. Kompresor Torak dua Tingkat Sistem Pendinginan Udara.....	100
Gambar 61. Kompresor Diafragma.....	101
Gambar 62. Kompresor Rotari Baling-baling Luncur (FESTO Transparan).....	102
Gambar 63. Kompresor Sekrup.....	102
Gambar 64. Kompresor Model Root Blower.....	103
Gambar 65. Kompresor Aliran Radial.....	104
Gambar 66. Kompresor Aliran Aksial.....	105
Gambar 67. Kompresor Torak portabel.....	106
Gambar 68. Distribusi Sistem Pengolahan Udara Bertekanan.....	107
Gambar 69. Filter Udara.....	107
Gambar 70. Tangki Udara.....	108
Gambar 71. Pengering Udara.....	108
Gambar 72. Kompresor Torak.....	109
Gambar 73. Pemisah Air.....	109
Gambar 74. Tabung Pelumas.....	110
Gambar 75. Regulator Udara Bertekanan.....	110
Gambar 76. Unit Pengolahan Udara Bertekanan.....	111
Gambar 77. Macam macam konektor.....	113
Gambar 78. Detail Pembacaan Katup 5/2.....	114
Gambar 79. Katup 3/2 knop, pembalik pegas.....	114
Gambar 80. Katup 3/2 Knop Pembalik Pegas.....	116
Gambar 81. Katup 4/2 plunyer pembalik pegas.....	116
Gambar 82. Katup 4/3 Plunyer Pembalik Pegas.....	117
Gambar 83. Katup 5/2 Plunyer Penggerak Udara Bertekanan.....	117
Gambar 84. Katup satu arah dan simbolnya.....	118
Gambar 85. Shuttle Valve.....	118
Gambar 86. Katup Dua Tekan.....	119
Gambar 87. Katup Buang Cepat.....	119
Gambar 88. Pressure Regulation Valve.....	120
Gambar 89. Sequence Valve.....	120
Gambar 90. Time Delay Valve.....	121
Gambar 91. Katup Pengatur Aliran Udara.....	122
Gambar 92. Shut of valve.....	122
Gambar 93. Jenis Single Acting Cylinder (a) dan Simbolnya (b).....	125
Gambar 94. Double Acting Cylinder dan simbolnya.....	126
Gambar 95. Motor Piston Radial dan Motor Axial.....	127
Gambar 96. Rotari Vane Motor.....	127
Gambar 97. Jenis dan Simbol Motor Pneumatik/Rotary Actuator.....	128

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data spesifikasi dari tipe termokopel.....	60
Tabel 2. Simbol dan Gambar Katup Sinyal Pneumatik.....	123
Tabel 3. Jenis-jenis penggerak katup.....	124

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 kelompok kompetensi C ini terdiri atas 3 bagian kegiatan pembelajaran. Kegiatan pembelajaran 1 meliputi materi mengenai kemampuan pedagogik guru dalam menentukan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran teknik otomasi industri, dan dapat memilih materi pembelajaran teknik otomasi industri yang terkait dengan pengalaman belajar dan tujuan pembelajaran.

Pada kegiatan pembelajaran 2 dibahas mengenai pelajaran yang diampu oleh guru, diharapkan guru; dapat mengevaluasi prosedur penggunaan sensor (switch, tombol tekan, limit switch, proksimiti), aktuator dan komponen kontrol elektromekanik serta menemukan kesalahan pada fasilitas dan sistem otomasi industri, membangun kontrol elektromekanik pada sistem otomasi industri, dan mengevaluasi prosedur penggunaan sensor (sensor suhu, level) dan komponen elektronik pada pengaturan motor listrik. Sehingga guru mampu menemukan kesalahan secara sistematis prosedur penyambungan sensor, aktuator dan komponen kontrol elektromekanik pada sistem otomasi industri, merancang kontrol elektromekanik berdasarkan permintaan kebutuhan klien dan rencana pabrik, menemukan prosedur penggunaan komponen elektronik pada pengaturan motor listrik, serta menemukan kesalahan secara sistematis prosedur komponen elektronik pada pengaturan motor listrik.

Pada kegiatan pembelajaran 3 dibahas mengenai komponen-komponen pneumatik, diharapkan guru dapat; mengevaluasi prosedur penggunaan komponen-komponen pneumatik untuk menghasilkan udara bertekanan yang berkualitas pada sistem pneumatik dan komponen pneumatik pada sistem kontrol pneumatik sehingga guru teknik otomasi industri mampu menemukan prosedur penggunaan komponen-komponen pneumatik pada sistem suplai udara bertekanan dan kontrol pneumatik, dan menemukan kesalahan secara sistematis prosedur penyambungan komponen-komponen pneumatik pada sistem suplai udara bertekanan udara dan kontrol pneumatik

B. Tujuan

Tujuan disusunnya modul diklat PKB ini adalah untuk meningkatkan kompetensi profesional dan pedagogik guru teknik otomasi industri dan memberikan bekal pengetahuan serta keterampilan bagi guru teknik otomasi industri sehingga dapat; menentukan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran yang diampu, memilih materi pembelajaran yang diampu yang terkait dengan pengalaman belajar dan tujuan pembelajaran, mengevaluasi prosedur penggunaan sensor (switch, tombol tekan, limit switch, proksimiti), aktuator dan komponen kontrol elektromekanik serta menemukan kesalahan pada fasilitas dan sistem otomasi industri, membangun kontrol elektromekanik pada sistem otomasi industri, mengevaluasi prosedur penggunaan sensor (sensor suhu, level) dan komponen elektronik pada pengaturan motor listrik, mengevaluasi prosedur penggunaan komponen-komponen pnumatik untuk menghasilkan udara bertekanan yang berkualitas pada sistem pnumatik dan komponen pnumatik pada sistem kontrol pnumatik.

C. Peta Kompetensi

C.1. Pedagogik

- C.1.1. Mengembangkan kurikulum yang terkait dengan mata pelajaran yang diampu.
 - C.1.1.1. Menentukan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran yang diampu.
 - C.1.1.2. Memilih materi pembelajaran yang diampu yang terkait dengan pengalaman belajar dan tujuan pembelajaran.

C.2. Profesional

- C.2.1. Menguasai materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.
 - C.2.1.1. Mengevaluasi prosedur penggunaan sensor (switch, tombol tekan, limit switch, proksimiti), aktuator dan komponen kontrol elektromekanik serta menemukan kesalahan pada fasilitas dan sistem otomasi industri.

- C.2.1.2. Membangun kontrol elektromekanik pada sistem otomasi industri.
- C.2.1.3. Mengevaluasi prosedur penggunaan sensor (sensor suhu, level) komponen elektronik pada pengaturan motor listrik
- C.2.1.4. Mengevaluasi prosedur penggunaan komponen-komponen pnumatik untuk menghasilkan udara bertekanan yang berkualitas pada sistem pnumatik dan kompponen pnumatik pada sistem kontrol pnumatik

D. Ruang Lingkup

Modul ini terbagi atas 3 kegiatan pembelajaran. Kegiatan pembelajaran 1 berisi materi tentang pengalaman belajar dan materi pembelajaran serta tujuan pembelajaran.

Kegiatan pembelajaran 2 berisi tentang prosedur penggunaan sensor (switch, tombol tekan, limit switch, proksimiti), aktuator dan komponen kontrol elektromekanik, kontrol elektromekanik pada sistem otomasi industri, dan prosedur penggunaan sensor (sensor suhu, level) dan komponen elektronik pada pengaturan motor listrik.

Kegiatan pembelajaran 3 berisi materi tentang prosedur penggunaan komponen-komponen pnumatik untuk menghasilkan udara bertekanan yang berkualitas pada sistem pnumatik dan komponen pnumatik pada sistem kontrol pnumatik.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Modul diklat ini diperuntukkan bagi peningkatan kompetensi profesional dan pedagogik guru pada mata pelajaran teknik otomasi industri. Modul ini terdiri dari 3 kegiatan pembelajaran. Setiap kegiatan pembelajaran berisi informasi teori, tugas dan tes formatif. Mulailah mempelajari teori terlebih dahulu, kemudian jawablah pertanyaan yang ada. Keberhasilan dalam menyelesaikan modul ini terletak pada berapa banyak soal yang dijawab secara benar.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

KARAKTERISTIK PESERTA DIDIK

A. Tujuan

Setelah mengikuti diklat ini guru dapat menentukan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran yang diampu dan dapat memilih materi pembelajaran yang diampu yang terkait dengan pengalaman belajar dan tujuan pembelajaran

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Pengalaman belajar diidentifikasi sesuai dengan tujuan pembelajaran.
2. Pengalaman belajar ditentukan berdasarkan hasil identifikasi.
3. Kriteria pemilihan materi pembelajaran dijelaskan dengan benar.
4. Materi pembelajaran diidentifikasi sesuai dengan tujuan pembelajaran dan tujuan pembelajaran dan pengalaman belajar
5. Materi pembelajaran dipilih berdasarkan hasil identifikasi

C. Uraian Materi

1. Hakikat Belajar

a. Pengertian Belajar

Menurut beberapa para ahli :

1) Agus Suprijono

Belajar merupakan sebagai konsep mendapatkan pengetahuan dalam praktiknya.

2) Travers

Belajar adalah proses menghasilkan penyesuaian tingkah laku.

3) Cronbanch

Belajar adalah perubahan perilaku sebagai hasil dari pengalaman.

4) Harold Spears

Belajar adalah mengamati, membaca, meniru, mencoba sesuatu, mendengar dan mengikuti arah tertentu.

5) Skinner

Belajar adalah suatu perilaku. Pada saat orang belajar, maka responsnya menjadi lebih baik. Sebaliknya bila ia tidak belajar maka responsnya menurun.

6) Gagne

Belajar merupakan kegiatan yang kompleks. Setelah belajar orang memiliki keterampilan, pengetahuan, sikap dan nilai.

Dari pendapat beberapa ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa belajar merupakan perubahan tingkah laku pada individu sebagai akibat pengalaman. Belajar adalah proses perubahan perilaku berkat pengalaman dan latihan. Artinya, tujuan kegiatan belajar adalah perubahan tingkah laku, baik yang menyangkut pengetahuan, keterampilan, maupun sikap, bahkan meliputi segenap aspek organisme pribadi

b. Ciri-ciri Belajar

Adapun ciri- ciri belajar adalah sebagai berikut:

- 1) Adanya kemampuan baru atau perubahan. *Perubahan tingkah laku* bersifat pengetahuan (kognitif), keterampilan (psikomotorik), maupun nilai dan sikap (afektif).
- 2) Perubahan itu *tidak berlangsung sesaat* saja melainkan menetap atau dapat disimpan.
- 3) Perubahan itu tidak terjadi begitu saja melainkan harus dengan *usaha*. Perubahan terjadi akibat interaksi dengan lingkungan.
- 4) Perubahan tidak semata-mata disebabkan oleh pertumbuhan fisik/ *kedewasaan*, tidak karena kelelahan, penyakit atau pengaruh obat-obatan.

Dari ciri- ciri belajar tersebut, kata kunci dari belajar adalah perubahan perilaku. Menurut Gagne (Abin Syamsuddin Makmun, 2003), perubahan perilaku yang merupakan hasil belajar dapat berbentuk:

- 1) **Informasi verbal**, yaitu penguasaan informasi dalam bentuk verbal, baik secara tertulis ataupun lisan, misalnya pemberian nama- nama terhadap benda, definisi, dan sebagainya.
- 2) **Kecakapan intelektual**, yaitu keterampilan individu dalam melakukan interaksi dengan lingkungannya dengan menggunakan simbol- simbol, misalnya: penggunaan simbol matematika. Termasuk dalam keteampilan intelektual adalah kecakapan dalam membedakan (discrimination), memahami konsep komkrit, konsep anstrak, aturan dan hukum. Keterampilan ini sangat dibutuhkan dalam pemecahan masalah.
- 3) **Strategi Kognitif**, kecakapan infdividu untuk melakukan pengendalian dan pengelolaan keseluruhan aktivitasnya. Dalam konteks proses pembelajaran, strategi kognitif yaitu kemampuan mengendalikan ingatan dan cara- cara berfikir agar terjadi aktivitas yang efektif. Kecakapan intelektual menitikberatkan pada hasil pembelajaran, sedangkan strategi kognitif lebih menekankan pada proses berfikir.
- 4) **Sikap**, yaitu hasil pembelajaran yang berupa kecakapan individu untuk memilih macam tindakan yang akan dilakukan. Dengan kata lain, sikap adalah keadaan dalam diri individu yang akan memberikan kecendrungan dalam bertinfak dalam menghadapi suatu obyek atau peristiwa, di dalamnya terdapt unsur pemikiran, perasaan yang menyertai pemikiran dan kesiapan untuk bertindak.
- 5) **Kecakapan motorik**, ialah hasil belajar yang berupa kecakapan pergerakan yang dikontrol oleh otot dan fisik.

Sementara itu, Moh. Surya (1997) mengemukakan bahwa hasil belajar akan tampak dalam:

- 1) **Kebiasaan**, seperti: peserta didik belajar bahasa berkali-kali menghindari kecenderungan penggunaan kata atau struktur yang keliru, sehingga akhirnya ia terbiasa dengan penggunaan bahasa secara baik dan benar.
- 2) **Keterampilan**, seperti: menulis dan berolah raga yang meskipun sifatnya motorik, keterampilan-keterampilan itu memerlukan koordinasi gerak yang teliti dan kesadaran yang tinggi.
- 3) **Pengamatan**, yakni proses menerima, menafsirkan, dan memneri arti rangsangan yang masuk melalui indera-indera secara obyektif sehingga peserta didik mampu mencapai pengertian yang benar.
- 4) **Berfikir asosiatif**, yakni berfikir dengan cara mengasosiasikan sesuatu dengan yang lainnya dengan menggunakan daya ingat.
- 5) **Berfikir rasional dan kritis**, yakni menggunakan prinsip-prinsip dan dasar-dasar pengertian dalam menjawab pertanyaan kritis.
- 6) **Sikap**, yakni kecenderungan yang relatif menetap untuk bereaksi dengan cara baik atau buruk terhadap orang atau abrang tertentu sesuai dengan pengetahuan dan keyakinan.
- 7) **Inhibisi** (menghindari hal yang mubaxir)
- 8) **Apresiasi** (menghargai karya-karya bermutu)
- 9) **Perilaku afektif**, yakni perilaku yang bersangkutan dengan perasaan takut, marah, sedih, gembira, kecewa, senang, benci, was-was dan sebagainya.

c. Prinsip- Prinsip Belajar

Banyak teori dan prinsip-prinsip belajar yang dikemukakan oleh para ahli yang satu dengan yang lain memiliki persamaan dan juga perbedaan. Dari berbagai prinsip belajar tersebut terdapat beberapa prinsip yang relatif berlaku umum yang dapat kita pakai sebagai dasar dalam upaya pembelajaran, baik bagi siswa yang perlu meningkatkan upaya belarnya baik bagi guru dalam

meningkatkan mengajarnya. Menurut Dr. Dimiyati dan Drs. Mudjiono (2002: 42) dalam bukunya *Belajar dan Pembelajaran*, prinsip-prinsip belajar itu berkaitan dengan:

1) Perhatian dan Motivasi

Perhatian mempunyai peranan penting dalam kegiatan belajar. Dari kajian belajar pengolahan informasi terungkap bahwa tanpa adanya perhatian tak mungkin terjadinya belajar (Gage dan Berliner, 1984: 335). Perhatian akan belajar akan timbul pada siswa apabila bahan pelajarannya sesuai dengan kebutuhannya. Apabila bahan pelajaran itu dirasakan sebagai sesuatu yang dibutuhkan, diperlukan untuk belajar lebih lanjut atau diperlukan dalam kehidupan sehari-hari, akan membangkitkan motivasi untuk mempelajarinya. Apabila perhatian alami ini tidak ada maka siswa perlu dibangkitkan perhatiannya.

Di samping perhatian, motivasi mempunyai peranan penting dalam kegiatan belajar. Motivasi adalah tenaga yang menggerakkan dan mengarahkan aktifitas seseorang. Motivasi dapat dibandingkan dengan mesin dan kemudi pada mobil (Gage dan Berliner, 1984:372). Motivasi dapat merupakan tujuan dan alat dalam pembelajaran. Sebagai tujuan, motivasi merupakan suatu tujuan dalam mengajar. Guru berharap bahwa siswa tertarik dalam kegiatan intelektual dan estetis sampai kegiatan belajar berakhir. Sebagai alat, motivasi merupakan salah satu faktor seperti halnya intelegensi dan hasil belajar sebelumnya yang dapat menentukan keberhasilan belajar siswa dalam bidang pengetahuan, nilai-nilai, dan keterampilan.

Motivasi mempunyai kaitan yang erat dengan minat. Siswa yang memiliki minat terhadap sesuatu bidang studi tertentu cenderung tertarik perhatiannya dan dengan demikian timbul motivasinya untuk mempelajari bidang tersebut. Motivasi juga

dipengaruhi oleh nilai- nilai yang dianggap penting dalam kehidupan. Perubahan nilai- nilai yang dianut akan mengubah tingkah laku manusia dan motivasinya. Karenanya, bahan- bahan pelajaran yang disajikan hendaknya disesuaikan dengan minat siswa dan tidak bertentangan dengan nilai- nilai yang berlaku di dalam masyarakat.

2) Keaktifan

Kecendrungan psikologi dewasa ini menganggap bahwa anak adalah makhluk yang aktif. Anak mempunyai dorongan untuk membuat sesuatu, mempunyai kemauan dan aspirasinya sendiri. Belajar tidak dapat dipaksakan oleh orang lain dan juga tidak bisa dilimpahkan kepada orang lain. Belajar hanya mungkin terjadi apabila anak aktif mengalami sendiri. John Dewey misalnya mengemukakan bahwa belajar adalah menyangkut dengan apa yang harus dikerjakan siswa untuk dirinya sendiri, maka inisiatif harus datang dari siswa itu sendiri, maka inisiatif harus datang dari siswa sendiri. Guru sebagai pembimbing dan pengarah (John Dewey 1916, dalam Davies, 1937: 31)

Menurut teori kognitif, belajar menunjukkan adanya jiwa yang sangat aktif, jiwa mengolah informasi yang kita terima, tidak sekedar menyimpannya saja tanpa mengadakan transformasi. Menurut teori ini anak memiliki sifat aktif, konstruktif, dan mampu merencanakan sesuatu. Anak mampu untuk mencari, menemukan, dan mengemukakan pengetahuan yang telah diperolehnya. Dalam proses belajar mengajar siswa mampu mengidentifikasi, merumuskan masalah, mencari dan menemukan fakta, menganalisis, dan menarik kesimpulan.

Dalam setiap proses belajar, siswa selalu meampakkan keaktifan. Keaktifan itu beraneka ragam bentuknya. Mulai dari

kegiatan fisik yang mudah kita amati sampai kegiatan psikis yang sulit diamati.

3) Keterlibatan Langsung/ Berpengalaman

Belajar haruslah dilakukan sendiri oleh siswa, belajar adalah mengalami, belajar tidak bisa dilimpahkan kepada orang lain. Edga Dale dalam penggolongan pengalaman belajar yang dituangkan dalam pengalamannya mengemukakan bahwa belajar yang paling baik adalah belajar melalui pengalaman langsung. Dalam belajar melalui pengalaman langsung siswa tidak hanya mengamati secara langsung tetapi ia harus mengahayati, terlibat langsung dalam perbuatan, dan bertanggung jawab terhadap hasilnya.

Pentingnya keterlibatan langsung dalam belajar dikemukakan oleh John Dewey dengan “ learning by doing” -nya. Belajar baiknya dialami melalui perbuatan langsung. Belajar harus dilakukan oleh siswa secara aktif, baik individual maupun kelompok, dengan cara memecahkan masalah. Guru bertindak sebagai pembimbing dan fasilitator.

Keterampilan siswa di dalam belajar jangan diartikan keterlibatan fisik semata, namun lebih dari itu terutama adalah keterlibatan mental emosional, keterlibatan dengan kegiatan kognitif dalam pencapaian dan perolehan pengetahuan, dalam penghayatan dan internalisasi nilai- nilai dalam pembentukan sikap dan nilai, dan juga pada saat mengadakan latihan- latihan dan pembentukan keterampilan.

4) Pengulangan

Prinsip belajar yang menekankan perlunya pengulangan barangkali yang paling tua adalah yang dikemukakan oleh teori psikologi daya. Menurut teori ini belajar adalah melatih daya- daya yang ada pada manusia yang terdiri dari daya mengamati,

menanggapi, mengingat, mengkhayal, menafsirkan merasakan, berpikir dan sebagainya. Dengan mengadakan pengulangan maka daya- daya tersebut akan berkembang.

Teori lain yang menekankan prinsip pengulangan adalah teori psikologi asosiasi atau koneksionisme. Berangkat dari salah satu hukum belajarnya "law of exercise", ia mengemukakan bahwa belajar ialah pembentukan hubungan antara stimulus dan respons, dan pengulangan terhadap pengalaman-pengalaman itu memperbesar peluang timbulnya respons benar.

Kedua teori tersebut menekankan pentingnya prinsip pengulangan dalam belajar walaupun dengan tujuan yang berbeda. Yang pertama pengulangan untuk melatih daya- daya jiwa sedangkan yang kedua ialah pengulangan untuk membentuk respons yang benar dan membentuk kebiasaan-kebiasaan. Walaupun kita tidak dapat menerima bahwa belajar adalah pengulangan seperti yang telah dikemukakan teori tersebut, karena tidak dipakai untuk menerangkan semua bentuk belajar, namun prinsip pengulangan masih relevan sebagai dasar pembelajaran. Dalam belajar masih diperlukan latihan atau pengulangan.

5) Tantangan

Teori *Medan (Field Theory)* dari Kurt Lewin mengemukakan bahwa siswa dalam situasi belajar berada dalam suatu medan atau lapangan psikologis. Dalam situasi belajar siswa menghadapi suatu tujuan yang ingin dicapai, yaitu selalu terdapat hambatan yaitu mempelajari bahan belajar, maka timbullah motif untuk mengatasi hambatan itu yaitu dengan mempelajari bahan belajar tersebut. Apabila hambatan tersebut telah diatasi, artinya tujuan belajar telah tercapai, maka ia akan masuk dalam medan baru dan tujuan baru,

demikian seterusnya. Agar pada anak timbul motif yang kuat untuk mengatasi hambatan dengan baik maka bahan belajar haruslah menantang. Tantangan belajar yang dihadapi siswa saat belajar membuat siswa lebih bergairah untuk mengatasinya. Bahan belajar yang baru, yang banyak mengandung masalah yang harus diselesaikan membuat siswa tertantang untuk mempelajarinya.

Pembelajaran yang memberi kesempatan kepada siswa untuk menemukan konsep- konsep, prinsip- prinsip, dan generalisasi akan menyebabkan siswa berusaha mencari dan menemukan konsep- konsep , prinsip- prinsip, dan generalisasi tersebut. Bahan belajar yang diolah secara tuntas oleh guru sehingga siswa tinggal menelan saja sehingga kurang menarik bagi siswa.

Penggunaan metode eksperimen, inkuiri, diskoveri juga memberikan tantangan bagi siswa untuk belajar secara lebih giat dan sungguh- sungguh. Penguatan positif dan negatif juga akan menantang siswa dan menimbulkan motif untuk memperoleh ganjaran atau terhindar dari hukuman yang tidak menyenangkan.

6) Balikan dan Penguatan

Prinsip belajar yang berkaitan dengan balikan dan penguatan terutama ditekankan oleh teori belajar *Operant Conditioning* dari B.F. Skinner. Pada teori conditioning yang diberi kondisi adalah stimulusnya, maka pada operant conditioning yang diperkuat adalah responsnya. Kunci dari teori belajar ini adalah *law of effect*-nya Thorndike. Siswa akan belajar lebih semangat apabila mengetahui dan mendapatkan hasil yang baik. Namun dorongan belajar itu menurut B.F. Skinner tidak saja oleh penguatan yang menyenangkan tetapi juga yang tidak menyenangkan. Atau dengan kata lain penguatan positif

maupun negatif dapat memperkuat pelajaran (Gage dan Berliner, 1984: 272).

Siswa belajar bersungguh-sungguh dan mendapatkan nilai yang baik dalam ulangan. Nilai yang baik mendorong anak untuk belajar lebih giat lagi. Nilai yang baik dapat merupakan *operant conditioning* atau penguatan positif. Sebaliknya anak yang mendapatkan nilai yang jelek pada waktu ulangan akan merasa takut tidak naik kelas, karena takut tidak naik kelas akan mendorongnya untuk belajar lebih giat lagi. Disini nilai buruk dan takut tidak naik kelas juga bisa mendorong anak untuk belajar lebih giat lagi. Inilah yang disebut penguatan negatif. Disini siswa mencoba menghindari dari situasi yang tidak menyenangkan, aka penguatan negatif juga disebut *escape conditioning*. Format sajian berupa tanya jawab, diskusi, eksperimen, metode penemuan, dan sebagainya merupakan cara belajar mengajar yang memungkinkan terjadinya balikan dan penguatan. Balikan yang segera diperoleh siswa setelah belajar melalui penggunaan metode-metode ini akan membuat siswa terdorong untuk belajar lebih giat dan bersemangat.

7) Perbedaan Individual

Siswa merupakan individual yang unik artinya tidak ada dua orang siswa yang sama persis, tiap siswa memiliki perbedaan satu dengan yang lain. Perbedaan itu terdapat pada karakteristik psikis, kepribadian dan sifat-sifatnya.

Perbedaan individual ini berpengaruh pada cara dan hasil belajar siswa. Karenanya, perbedaan individu perlu diperhatikan oleh guru dalam upaya pembelajaran. Sistem pendidikan klasikal yang dilakukan di sekolah kita kurang memperhatikan masalah perbedaan individual, umumnya pelaksanaan pembelajaran di kelas dengan melihat siswa

sebagai individu dengan kemampuan rata- rata, kebiasaan yang kurang lebih sama, demikian pula dengan pengetahuannya.

Pembelajaran yang bersifat klasikal yang mengabaikan perbedaan individual dapat diperbaiki dengan beberapa cara. Antara lain penggunaan metode atau strategi belajar mengajar yang bervariasi sehingga perbedaan- perbedaan kemampuan siswa dapat terlayani. Juga penggunaan media instruksional akan membantu melayani perbedaan- perbedaan siswa dalam belajar. Usaha lain untuk memperbaiki pembelajaran klasikal adalah dengan memberikan tambahan pelajaran atau pengayaan pelajaran bagi siswa yang pandai, dan memberikan bimbingan belajar bagi anak- anak yang kurang.

Implikasi prinsip- prinsip belajar bagi siswa dan guru, tampak dalam setiap kegiatan perilaku mereka selama proses pembelajaran berlangsung. Namun demikian, perlu disadari bahwa implementasi prinsip- prinsip belajar sebagai implikasi prinsip- prinsip belajar bagi siswa dan guru, tidak semuanya terwujud dalam setiap proses pembelajaran.

d. Jenis- Jenis Belajar

1) Menurut Robert M. Gagne

Manusia memiliki beragam potensi, karakter, dan kebutuhan dalam belajar. Karena itu banyak tipe-tipe belajar yang dilakukan manusia. Gagne mencatat ada delapan tipe belajar:

- a) **Belajar isyarat** (signal learning). Menurut Gagne, ternyata tidak semua reaksi spontan manusia terhadap stimulus sebenarnya tidak menimbulkan respon. dalam konteks inilah signal learning terjadi. Contohnya yaitu seorang guru yang memberikan isyarat kepada muridnya yang gaduh dengan bahasa tubuh tangan diangkat kemudian diturunkan.

- b) **Belajar stimulus respon.** Belajar tipe ini memberikan respon yang tepat terhadap stimulus yang diberikan. Reaksi yang tepat diberikan penguatan (reinforcement) sehingga terbentuk perilaku tertentu (shaping). Contohnya yaitu seorang guru memberikan suatu bentuk pertanyaan atau gambaran tentang sesuatu yang kemudian ditanggapi oleh muridnya. Guru member pertanyaan kemudian murid menjawab.
- c) **Belajar merantailkan** (chaining). Tipe ini merupakan belajar dengan membuat gerakangerakan motorik sehingga akhirnya membentuk rangkaian gerak dalam urutan tertentu. Contohnya yaitu pengajaran tari atau senam yang dari awal membutuhkan proses-proses dan tahapan untuk mencapai tujuannya.
- d) **Belajar asosiasi verbal** (verbal Association). Tipe ini merupakan belajar menghubungkan suatu kata dengan suatu obyek yang berupa benda, orang atau kejadian dan merangkaikan sejumlah kata dalam urutan yang tepat. Contohnya yaitu membuat langkah kerja dari suatu praktek dengan bantuan alat atau objek tertentu. Membuat prosedur dari praktek kayu.
- e) **Belajar membedakan** (discrimination). Tipe belajar ini memberikan reaksi yang berbeda- beda pada stimulus yang mempunyai kesamaan. Contohnya yaitu seorang guru memberikan sebuah bentuk pertanyaan dalam berupa kata-kata atau benda yang mempunyai jawaban yang mempunyai banyak versi tetapi masih dalam satu bagian dalam jawaban yang benar. Guru memberikan sebuah bentuk (kubus) siswa menerka ada yang bilang berbentuk kotak, seperti kotak kardus, kubus, dsb.

- f) **Belajar konsep** (concept learning). Belajar mengklasifikasikan stimulus, atau menempatkan obyek-obyek dalam kelompok tertentu yang membentuk suatu konsep. (konsep : satuan arti yang mewakili kesamaan ciri). Contohnya yaitu memahami sebuah prosedur dalamsuatu praktek atau juga teori. Memahami prosedur praktek uji bahan sebelum praktek, atau konsep dalam kuliah mekanika teknik.
- g) **Belajar dalil** (rule learning). Tipe ini meruoakan tipe belajar untuk menghasilkan aturan atau kaidah yang terdiri dari penggabungan beberapa konsep. Hubungan antara konsep biasanya dituangkan dalam bentuk kalimat. Contohnya yaitu seorang guru memberikan hukuman kepada siswa yang tidak mengerjakan tugas yang merupakan kewajiban siswa, dalam hal itu hukuman diberikan supaya siswa tidak mengulangi kesalahannya.
- h) **Belajar memecahkan masalah** (problem solving). Tipe ini merupakan tipe belajar yang menggabungkan beberapa kaidah untuk memecahkan masalah, sehingga terbentuk kaedah yang lebih tinggi (higher order rule). Contohnya yaitu seorang guru memberikan kasus atau permasalahan kepada siswa-siswanya untuk memancing otak mereka mencari jawaban atau penyelesaian dari masalah tersebut.

Selain delapan jenis belajar, Gagne juga membuat semacam sistematika jenis belajar. Menurutnya sistematika tersebut mengelompokkan hasil-hasil belajar yang mempunyai ciriciri sama dalam satu katagori. Kelima hal tersebut adalah :

- a) Keterampilan intelektual : kemampuan seseorang untuk berinteraksi dengan lingkungannya dengan menggunakan symbol huruf, angka, kata atau gambar.

- b) Informasi verbal : seseorang belajar menyatakan atau menceritakan suatu fakta atau suatu peristiwa secara lisan atau tertulis, termasuk dengan cara menggambar.
- c) Strategi kognitif : kemampuan seseorang untuk mengatur proses belajarnya sendiri, mengingat dan berfikir.
- d) Keterampilan motorik : seseorang belajar melakukan gerakan secara teratur dalam urutan tertentu (organized motor act). Ciri khasnya adalah otomatisme yaitu gerakan berlangsung secara teratur dan berjalan dengan lancar dan luwes.
- e) Sikap keadaan mental yang mempengaruhi seseorang untuk melakukan pilihan-pilihan dalam bertindak.

2) Menurut Bloom

Benyamin S. Bloom (1956) adalah ahli pendidikan yang terkenal sebagai pencetus konseptaksonomi belajar. **Taksonomi belajar** adalah pengelompokan tujuan berdasarkan domain atau kawasan belajar. Menurut Bloom ada tiga domain belajar yaitu :

- a) **Cognitive Domain** (Kawasan Kognitif). Adalah kawasan yang berkaitan dengan aspek-aspek intelektual atau secara logis yang bias diukur dengan pikiran atau nalar. Kawasan ini terdiri dari:
 - (1) Pengetahuan (*Knowledge*).
 - (2) Pemahaman (*Comprehension*).
 - (3) Penerapan (*Application*)
 - (4) Penguraian (*Analysis*).
 - (5) Memadukan (*Synthesis*).
 - (6) Penilaian (*Evaluation*).

- b) **Affective Domain** (Kawasan afektif). Adalah kawasan yang berkaitan dengan aspek-aspek emosional, seperti perasaan, minat, sikap, kepatuhan terhadap moral dan sebagainya. Kawasan ini terdiri dari:

- (1) Penerimaan (*receiving/attending*)
- (2) Sambutan (*responding*).
- (3) Penilaian (*valuing*).
- (4) Pengorganisasian (*organization*).
- (5) Karakterisasi (*characterization*)

c) **Psychomotor Domain** (Kawasan psikomotorik). Adalah kawasan yang berkaitan dengan aspek-aspek keterampilan yang melibatkan fungsi sistem syaraf dan otot (*neuronmuscular system*) dan fungsi psikis. Kawasan ini terdiri dari:

- (1) Kesiapan (*set*)
- (2) Meniru (*imitation*)
- (3) Membiasakan (*habitual*)
- (4) Adaptasi (*adaption*)

3) **Penggabungan Dari Tiga Ahli (A. De Block, Robert M. Gagne, C. Van Parreren)**

- a) **Belajar arti kata-kata.** Belajar arti kata-kata maksudnya adalah orang mulai menangkap arti yang terkandung dalam kata-kata yang digunakan.
- b) **Belajar kognitif.** Tak dapat disangkal bahwa belajar kognitif bersentuhan dengan masalah mental. Objek-objek yang diamati dihadirkan dalam diri seseorang melalui tanggapan, gagasan, atau lambang yang merupakan sesuatu bersifat mental.
- c) **Belajar menghafal.** Menghafal adalah suatu aktivitas menanamkan suatu materi verbal dalam ingatan, sehingga nantinya dapat diproduksi {diingat} kembali secara harfiah, sesuai dengan materi yang asli, dan menyimpan kesan-kesan yang nantinya suatu waktu bila diperlukan dapat diingat kembali kealam dasar.
- d) **Belajar teoritis.** Bentuk belajar ini bertujuan untuk menempatkan semua data dan fakta (pengetahuan) dalam

suatu kerangka organisasi mental, sehingga dapat difahami dan digunakan untuk memecahkan problem, seperti terjadi dalam bidang-bidang studi ilmiah.

- e) **Belajar konsep.** Konsep atau pengertian adalah satuan arti yang mewakili sejumlah objek yang mempunyai ciri-ciri yang sama, orang yang memiliki konsep mampu mengadakan abstraksi terhadap objek-objek yang dihadapinya, sehingga objek ditempatkan dalam golongan tertentu.
- f) **Belajar kaidah.** Belajar kaidah (rule) termasuk dari jenis belajar kemahiran intelektual (intellectual skill), yang dikemukakan oleh Gagne. Belajar kaidah adalah bila dua konsep atau lebih dihubungkan satu sama lain, terbentuk suatu ketentuan yang merepresikan suatu keteraturan.
- g) **Belajar berpikir.** Dalam belajar ini, orang dihadapkan pada suatu masalah yang harus dipecahkan, tetapi tanpa melalui pengamatan dan reorganisasi dalam pengamatan. masalah harus dipecahkan melalui operasi mental, khususnya menggunakan konsep dan kaidah serta metode-metode bekerja tertentu.

4) Menurut UNESCO

UNESCO telah mengeluarkan kategori jenis belajar yang dikenal sebagai empat pilar dalam kegiatan belajar (A. Suhaenah Suparno, 2000) :

- a) **Learning to know.** Pada Learning to know ini terkandung makna bagaimana belajar, dalam hal ini ada tiga aspek : apa yang dipelajari, bagaimana caranya dan siapa yang belajar.
- b) **Learning to do.** Hal ini dikaitkan dengan dunia kerja, membantu seseorang mampu mempersiapkan diri untuk bekerja atau mencari nafkah. Jadi dalam hal ini menekankan perkembangan ketrampilan untuk yang berhubungan dengan dunia kerja.

- c) **Learning to live together.** Belajar ini ditekankan seseorang/pihak yang belajar mampu hidup bersama, dengan memahami orang lain, sejarahnya, budayanya, dan mampu berinteraksi dengan orang lain secara harmonis.
- d) **Learning to be.** Belajar ini ditekankan pada pengembangan potensi insani secara maksimal. Setiap individu didorong untuk berkembang dan mengaktualisasikan diri. Dengan learning to be seseorang akan mengenal jati diri, memahami kemampuan dan kelemahannya dengan kompetensi-kompetensinya akan membangun pribadi secara utuh.

e. Teori- Teori Belajar

Jika menelaah literatur psikologi, kita akan menemukan banyak teori belajar yang bersumber dari aliran-aliran psikologi. Dalam tautan di bawah ini akan dikemukakan empat jenis teori belajar, yaitu: (A) teori belajar behaviorisme; (B) teori belajar kognitivisme; (C) teori belajar konstruktivisme; (D) teori belajar humanisme dan (E) teori belajar gestalt.

1) Teori Belajar Behaviorisme

Behaviorisme merupakan salah aliran psikologi yang memandang individu hanya dari sisi fenomena jasmaniah, dan mengabaikan aspek-aspek mental. Dengan kata lain, behaviorisme tidak mengakui adanya kecerdasan, bakat, minat dan perasaan individu dalam suatu belajar. Peristiwa belajar semata-mata melatih refleks-refleks sedemikian rupa sehingga menjadi kebiasaan yang dikuasai individu. Beberapa hukum belajar yang dihasilkan dari pendekatan behaviorisme ini, diantaranya :

- a) *Connectionism (S-R Bond)* menurut Thorndike.

Dari eksperimen yang dilakukan Thorndike terhadap kucing menghasilkan hukumhukum belajar, diantaranya:

- (1) **Law of Effect**, artinya bahwa jika sebuah respons menghasilkan efek yang memuaskan, maka hubungan Stimulus – Respons akan semakin kuat. Sebaliknya, semakin tidak memuaskan efek yang dicapai respons, maka semakin lemah pula hubungan yang terjadi antara Stimulus- Respons.
- (2) **Law of Readiness**; artinya bahwa kesiapan mengacu pada asumsi bahwa kepuasan organisme itu berasal dari pemyaygunaan satuan pengantar (conduction unit), dimana unit-unit ini menimbulkan kecenderungan yang mendorong organisme untuk berbuat atau tidak berbuat sesuatu.
- (3) **Law of Exercise**; artinya bahwa hubungan antara Stimulus dengan Respons akan semakin bertambah erat, jika sering dilatih dan akan semakin berkurang apabila jarang atau tidak dilatih.

b) *Classical Conditioning* menurut Ivan Pavlov

Dari eksperimen yang dilakukan Pavlov terhadap seekor anjing menghasilkan hukum-hukum belajar, diantaranya :

- (1) *Law of Respondent Conditioning* yakni hukum pembiasaan yang dituntut. Jika dua macam stimulus dihadirkan secara simultan (yang salah satunya berfungsi sebagai reinforcer), maka refleks dan stimulus lainnya akan meningkat.
- (2) *Law of Respondent Extinction* yakni hukum pemusnahan yang dituntut. Jika refleks yang sudah diperkuat melalui *Respondent conditioning* itu didatangkan kembali tanpa menghadirkan reinforcer, maka kekuatannya akan menurun.

c) *Operant Conditioning* menurut B.F. Skinner

Dari eksperimen yang dilakukan B.F. Skinner terhadap tikus dan selanjutnya terhadap burung merpati

menghasilkan hukum-hukum belajar, diantaranya :

(1) **Law of operant conditioning** yaitu jika timbulnya perilaku diiringi dengan stimulus penguat, maka kekuatan perilaku tersebut akan meningkat.

(2) **Law of operant extinction** yaitu jika timbulnya perilaku operant telah diperkuat melalui proses conditioning itu tidak diiringi stimulus penguat, maka kekuatan perilaku tersebut akan menurun bahkan musnah.

Reber (Muhibin Syah, 2003) menyebutkan bahwa yang dimaksud dengan *operant* adalah sejumlah perilaku yang membawa efek yang sama terhadap lingkungan. Respons dalam operant conditioning terjadi tanpa didahului oleh stimulus, melainkan oleh efek yang ditimbulkan oleh reinforcer. *Reinforcer* itu sendiri pada dasarnya adalah stimulus yang meningkatkan kemungkinan timbulnya sejumlah respons tertentu, namun tidak sengaja diadakan sebagai pasangan stimulus lainnya seperti dalam *classical conditioning*.

d) *Social Learning* menurut Albert Bandura

Teori belajar sosial atau disebut juga teori *observational learning* adalah sebuah teori belajar yang relatif masih baru dibandingkan dengan teori-teori belajar lainnya. Berbeda dengan penganut Behaviorisme lainnya, Bandura memandang Perilaku individu tidak semata-mata refleksi otomatis atas stimulus (S-R Bond), melainkan juga akibat reaksi yang timbul sebagai hasil interaksi antara lingkungan dengan skema kognitif individu itu sendiri.

Prinsip dasar belajar menurut teori ini, bahwa yang dipelajari individu terutama dalam belajar sosial dan moral terjadi melalui peniruan (*imitation*) dan penyajian contoh

perilaku (*modeling*). Teori ini juga masih memandang pentingnya *conditioning*. Melalui pemberian *reward* dan *punishment*, seorang individu akan berfikir dan memutuskan perilaku sosial mana yang perlu dilakukan.

Kajian konsep dasar belajar dalam Teori Behaviorisme didasarkan pada pemikiran bahwa belajar merupakan salah satu jenis perilaku (*behavior*) individu atau peserta didik yang dilakukan secara sadar. Individu berperilaku apabila ada rangsangan (*stimuli*), sehingga dapat dikatakan peserta didik di SD/MI akan belajar apabila menerima rangsangan dari guru. Semakin tepat dan intensif rangsangan yang diberikan oleh guru akan semakin tepat dan intensif pula kegiatan belajar yang dilakukan peserta didik. Dalam belajar tersebut kondisi lingkungan berperan sebagai perangsang (*stimulator*) yang harus direspon individu dengan sejumlah konsekuensi tertentu. Konsekuensi yang dihadapi peserta didik, ada yang bersifat positif (misalnya perasaan puas, gembira, pujian, dan lain-lain sejenisnya) tetapi ada pula yang bersifat negatif (misalnya perasaan gagal, sedih, teguran, dan lain-lain sejenisnya). Konsekuensi positif dan negatif tersebut berfungsi sebagai penguat (*reinforce*) dalam kegiatan belajar peserta didik.

Seringkali guru mengaplikasikan konsep belajar menurut teori behaviorisme secara tidak tepat, karena setiap kali peserta didik merespon secara tidak tepat atau tidak benar suatu tugas, guru memarahi atau menghukum peserta didik tersebut. Tindakan guru seperti ini (memarahi atau menghukum setiap kali peserta didik merespon secara tidak tepat) dapat disebut salah atau tidak profesional apabila hukuman (*negative consequence*) tidak difungsikan sebagai penguat atau *reinforce*.

Peserta didik seringkali melakukan perilaku tertentu karena meniru apa yang dilihatnya dilakukan orang lain di sekitarnya seperti saudara kandungnya, orangtuanya, teman sekolahnya, bahkan oleh gurunya. Oleh sebab itu dapat dikatakan, apabila lingkungan sosial di mana peserta didik berada sehari-hari merupakan lingkungan yang mengkondisikan secara efektif memungkinkan suasana belajar, maka peserta didik akan melakukan kegiatan atau perilaku belajar yang efektif.

Sebetulnya masih banyak tokoh-tokoh lain yang mengembangkan teori belajar behavioristik ini, seperti : Watson yang menghasilkan prinsip kekerapan dan prinsip kebaruan, Guthrie dengan teorinya yang disebut *Contiguity Theory* yang menghasilkan Metode Ambang (*the treshold method*), metode meletihkan (*The Fatigue Method*) dan Metode rangsangan tak serasi (*The Incompatible Response Method*), Miller dan Dollard dengan teori pengurangan dorongan.

2) **Teori Belajar Kognitivisme**

Teori belajar kognitivisme mengacu pada wacana psikologi kognitif, yang didasarkan pada kegiatan kognitif dalam belajar. Para ahli teori belajar ini berupaya menganalisis secara ilmiah proses mental dan struktur ingatan atau *cognition* dalam aktifitas belajar. *Cognition* diartikan sebagai aktifitas mengetahui, memperoleh, mengorganisasikan, dan menggunakan pengetahuan (Lefrancois, 1985). Tekanan utama psikologi kognitif adalah struktur kognitif, yaitu perbendaharaan pengetahuan pribadi individu yang mencakup ingatan jangka panjangnya (*long-term memory*). Psikologi kognitif memandang manusia sebagai makhluk yang selalu aktif mencari dan menyeleksi informasi untuk diproses. Perhatian utama psikologi kognitif adalah upaya memahami

proses individu mencari, menyeleksi, mengorganisasikan, dan menyimpan informasi.

Belajar kognitif berlangsung berdasar *schemata* atau struktur mental individu yang mengorganisasikan hasil pengamatannya. Struktur mental individu tersebut berkembang sesuai dengan tingkatan perkembangan kognitif seseorang. Semakin tinggi tingkat perkembangan kognitif seseorang semakin tinggi pula kemampuan dan keterampilannya dalam memproses berbagai informasi atau pengetahuan yang diterimanya dari lingkungan, baik lingkungan fisik maupun lingkungan sosial. Itulah sebabnya, teori belajar kognitivisme dapat disebut sebagai (1) teori perkembangan kognitif, (2) teori kognisi sosial, dan (3) teori pemrosesan informasi.

a) Perkembangan Kognitif menurut Piaget

Piaget merupakan salah seorang tokoh yang disebut-sebut sebagai pelopor aliran konstruktivisme. Salah satu sumbangan pemikirannya yang banyak digunakan sebagai rujukan untuk memahami perkembangan kognitif individu yaitu teori tentang tahapan perkembangan individu. Menurut Piaget bahwa perkembangan kognitif individu meliputi empat tahap yaitu :

- (1) *sensory motor*;
- (2) *pre operational*;
- (3) *concrete operational* dan
- (4) *formal operational*.

Pemikiran lain dari Piaget tentang proses rekonstruksi pengetahuan individu yaitu asimilasi dan akomodasi. James Atherton (2005) menyebutkan bahwa asisimilasi adalah "*the process by which a person takes material into their mind from the environment, which may mean changing the evidence of their senses to make it fit*" dan

akomodasi adalah “*the difference made to one’s mind or concepts by the process of assimilation*”.

Asimilasi ditempuh ketika individu menyatukan informasi baru ke perbendaharaan informasi yang sudah dimiliki atau diketahuinya kemudian menggantikannya dengan informasi terbaru. Individu mengorganisasikan makna informasi itu ke dalam ingatan jangka panjang (*long-term memory*). Ingatan jangka panjang yang terorganisasikan inilah yang diartikan sebagai struktur kognitif. Struktur kognitif berisi sejumlah *coding* yang mengadung segi-segi intelek yang mengatur atau memerintah perilaku individu; perubahan perilaku mendasari penetapan tahap-tahap perkembangan kognitif. Tiap tahapan perkembangan menggambarkan isi struktur kognitif yang khas sesuai perbedaan antar tahapan. Tahapan perkembangan belajar menurut Piaget di gambarkan pada diagram di bawah ini :

- 1) *Sensorimotor intelligence* (lahir s.d usia 2 tahun): perilaku terikat pada panca indera dan gerak motorik. Bayi belum
- 2) *Preoperation thought* (2-7 tahun): tampak kemampuan berbahasa, berkembang pesat penguasaan konsep. Bayi belum mampu berpikir konseptual namun perkembangan kognitif telah dapat diamati
- 3) *Concrete Operation* (7-11 tahun): berkembang daya mampu anak berpikir logis untuk memecahkan masalah konkrit. Konsep dasar benda, jumlah waktu, ruang, kausalitas
- 4) *Formal Operations* (11-15 tahun): kecakapan kognitif mencapai puncak perkembangan. Anak mampu memprediksi, berpikir tentang situasi hipotesis, tentang hakekat berpikir serta mengapresiasi struktur bahasa dan berdialog. Sarkasme, bahasa gaul, mendebat,berdalih adalah sisi bahasa remaja cerminan kecakapan berpikir abstrak dalam/melalui bahasa

Dikemukakannya pula, bahwa belajar akan lebih berhasil apabila disesuaikan dengan tahap perkembangan kognitif peserta didik. Peserta didik hendaknya diberi kesempatan untuk melakukan eksperimen dengan obyek fisik, yang ditunjang oleh interaksi dengan teman sebaya dan dibantu oleh pertanyaan tilikan dari guru. Guru hendaknya banyak memberikan rangsangan kepada peserta didik agar mau berinteraksi dengan lingkungan secara aktif, mencari dan menemukan berbagai hal dari lingkungan. Implikasi teori perkembangan kognitif Piaget dalam pembelajaran adalah:

- (1) Bahasa dan cara berfikir anak berbeda dengan orang dewasa. Oleh karena itu guru mengajar dengan menggunakan bahasa yang sesuai dengan cara berfikir anak.
- (2) Anak-anak akan belajar lebih baik apabila dapat menghadapi lingkungan dengan baik. Guru harus membantu anak agar dapat berinteraksi dengan lingkungan sebaik-baiknya.
- (3) Bahan yang harus dipelajari anak hendaknya dirasakan baru tetapi tidak asing.
- (4) Berikan peluang agar anak belajar sesuai tahap perkembangannya.
- (5) Di dalam kelas, anak-anak hendaknya diberi peluang untuk saling berbicara dan diskusi dengan teman-temannya.

b) Kognisi Sosial oleh L.S Lygosky

L.S. Vygotsky, mendasari pemikiran bahwa budaya berperan penting dalam belajar seseorang. Budaya adalah penentu perkembangan, tiap individu berkembang dalam konteks budaya, sehingga proses belajar individu dipengaruhi oleh lingkungan utama budaya keluarga. Budaya lingkungan

individu membelajarkannya apa dan bagaimana berpikir. Konsep dasar teori ini diringkas sebagai berikut:

- (1) Budaya memberi sumbangan perkembangan intelektual individu melalui 2 cara, yaitu melalui (i) budaya dan (ii) lingkungan budaya. Melalui budaya banyak isi pikiran (pengetahuan) individu diperoleh seseorang, dan melalui lingkungan budaya sarana adaptasi intelektual bagi individu berupa proses dan sarana berpikir bagi individu dapat tersedia.
- (2) Perkembangan kognitif dihasilkan dari proses dialektis (proses percakapan) dengan cara berbagi pengalaman belajar dan pemecahan masalah bersama orang lain, terutama orangtua, guru, saudara sekandung dan teman sebaya.
- (3) Awalnya orang yang berinteraksi dengan individu memikul tanggung jawab membimbing pemecahan masalah; lambat-laun tanggung jawab itu diambil alih sendiri oleh individu yang bersangkutan.
- (4) Bahasa adalah sarana primer interaksi orang dewasa untuk menyalurkan sebagian besar perbendaharaan pengetahuan yang hidup dalam budayanya.
- (5) Seraya bertumbuh kembang, bahasa individu sendiri adalah sarana primer adaptasi intelektual; ia berbahasa batiniah (*internal language*) untuk mengendalikan perilaku.
- (6) Internalisasi merujuk pada proses belajar. Menginternalisasikan pengetahuan dan alat berpikir adalah hal yang pertama kali hadir ke kehidupan individu melalui bahasa.
- (7) Terjadi *zone of proximal development* atau kesenjangan antara yang sanggup dilakukan individu sendiri dengan yang dapat dilakukan dengan bantuan orang dewasa.
- (8) Karena apa yang dipelajari individu berasal dari budaya dan banyak di antara pemecahan masalahnya ditopang

orang dewasa, maka pendidikan hendaknya tidak berpusat pada individu dalam isolasi dari budayanya.

- (9) Interaksi dengan budaya sekeliling dan lembaga-lembaga sosial sebagaimana orangtua, saudara sekandung, individu dan teman sebaya yang lebih cakap sangat memberi sumbangan secara nyata pada perkembangan intelektual individu.

c) Pemprosesan Informasi Robert

Asumsi yang mendasari teori ini adalah bahwa pembelajaran merupakan faktor yang sangat penting dalam perkembangan. Perkembangan merupakan hasil kumulatif dari pembelajaran. Menurut Gagne bahwa dalam pembelajaran terjadi proses penerimaan informasi, untuk kemudian diolah sehingga menghasilkan keluaran dalam bentuk hasil belajar. Dalam pemrosesan informasi terjadi adanya interaksi antara kondisi-kondisi internal dan kondisi-kondisi eksternal individu. Kondisi internal yaitu keadaan dalam diri individu yang diperlukan untuk mencapai hasil belajar dan proses kognitif yang terjadi dalam individu. Sedangkan kondisi eksternal adalah rangsangan dari lingkungan yang mempengaruhi individu dalam proses pembelajaran.

3) Teori Belajar Konstruktivisme

Konsep belajar menurut teori belajar konstruktivisme yaitu pengetahuan baru dikonstruksisendiri oleh peserta didik secara aktif berdasarkan pengetahuan yang telah diperoleh sebelumnya . Pendekatan konstruktivisme dalam proses pembelajaran didasari oleh kenyataan bahwa tiap individu memiliki kemampuan untuk mengkonstruksi kembali pengalaman atau pengetahuan yang telah dimilikinya. Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa pembelajaran konstruktivisme merupakan satu teknik pembelajaran yang melibatkan peserta didik untuk membina sendiri secara aktif pengetahuan dengan menggunakan pengetahuan yang telah ada

dalam diri mereka masing-masing.

Guru hanya sebagai fasilitator atau pencipta kondisi belajar yang memungkinkan peserta didik secara aktif mencari sendiri informasi, mengasimilasi dan mengadaptasi sendiri informasi, dan mengkonstruksinya menjadi pengetahuan yang baru berdasarkan pengetahuan yang telah dimiliki masing-masing.

4) **Teori Belajar Humanisme**

Teori belajar humanisme memandang kegiatan belajar merupakan kegiatan yang melibatkan potensi psikis yang bersifat kognitif, afektif, dan konatif. Ibu, yang dicontohkan di atas hanya melihat kegiatan belajar anaknya dari sisi afektif semata tanpa menyadari bahwa sisi afektif (perasaan) dan konatif (psikomotorik) turut pula berperan dalam belajar.

Salah seorang tokoh teori belajar humanisme adalah Carl Ransom Rogers (1902- 1987) yang lahir di Oak Park, Illinois, Chicago, Amerika Serikat. Rogers terkenal sebagai seorang tokoh psikologi humanis, aliran fenomenologis-eksistensial, psikolog klinis dan terapis. Ide dan konsep teorinya banyak didapatkan dalam pengalaman-pengalaman terapeutiknya yang banyak dipengaruhi oleh teori kebutuhan (*needs*) yang diperkenalkan Abraham H. Maslow.

Menurut teori kebutuhan Maslow, di dalam diri tiap individu terdapat sejumlah kebutuhan yang tersusun secara berjenjang, mulai dari kebutuhan yang paling rendah tetapi mendasar (*physiological needs*) sampai pada jenjang paling tinggi (*self actualization*). Setiap individu mempunyai keinginan untuk mengaktualisasi diri, yang oleh Carl R. Rogers disebut dorongan untuk menjadi dirinya sendiri (*to becoming a person*). Peserta didik pun memiliki dorongan untuk menjadi dirinya sendiri, karena di dalam dirinya terdapat kemampuan untuk mengerti dirinya sendiri, menentukan

hidupnya sendiri, dan menangani sendiri masalah yang dihadapinya. Itulah sebabnya, dalam proses pembelajaran hendaknya diciptakan kondisi pembelajaran yang memungkinkan peserta didik secara aktif mengaktualisasi dirinya.

Aktualisasi diri merupakan suatu proses menjadi diri sendiri dan mengembangkan sifat-sifat dan potensi-potensi psikologis yang unik. Proses aktualisasi diri seseorang berkembang sejalan dengan perkembangan hidupnya karena setiap individu, dilahirkan disertai potensi tumbuh-kembang baik secara fisik maupun secara psikis masing-masing. Proses tumbuh-kembang pada setiap individu mengikuti tahapan, arah, irama, dan tempo sendiri-sendiri, yang ditandai oleh berbagai ciri atau karakteristiknya masing-masing. Ada individu yang tempo perkembangannya cepat tetapi iramanya tidak stabil dan arahnya tidak menentu, dan ada pula individu yang tempo perkembangannya tidak cepat tetapi irama dan arahnya jelas.

Dalam kaitannya dengan proses pendidikan formal (sekolah), Slavin (1994:70- 110) mengelompokkan tahapan perkembangan anak, yaitu (1) tahapan *early childhood*, (2) tahapan *middle childhood*, dan (3) tahapan *adolescence*, dengan dimensi utama perkembangan mencakup (a) dimensi kognitif, (b) dimensi fisik, dan (c) dimensi sosioemosi. Tiap dimensi perkembangan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda antara tahapan perkembangan yang satu dengan tahapan perkembangan yang lainnya.

Pada tahapan *early childhood*, perkembangan individu dalam dimensi perkembangan kognitif lebih ditandai oleh penguasaan bahasa (*language acquisition*). Individu pada tahapan perkembangan ini mendapatkan banyak sekali perbendaharaan bahasa. Sejak lahir sampai pada usia 2 tahun biasanya individu (bayi) mencoba memahami dunia sekitarnya melalui penggunaan rasa (*senses*). Pengetahuan atau apa yang diketahuinya lebih

banyak didasarkan pada gerakan fisik, dan apa yang dipahaminya terbatas pada kejadian yang baru saja dialaminya.

Pada tahapan perkembangan *middle childhoods*, perkembangan kognitif seseorang mulai bergeser ke perkembangan proses berpikir. Pada awalnya, proses berpikir individu pada tahapan perkembangan ini dimulai dengan hal-hal konkrit operasional, dan selanjutnya ke hal-hal abstrak konseptual. Apabila individu gagal dalam perkembangan proses berpikir dalam hal-hal konkrit operasional, maka besar kemungkinan mengalami kesulitan dalam proses berpikir abstrak konseptual.

Pada tahapan perkembangan *adulthood*, perkembangan kognitif lebih ditandai oleh perkembangan fungsi otak (*brain*) sebagai instrumen berpikir. Berpikir formal operasional atau berpikir abstrak konseptual mulai berkembang; di samping itu mulai berkembang pola pikir *reasoning* (penalaran) baik secara induktif (khusus=>umum) maupun secara deduktif (umum=>khusus). Dalam menghadapi segala kejadian atau pengalaman tertentu, individu mengajukan hipotesis atau jawaban sementara yang menggunakan pola pikir deduktif.

5) **Teori Belajar Gestalt**

Gestalt berasal dari bahasa Jerman yang mempunyai padanan arti sebagai “bentuk atau konfigurasi”. Pokok pandangan Gestalt adalah bahwa obyek atau peristiwa tertentu akan dipandang sebagai sesuatu keseluruhan yang terorganisasikan. Menurut Koffka dan Kohler, ada tujuh prinsip organisasi yang terpenting yaitu :

- a) *Hubungan bentuk dan latar (figure and gound relationship)*; yaitu menganggap bahwa setiap bidang pengamatan dapat dibagi dua yaitu *figure* (bentuk) dan latar belakang. Penampilan suatu obyek seperti ukuran, potongan, warna dan sebagainya membedakan figure dari latar belakang. Bila figure dan latar

bersifat samar-samar, maka akan terjadi kekaburan penafsiran antara latar dan figure.

- b) *Kedekatan (proximity)*; bahwa unsur-unsur yang saling berdekatan (baik waktu maupun ruang) dalam bidang pengamatan akan dipandang sebagai satu bentuk tertentu.
- c) *Kesamaan (similarity)*; bahwa sesuatu yang memiliki kesamaan cenderung akan dipandang sebagai suatu obyek yang saling memiliki.
- d) *Arah bersama (common direction)*; bahwa unsur-unsur bidang pengamatan yang berada dalam arah yang sama cenderung akan dipersepsi sebagai suatu figure atau bentuk tertentu.
- e) *Kesederhanaan (simplicity)*; bahwa orang cenderung menata bidang pengamatannya bentuk yang sederhana, penampilan reguler dan cenderung membentuk keseluruhan yang baik berdasarkan susunan simetris dan keteraturan; dan
- f) *Ketertutupan (closure)* bahwa orang cenderung akan mengisi kekosongan suatu pola obyek atau pengamatan yang tidak lengkap.

2. Hakikat Pembelajaran

a. Pengertian Pembelajaran

Kata “pembelajaran” adalah terjemahan dari “instruction” yang banyak dipakai dalam dunia pendidikan di Amerika Serikat. Wina Sanjaya (2008) mengemukakan pembelajaran sebagai proses pengaturan lingkungan yang diarahkan untuk mengubah perilaku siswa ke arah yang positif dan lebih baik sesuai dengan potensi dan perbedaan yang dimiliki siswa.

Oemar Hamalik (2007) mengemukakan bahwa Pembelajaran adalah suatu kombinasi yang tersusun meliputi unsur- unsur manusiawi, material, fasilitas, perlengkapan, dan prosedur yang saling mempengaruhi mencapai tujuan pembelajaran.

Pembelajaran tidak hanya mengajarkan teori tertulis di buku teks tetapi juga bagaimana memberi contoh yang nyata sesuai dengan kehidupan sehari-hari. Istilah pembelajaran berhubungan erat dengan pengertian belajar dan mengajar. Belajar, mengajar dan pembelajaran terjadi bersama-sama. Belajar dapat terjadi tanpa guru atau tanpa kegiatan mengajar dan pembelajaran.

Undang-Undang No. 23 Tahun 2003 Tentang SISDIKNAS Pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar.

Jadi pembelajaran adalah seperangkat tindakan yang dirancang untuk mendukung proses belajar siswa, dengan memperhitungkan hal-hal yang berperan terhadap rangkaian kejadian-kejadian intern yang berlangsung yang dialami oleh siswa.

b. Ciri- Ciri Pembelajaran

Menurut Eggen & Kauchak (1998) menjelaskan bahwa ada enam ciri pembelajaran yang efektif, yaitu:

- 1) siswa menjadi pengkaji yang aktif terhadap lingkungannya melalui mengobservasi, membandingkan, menemukan kesamaan-kesamaan dan perbedaan-perbedaan serta membentuk konsep dan generalisasi berdasarkan kesamaan-kesamaan yang ditemukan
- 2) guru menyediakan materi sebagai fokus berpikir dan berinteraksi dalam pelajaran,
- 3) aktivitas-aktivitas siswa sepenuhnya didasarkan pada pengkajian,
- 4) guru secara aktif terlibat dalam pemberian arahan dan tuntunan kepada siswa dalam menganalisis informasi
- 5) orientasi pembelajaran penguasaan isi pelajaran dan pengembangan keterampilan berpikir, serta
- 6) guru menggunakan teknik mengajar yang bervariasi sesuai dengan tujuan dan gaya mengajar guru.

Adapun ciri-ciri pembelajaran yang menganut unsur-unsur dinamis dalam proses belajar siswa sebagai berikut :

1) Motivasi belajar.

Motivasi dapat dikatakan sebagai serangkaian usaha untuk menyediakan kondisi-kondisi tertentu, sehingga seseorang itu mau dan ingin melakukan sesuatu, dan bila ia tidak suka, maka ia akan berusaha mengelakkan perasaan tidak suka itu. Jadi, motivasi dapat dirangsang dari luar, tetapi motivasi itu tumbuh di dalam diri seseorang. Dalam kegiatan belajar, maka motivasi dapat dikatakan sebagai keseluruhan daya penggerak di dalam diri seseorang/ siswa yang menimbulkan kegiatan belajar, yang menjalin kelangsungan dan memberikan arah pada kegiatan belajar sehingga tujuan yang dihendaki dapat dicapai oleh siswa (Sardiman, A.M.1992)

2) Bahan belajar

Yakni segala informasi yang berupa fakta, prinsip dan konsep yang diperlukan untuk mencapai tujuan pembelajaran. Selain bahan yang berupa informasi, maka perlu diusahakan isi pengajaran dapat merangsang daya cipta agar menumbuhkan dorongan pada diri siswa untuk memecahkannya sehingga kelas menjadi hidup.

3) Alat bantu belajar

Semua alat yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran, dengan maksud untuk menyampaikan pesan (informasi) dari sumber (guru maupun sumber lain) kepada penerima (siswa). Informasi yang disampaikan melalui media harus dapat diterima oleh siswa, dengan menggunakan salah satu ataupun gabungan beberapa alat indera mereka. Sehingga, apabila pengajaran disampaikan dengan bantuan gambar-gambar, foto, grafik, dan sebagainya, dan siswa diberi kesempatan untuk melihat, memegang, meraba, atau mengerjakan sendiri maka memudahkan siswa untuk mengerti pengajaran tersebut.

4) Suasana belajar

Suasana yang dapat menimbulkan aktivitas atau gairah pada siswa adalah apabila terjadi :

- (1) Adanya komunikasi dua arah (antara guru-siswa maupun sebaliknya) yang intim dan hangat, sehingga hubungan guru- siswa yang secara hakiki setara dan dapat berbuat bersama.
- (2) Adanya kegairahan dan kegembiraan belajar. Hal ini dapat terjadi apabila isi pelajaran yang disediakan berkesesuaian dengan karakteristik siswa. Kegairahan dan kegembiraan belajar juga dapat ditimbulkan dari media, selain isi pelajaran yang disesuaikan dengan karakteristik siswa, juga didukung oleh factor intern siswa yang belajar yaitu sehat jasmani, ada minat, perhatian, motivasi, dan lain sebagainya.

5) Kondisi siswa yang belajar. Mengenai kondisi siswa, dapat dikemukakan di sini sebagai berikut :

- (1) Siswa memiliki sifat yang unik, artinya antara anak yang satu dengan yang lainnya berbeda.
- (2) Kesamaan siswa, yaitu memiliki langkah- langkah perkembangan, dan memiliki potensi yang perlu diaktualisasikan melalui pembelajaran. Kondisi siswa sendiri sangat dipengaruhi oleh factor intern dan juga factor luar, yaitu segala sesuatu yang ada di luar diri siswa, termasuk situasi pembelajaran yang diciptakan guru. Oleh karena itu kegiatan pembelajaran lebih menekankan pada peranan dan partisipasi siswa, bukan peran guru yang dominant, tetapi lebih berperan sebagai fasilitator, motivator, dan pembimbing.

c. Prinsip Pembelajaran

Dalam buku *Condition of Learning*, Gagne (1997) mengemukakan sembilan prinsip yang dapat dilakukan guru dalam melaksanakan pembelajaran, sebagai berikut:

- 1) Menarik perhatian (*gaining attention*): hal yang menimbulkan minat siswa dengan mengemukakan sesuatu hal yang baru, aneh, kontradiksi, atau kompleks.
- 2) Menyampaikan tujuan pembelajaran (*informing, learner of the objectives*): memberikan kemampuan yang harus dikuasai siswa setelah selesai mengikuti pelajaran.
- 3) Mengingat konsep/ pribadi yang telah dipelajari (*stimulating recall or prior learning*): merangsang ingatan tentang pengetahuan yang telah dipelajari yang menjadi prasyarat untuk mempelajari materi yang baru.
- 4) Menyampaikan materi pelajaran (*presenting the stimulus*): menyampaikan materi- materi pembelajaran yang telah direncanakan.
- 5) Memberikan bimbingan belajar (*providing learner quidance*): memberikan pertanyaan- pertanyaan yang membimbing proses/ alur berpikir siswa agar memiliki pemahaman yang lebih baik.
- 6) Memperoleh kinerja/ penampilan siswa (*eliciting performance*): siswa diminta untuk menunjukkan apa yang telah dipelajari atau penguasaannya terhadap materi.
- 7) Memberikan balikan (*provilding feddback*): memberitahu seberapa jauh ketetapan performance siswa.
- 8) Menilai hasil belajar (*assessing performance*): memberitahukan tes/ tugas untuk mengetahui seberapa jauh siswa menguasai tujuan pembelajaran.
- 9) Memperkuat retensi dan transfer belajar (*enhancing retention and transfer*): merangsang kemampuan mengingat- ingat dan mentransfer dengan memberikan rangkuman, mengadakan review atau mempraktekan apa yang telah terjadi.

d. Peran Guru dalam Pembelajaran

1) Korektor

Pendidik bisa membedakan mana nilai yang baik, mana nilai yang buruk, koreksi atau penilaian dilakukan bersifat menyeluruh.

2) Inspirator

Pendidik menjadi inspirator bagi kemajuan belajar siswa atau mahasiswa, petunjuk bagaimana cara belajar yang baik, serta memberi masukan dalam menyelesaikan masalah lainnya

3) Informator

Pendidik harus dapat memberikan informasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi

4) Organisator

Pendidik harus mampu mengelola kegiatan akademik (belajar), hingga tercipta kegiatan pembelajaran yang tertib dan menyenangkan

5) Motivator

Pendidik harus mampu mendorong peserta didik agar bergairah dan aktif belajar.

6) Inisiator

Pendidik harus mampu mengemukakan ide baru kepada siswa atau dalam proses belajar mengajar

7) Fasilitator

Pendidik harus mampu memfasilitasi siswa mengenai materi yang dipelajari

8) Pembimbing

Pendidik harus mampu membimbing siswa agar dapat menemukan potensi yang dimilikinya, membimbing siswa agar dapat mencapai dan melaksanakan tugas-tugas perkembangan mereka

9) Demonstrator

Pendidik harus mampu senantiasa menguasai bahan ajar atau materi pelajaran yang akan diajarkannya serta senantiasa mengembangkan dalam arti meningkatkan kemampuannya

dalam hal ilmu yang dimilikinya karena hal ini sangat menentukan hasil belajar yang dicapai oleh siswa.

10) Pengelolaan kelas

Pendidik harus terampil untuk menciptakan dan memelihara sebuah kelas yang kondusif dengan maksud agar tercapainya kondisi yang optimal sehingga kegiatan belajar mengajar dapat berjalan dengan baik.

11) Mediator

Pendidik harus mampu membantu siswa dalam proses perundingan guna mencari berbagai kemungkinan penyelesaian persoalan yang timbul sesuai pelajaran yang disampaikan.

12) Supervisor

Pendidik harus mampu membantu siswa dalam pemecahan masalah yang ditimbulkan saat dalam proses pembelajaran

13) Evaluator

Pendidik berperan untuk mengumpulkan data atau informasi tentang keberhasilan pembelajaran yang telah dilakukan, sehingga mengetahui sejauh mana pengetahuan siswa tentang materi yang dipelajari

e. Proses Pembelajaran

Salah satu kompetensi yang harus dimiliki oleh pengawas sekolah/ madrasah sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 12 tahun 2002 dalam dimensi Supervisi Akademis adalah kemampuan untuk membimbing guru dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran/ bimbingan untuk tiap mata pelajaran dalam rumpun mata pelajaran yang relevan di sekolah.

Untuk mencapai kompetensi tersebut, dalam hal ini dibahas tentang hal-hal yang berkaitan dengan konsep dasar proses pembelajaran dan pelaksanaannya.

Proses pembelajaran pada dasarnya tidak dapat dipisahkan dari proses mengajar. Secara umum ada dua konsep mengajar, yakni mengajar sebagai proses menyampaikan materi pelajaran dan mengajar sebagai proses mengatur lingkungan. Kedua konsep tersebut memiliki konsekuensi yang berbeda terhadap pelaksanaan proses pembelajaran.

1) Mengajar sebagai Proses Menyampaikan Materi Pembelajaran.

Pertama kali, mengajar diartikan sebagai proses penyampaian informasi atau pengetahuan dari guru kepada siswa. Proses penyampaian itu sering juga dianggap sebagai proses mentransfer ilmu. Dalam konteks ini, mentransfer tidak diartikan dengan memindahkan, namun dalam konteks ini diartikan sebagai proses menyebarluaskan, seperti menyebarluaskan. Untuk proses mengajar, sebagai proses menyampaikan pengetahuan akan lebih tepat jika diartikan dengan menanamkan ilmu pengetahuan seperti yang dikemukakan Smith (1987) bahwa mengajar adalah menanamkan pengetahuan atau keterampilan (*teaching is imparting knowledge or skill*).

Kalau kita anggap belajar sebagai proses menyampaikan materi pelajaran, maka kegiatan belajar mengajar atau proses pembelajaran akan memiliki beberapa karakteristik berikut:

a) Proses Pembelajaran Berorientasi pada Guru

Dalam kegiatan belajar mengajar, guru memegang peran yang sangat penting. Guru menentukan segalanya. Mau diapakan siswa? Apa yang harus dikuasai siswa? Bagaimana cara melihat keberhasilan siswa? Semuanya tergantung guru. Begitu pentingnya peran guru, maka biasanya proses pengajaran hanya akan berlangsung manakala ada guru, dan tidak mungkin proses pembelajaran tanpa guru. Sehubungan dengan proses pembelajaran yang berpusat pada guru, maka minimal

ada tiga peran utama yang harus dilakukan guru, yaitu guru sebagai perencana, sebagai penyampai informasi dan guru sebagai evaluator. Sebagai perencana pengajaran, sebelum proses pengajaran guru harus menyiapkan berbagai hal yang diperlukan, seperti misalnya materi pelajaran apa yang harus disampaikan, bagaimana cara menyampaikannya, media apa yang harus digunakan dan lain sebagainya. Dalam melaksanakan perannya sebagai penyampai informasi, sering kali guru menggunakan metode ceramah sebagai metode utama.

Metode ini merupakan metode yang dianggap ampuh dalam proses pembelajaran. Karena pentingnya metode ini, maka biasanya guru sudah merasa mengajar apabila sudah melakukan ceramah, dan tidak mengajar apabila tidak melakukan ceramah. Sedangkan sebagai evaluator guru juga berperan dalam menentukan alat evaluasi keberhasilan pengajaran. Biasanya kriteria keberhasilan proses pengajaran diukur sejauh mana siswa dapat menguasai materi pelajaran yang disampaikan guru.

b) Siswa sebagai Objek Belajar

Konsep mengajar sebagai proses menyampaikan materi pelajaran, menempatkan siswa sebagai objek yang harus menguasai materi pelajaran. Mereka dianggap sebagai organisme yang pasif, yang belum memahami apa yang harus dipahami, sehingga melalui proses pengajaran mereka dituntut memahami segala sesuatu yang diberikan guru. Peran siswa adalah sebagai penerima informasi yang diberikan guru. Jenis informasi dan pengetahuan yang harus dipelajari kadang-kadang tidak berpijak dari kebutuhan siswa, baik dari segi pengembangan bakat maupun dari minat siswa akan tetapi berangkat dari

pandangan apa yang menurut guru dianggap baik dan bermanfaat.

Sebagai objek belajar, kesempatan siswa untuk mengembangkan kemampuan sesuai dengan minat dan bakatnya, bahkan untuk belajar sesuai dengan gayanya sangat terbatas. Sebab, dalam proses pembelajaran segala hal diatur dan ditentukan oleh gurunya.

c) Kegiatan Pembelajaran Terjadi pada Tempat dan Waktu Tertentu

Proses pengajaran berlangsung pada tempat tertentu misalnya terjadi di dalam kelas dengan penjadwalan yang ketat, sehingga siswa hanya belajar manakala ada kelas yang telah didesain sedemikian rupa sebagai tempat belajar. Adanya tempat yang telah ditentukan, sering proses pengajaran terjadi sangat formal. Siswa duduk dibangku berjejer, dan guru di depan kelas. Demikian juga halnya dengan waktu yang diatur sangat ketat. Misalnya, manakala waktu belajar suatu materi pelajaran tertentu telah habis, maka segera siswa belajar materi lain sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Cara mempelajarinya pun seperti bagian-bagian yang terpisah, seakan-akan tidak ada kaitannya antara materi pelajaran yang satu dengan yang lain.

d) Tujuan Utama Pembelajaran adalah Penguasaan Materi Pelajaran

Keberhasilan suatu proses pengajaran diukur dari sejauhmana siswa dapat menguasai materi pelajaran yang disampaikan guru. Materi pelajaran itu sendiri adalah pengetahuan yang bersumber dari mata pelajaran yang diberikan sekolah. Sedangkan, mata pelajaran itu sendiri adalah pengalaman-pengalaman manusia masa lalu yang

disusun secara sistematis dan logis kemudian diuraikan dalam buku- buku pelajaran dan selanjutnya isi buku itu yang harus dikuasai siswa. Kadang- kadang siswa tidak perlu memahami apa gunanya mempelajari bahan tersebut. Karena kriteria keberhasilan ditentukan oleh penguasaan materi pelajaran, maka alat evaluasi yang digunakan biasanya tes hasil belajar tertulis yang dilaksanakan secara periodik.

2) Mengajar sebagai Proses Mengatur Lingkungan

Pandangan lain mengajar dianggap sebagai proses mengatur lingkungan dengan harapan agar siswa belajar. Dalam konsep ini yang penting adalah belajarnya siswa. Untuk apa menyampaikan materi pelajaran kalau siswa tidak berubah tingkah lakunya? Untuk apa siswa menguasai materi pelajaran sebanyak-banyaknya kalau ternyata materi yang dikuasainya itu tidak berdampak terhadap perubahan perilaku dan kemampuan siswa. Dengan demikian yang penting dalam mengajar adalah proses mengubah perilaku. Dalam konteks ini mengajar tidak ditentukan oleh lamanya serta banyaknya materi yang disampaikan, akan tetapi dari dampak proses pembelajaran itu sendiri. Bisa jadi guru hanya beberapa menit saja di muka kelas, namun dari waktu yang sangat singkat itu membuat siswa sibuk melakukan proses belajar, itu sudah dikatakan mengajar.

Kalau kita menganggap mengajar sebagai proses mengatur lingkungan, maka dalam kegiatan belajar mengajar atau dalam proses pembelajaran akan memiliki karakteristik sebagai berikut:

a) Proses Pembelajaran Berpusat pada Siswa

Mengajar tidak ditentukan oleh selera guru, akan tetapi dapat ditentukan oleh siswa itu sendiri. Hendak belajar apa siswa dari topik yang harus dipelajari, bagaimana cara mempelajarinya, bukan hanya guru yang menentukan tetapi juga siswa. Siswa memiliki kesempatan untuk belajar sesuai

dengan gayanya sendiri. Dengan demikian peran guru berubah dari peran sebagai sumber belajar menjadi peran sebagai fasilitator, artinya guru lebih banyak sebagai orang yang membantu siswa dalam belajar. Tujuan utama mengajar adalah membelajarkan siswa. Oleh sebab itu kriteria keberhasilan proses mengajar tidak diukur dari sejauh mana siswa telah melakukan proses belajar. Inilah makna proses pembelajaran berpusat kepada siswa. Siswa tidak dianggap sebagai objek belajar yang dapat diatur dan dibatasi oleh kemauan guru, melainkan siswa ditempatkan sebagai subjek yang belajar sesuai dengan bakat, minat dan kemampuan yang dimilikinya. Oleh sebab itu, materi apa yang seharusnya dipelajari dan bagaimana cara mempelajarinya tidak semata-mata ditentukan oleh keinginan guru, akan tetapi memperhatikan setiap perbedaan siswa.

b) Siswa sebagai Subjek Belajar

Dalam konsep mengajar sebagai proses mengatur lingkungan, siswa tidak dianggap sebagai organisme yang pasif yang hanya sebagai penerima informasi, akan tetapi dipandang sebagai organisme yang aktif, yang memiliki potensi untuk berkembang. Mereka adalah individu yang memiliki kemampuan dan potensi.

c) Proses Pembelajaran Berlangsung dimana saja

Sesuai dengan karakteristik pembelajaran yang berorientasi kepada siswa, maka proses pembelajaran bisa terjadi dimana saja. Kelas bukanlah satu-satunya tempat belajar siswa. Siswa dapat memanfaatkan berbagai belajar sesuai dengan kebutuhan dan sifat materi pelajaran. Ketika siswa akan belajar tentang fungsi pasar misalnya, maka pasar itu merupakan tempat belajar siswa.

d) **Pembelajaran Berorientasi pada Pencapaian Tujuan**

Tujuan pembelajaran bukanlah menguasai materi pelajaran, akan tetapi proses untuk merubah tingkah laku siswa sesuai dengan tujuan yang akan divapai. Oleh karena itulah penguasaan materi pelajaran bukanla akhir dari proses pengajaran, akan tetapi hanya sebagai tujuan antara untuk pembentukan tingkah laku yang lebih luas. Artinya, sejauh mana materi pelajaran yang dikuasai oleh siswa dapat membentuk pola perilaku siswa itu sendiri. Untuk itulah metoda dan strategi yang digunakan guru tidak hanya sekedar metode ceramah, akan tetapi menggunakan berbagai metode, seperti dikusi, penugasan, kunjungan ke objek- objek tertentu dan lain sebagainya.

f. **Perbedaan antara belajar dengan pembelajaran**

Belajar dilakukan peserta didik dan proses yang menyertai perubahan tingkah laku

Pembelajaran merupakan upaya guru membuat peserta didik untuk ikut dalam belajar.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktifitas peserta diklat:

1. Membaca dan mempelajari bahan referensi sebagai penunjang materi yang akan diberikan.
2. Menyelesaikan semua tugas yang diberikan.
3. Meminta instruktur untuk merespon kegiatan anda.
4. Menyelesaikan tes formatif tiap kegiatan pembelajaran.
5. Menyelesaikan tugas-tugas praktek.
6. Dalam mengerjakan latihan, cobalah sendiri terlebih dahulu sebelum melihat kunci jawaban.
7. Kunci jawaban untuk masing-masing jawaban terdapat pada akhir kegiatan tersebut.

Perlengkapan yang harus disiapkan oleh Instruktur

1. Memberi penjelasan yang relevan dengan pembelajaran modul
2. Memberi bantuan pada peserta yang mengalami hambatan belajar
3. Memeriksa tugas-tugas peserta.
4. Menyediakan laboratorium yang dilengkapi komponen praktek yang dituntut dalam modul.

Aktifitas yang harus dilakukan Instruktur

1. Membantu peserta dalam merencanakan Diklat yang akan ditempuh
2. Membimbing peserta Diklat dalam kegiatan pelatihan.
3. Membantu peserta dalam memahami konsep dan praktek.
4. Mengorganisasikan seluruh kegiatan pendidikan dan pelatihan.
5. Mempersiapkan prosesi dan perangkat penilaian.
6. Melaksanakan penilaian hasil pelatihan.
7. Mencatat pencapaian kemajuan peserta Diklat.

E. Latihan/ Kasus /Tugas

1. Apa yang dimaksud dengan belajar menurut para ahli?
2. Jelaskan perubahan perilaku yang merupakan hasil belajar menurut Gagne (Abin Syamsuddin Makmun, 2003) !
3. Ciri-ciri belajar adalah adanya kemampuan baru atau perubahan. Kemampuan baru atau perubahan apa yang ingin dicapai dalam suatu proses belajar?
4. Jelaskan ciri-ciri pembelajaran dan prinsip- prinsip dalam melaksanakan suatu pembelajaran?
5. langkah-langkah aktivitas pembelajaran yang dapat diterapkan di dalam kelas!

F. Rangkuman

Belajar adalah kegiatan yang dilakukan oleh seseorang untuk mengetahui sesuatu yang belum diketahui, atau proses dari tidak tahu menjadi tahu. Sedangkan pembelajaran adalah seperangkat tindakan yang dirancang untuk mendukung proses belajar siswa, dengan memperhitungkan hal- hal yang

berperan terhadap rangkaian kejadian-kejadian intern yang berlangsung yang dialami oleh siswa.

Belajar yang terjadi pada diri individu merupakan perilaku yang kompleks, tindakan interaksi antara belajar dan pembelajaran yang bertujuan. Oleh karena berupa akibat interaksi, maka belajar dapat didinamiskan. Pendinamisan belajar terjadi oleh pelaku belajar dan lingkungan pembelajaran. Dinamika belajar yang bersifat internal, terkait dengan peningkatan hirarki ranah- ranah kognitif, afektif, maupun psikomotorik, kesemuanya itu terakit dengan tujuan pembelajaran. Sedangkan dinamisasi dari luar dapat berasal dari guru atau pembelajar dari lingkungannya. Usaha guru dalam mendinamisasikan belajar tersebut berkenaan dengan kesiapan siswa menghadapi bahan belajar, penciptaan suasana belajar yang menyenangkan, mengoptimalkan media dan sumber belajar, dan memaksimalkan peran sebagai pembelajar.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Bandingkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang tersedia. Hitunglah jumlah jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus dibawah ini 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 75 % keatas, anda dapat meneruskan ke modul berikutnya. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih dibawah 75 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini.

(*Catatan* : Kejujuran Intelektual Memegang Peranan Penting)

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

SENSOR SUHU, SENSOR LEVEL

DAN KONTROL ELEKTROMEKANIK

A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini guru dapat:

1. Menemukan kesalahan secara sistematis prosedur penyambungan sensor pada sistem otomasi industri.
2. Merancang kontrol elektromekanik berdasarkan permintaan kebutuhan klien dan rencana pabrik.
3. Menemukan prosedur penggunaan komponen elektronik pada pengaturan motor listrik.
4. Menemukan kesalahan secara sistematis prosedur komponen elektronik pada pengaturan motor listrik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menemukan kesalahan secara sistematis prosedur penyambungan sensor, aktuator dan komponen kontrol elektromekanik pada sistem otomasi industri.
2. Merancang kontrol elektromekanik berdasarkan permintaan kebutuhan klien dan rencana pabrik
3. Menemukan prosedur penggunaan komponen elektronik pada pengaturan motor listrik
4. Menemukan kesalahan secara sistematis prosedur komponen elektronik pada pengaturan motor listrik

C. Uraian Materi

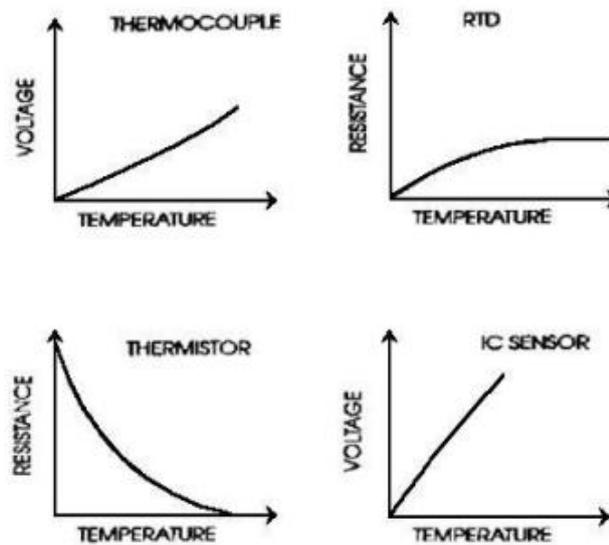
Bahan Bacaan 1

Sensor Dengan Perubahan Suhu

Sensor ini bekerjanya karena adanya perubahan suhu disekitar sensor, hasil pendeteksian berupa sinyal bukan listrik diubah menjadi sinyal listrik,

biasanya berupa tegangan listrik. Dan umumnya setiap perubahan dalam 10°C menghasilkan tegangan listrik sebesar 1mV dc .

Sensor suhu mempunyai beberapa model dan jenis contoh sensor suhu yang ada di pasaran, diantaranya PTC, NTC, PT100, LM35, termokopel dan lain-lain. Berikut ini karakteristik beberapa jenis sensor suhu dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 1. Karakteristik beberapa jenis sensor suhu

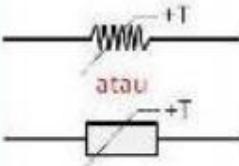
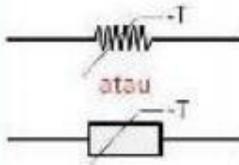
Pada gambar 1., IC sensor dan termokopel memiliki linearitas paling baik, namun karena dalam tugas ini suhu yang diukur lebih dari 100°C , maka termokopel yang paling sesuai karena mampu hingga mencapai suhu 1200°C . Sedangkan IC sensor linear hanya mampu sampai 135°C .

1. PTC dan NTC

Termistor atau tahanan thermal adalah komponen semikonduktor yang memiliki karakter sebagai tahanan dengan koefisien tahanan temperatur yang tinggi, yang biasanya negatif. Ada 2 jenis termistor yang sering kita jumpai dalam perangkat elektronika yaitu NTC (Negative Thermal Coeffisien) dan PTC (Positive Thermal Coeffisien). Umumnya tahanan termistor pada temperatur ruang dapat berkurang 6% untuk setiap kenaikan temperatur sebesar 1°C . Kepekaan yang tinggi terhadap perubahan temperatur ini

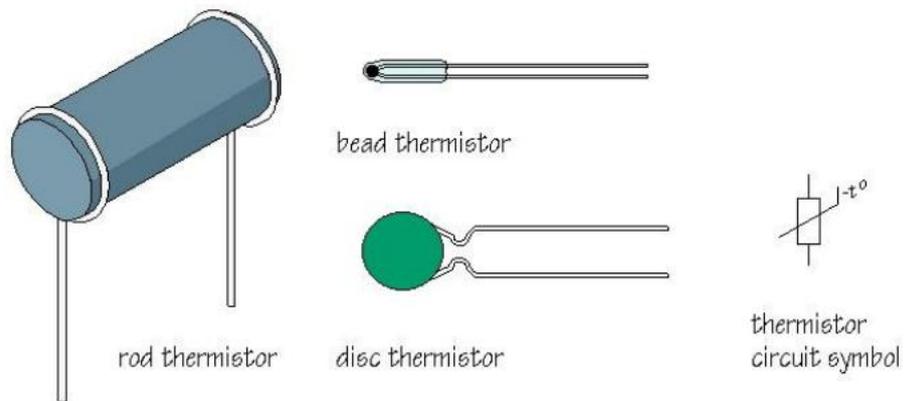
membuat termistor sangat sesuai untuk pengukuran, pengontrolan dan kompensasi temperatur secara presisi.

Gambar dan Simbol Komponen Thermistor PTC dan NTC

Nama Komponen	Gambar	Simbol
<p>Thermistor PTC [Positive Temperature Coefficient]</p>		
<p>Thermistor NTC [Negative Temperature Coefficient]</p>		

Gambar 2. Gambar dan simbol komponen thermistor PTC dan NTC

Termistor terbuat dari campuran oksida-oksida logam yang diendapkan seperti: mangan (Mn), nikel (Ni), cobalt (Co), tembaga (Cu), besi (Fe) dan uranium (U). Rangkaian tahanannya adalah dari 0,5 W sampai 75 W dan tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran. Ukuran paling kecil berbentuk mani-manik (beads) dengan diameter 0,15 mm sampai 1,25 mm, bentuk piringan (disk) atau cincin (washer) dengan ukuran 2,5 mm sampai 25 mm. Cincin-cincin dapat ditumpukan dan di tempatkan secara seri atau paralel guna memperbesar disipasi daya.



Gambar 3. Bentuk thermistor

Dalam operasinya termistor memanfaatkan perubahan resistivitas terhadap temperatur, dan umumnya nilai tahanannya turun terhadap temperatur secara eksponensial untuk jenis NTC (Negative Thermal Coeffisien)

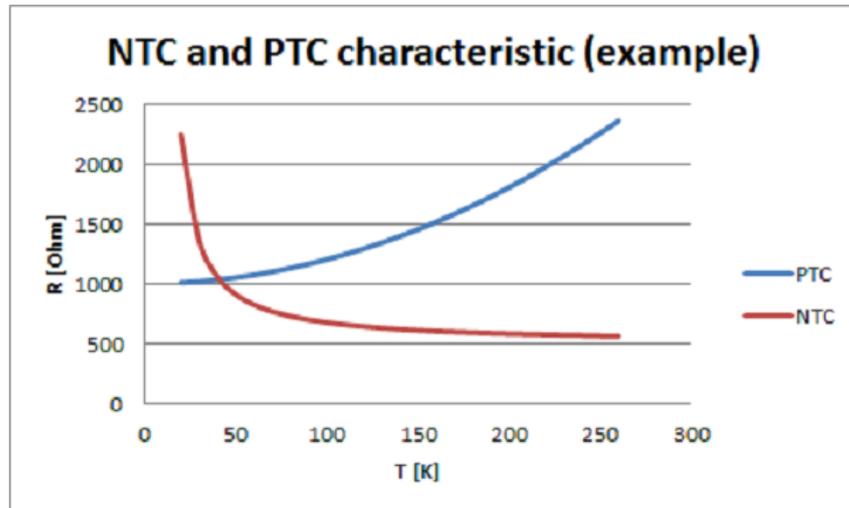
$$R_T = R_A e^{\beta/T} \quad (1)$$

Koefisien temperatur α didefinisikan pada temperature tertentu misalnya 25°C sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{\Delta R_T / R_T}{\Delta T} \quad (2)$$

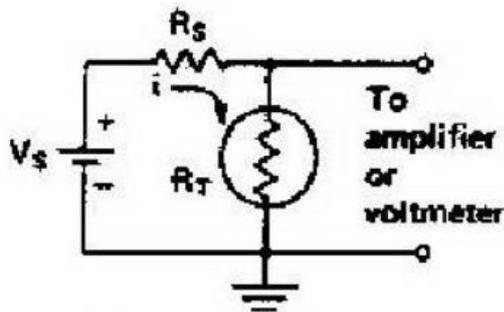
Teknik Kompensasi Termistor:

Karakteristik termistor berikut memperlihatkan hubungan antara temperatur dan resistansi seperti tampak pada gambar 7.



Gambar 4. Karakteristik Termistor

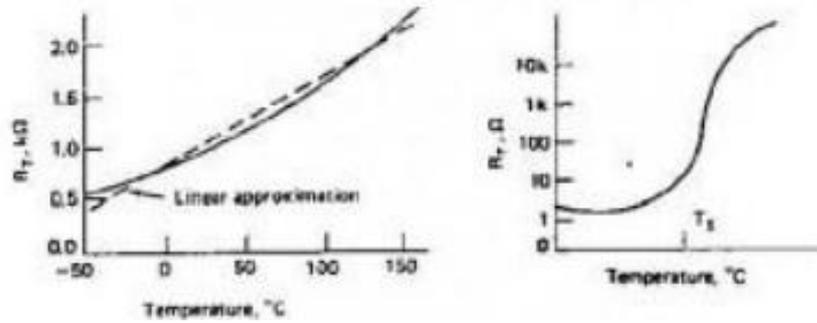
Untuk pengontrolan perlu mengubah tahanan menjadi tegangan, berikut rangkaian dasar untuk mengubah resistansi menjadi tegangan (gambar 5).



Gambar 5. Rangkaian pengubah tahanan menjadi tegangan

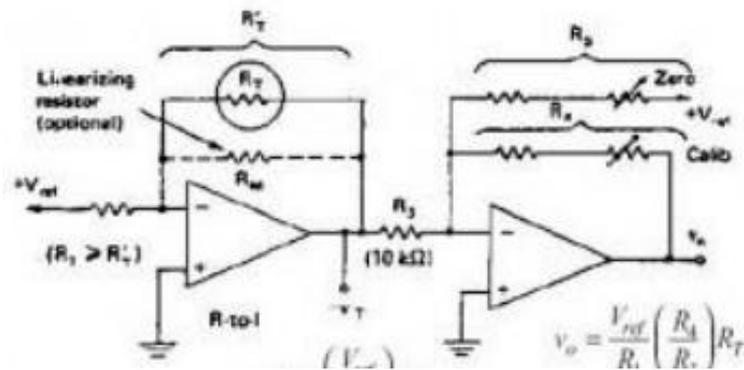
$$V_T = \frac{V_S R_T}{R_S + R_T} \approx \left(\frac{V_S}{R_S} \right) R_T \quad (3)$$

Thermistor dengan koefisien positif (PTC, Positive Thermal Coefficient) Grafik karakteristik termistor jenis PTC dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Karakteristik Thermistor PTC

Dalam operasinya termistor jenis PTC memanfaatkan perubahan resistivitas terhadap temperatur, dan umumnya nilai tahanannya naik terhadap temperatur secara eksponensial.



Gambar 7. Rangkaian PTC

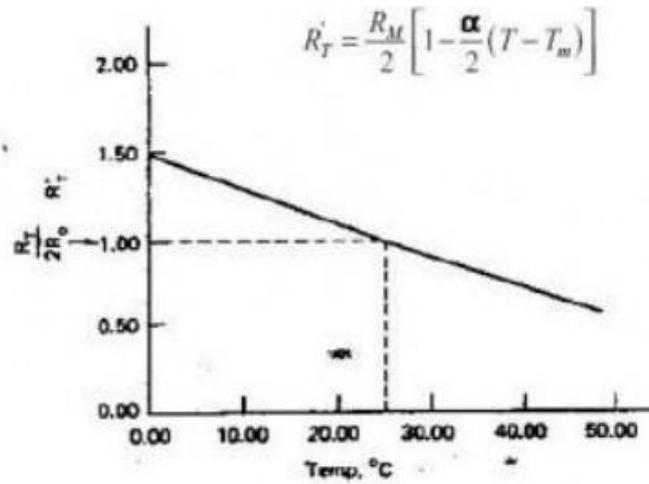
$$-V_T = \left(\frac{V_{ref}}{R_1} \right) R_T$$

(4)

$$V_o = \frac{V_{ref}}{R_1} \left(\frac{R_4}{R_5} \right) R_T - V_Z$$

(5)

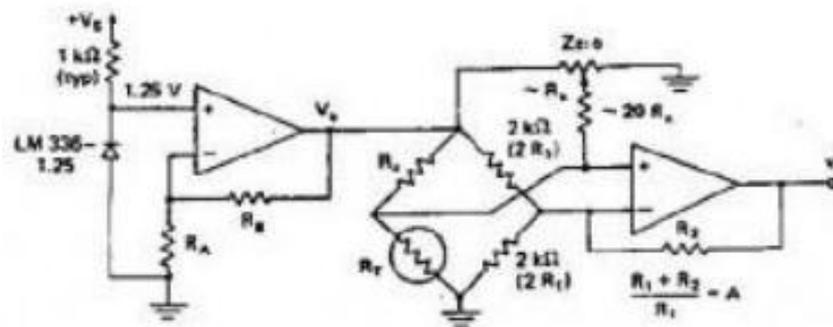
Daerah resistansi PTC mendekati linier, dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik resistansi linear

$$R_T' = \frac{R_M}{2} \left[1 - \frac{\alpha}{2} (T - T_m) \right] \tag{6}$$

Untuk teknik kompensasi temperatur menggunakan rangkaian penguat jembatan lebih baik digunakan untuk jenis sensor resistansi karena rangkaian jembatan dapat diatur titik kesetimbangannya.



Gambar 9. Rangkaian penguat jembatan

Nilai tegangan outputnya adalah :

$$V_O \approx \frac{R_a + 2R_b}{R_a} \frac{V_b}{4} \frac{\Delta R}{R_x} \tag{7}$$

Atau rumus lain yang dapat digunakan untuk menentukan tegangan output:

$$V_O = S_T \Delta T \quad (8)$$

$$S_T = A \frac{V_b}{4} \quad (9)$$

$$A = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \quad (10)$$

Sehingga:

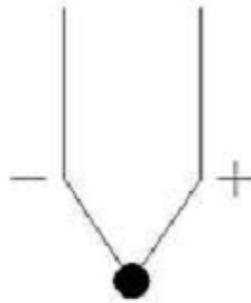
$$V_O = A \frac{V_b}{4} \left[\delta - \frac{\delta^2}{2} + \frac{\delta^3}{4} \right] \quad (11)$$

2. Termokopel

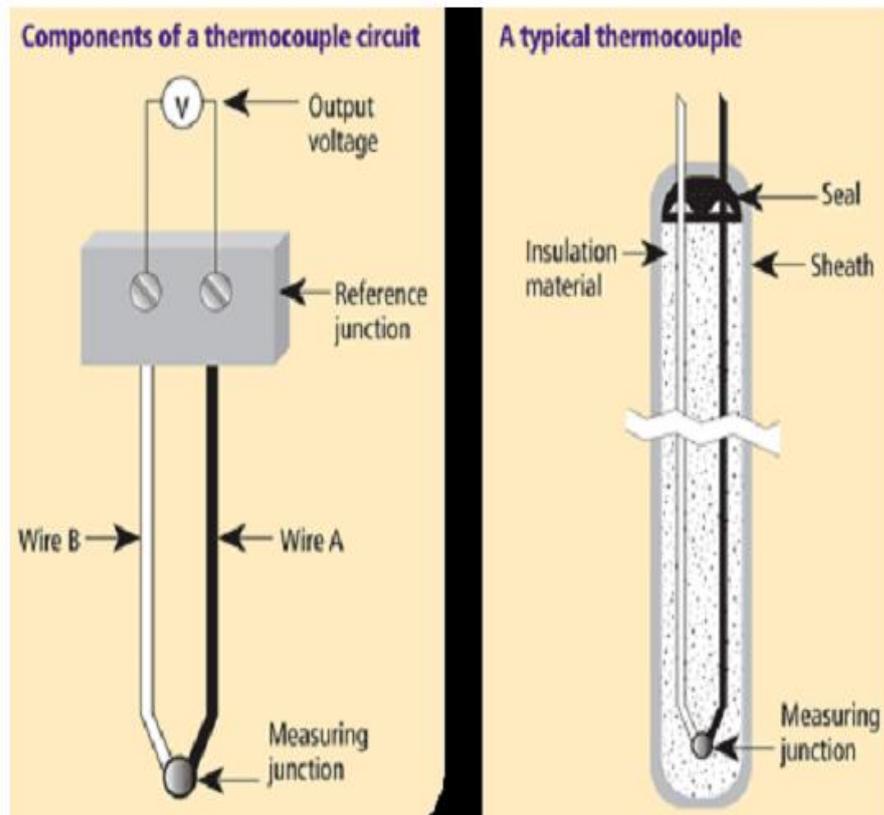
Thermocouple/termokopel berasal dari kata “Thermo” yang berarti energi panas dan “Couple” yang berarti pertemuan dari dua buah benda. Termokopel adalah transduser aktif suhu yang tersusun dari dua buah logam berbeda dengan titik pembacaan pada pertemuan kedua logam dan titik yang lain sebagai outputnya. Termokopel merupakan salah satu sensor yang paling umum digunakan untuk mengukur suhu karena relatif murah namun akurat yang dapat beroperasi pada suhu panas maupun dingin. Sering digunakan untuk industri pengolahan minyak dan baja.

Sensor termokopel adalah sensor yang mampu mengukur suhu sangat tinggi sehingga sensor suhu termokopel ini sering digunakan untuk industri pengolahan minyak atau baja. Sensor suhu termokopel memiliki nilai output yang kecil pada kondisi level noise yang tinggi, sehingga memerlukan pengkondisi sinyal agar nilai output tersebut dapat dibaca.

Simbol dari Termokopel:

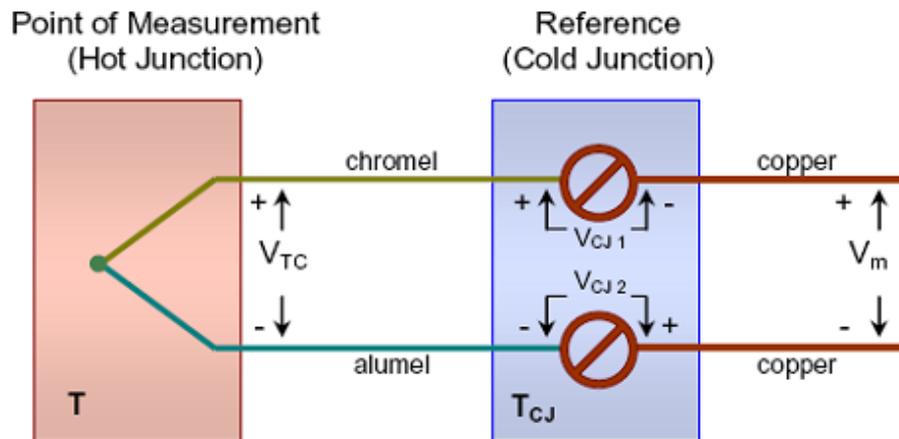


Gambar 10. Simbol Termokopel



Gambar 11. Komponen komponen Termokopel

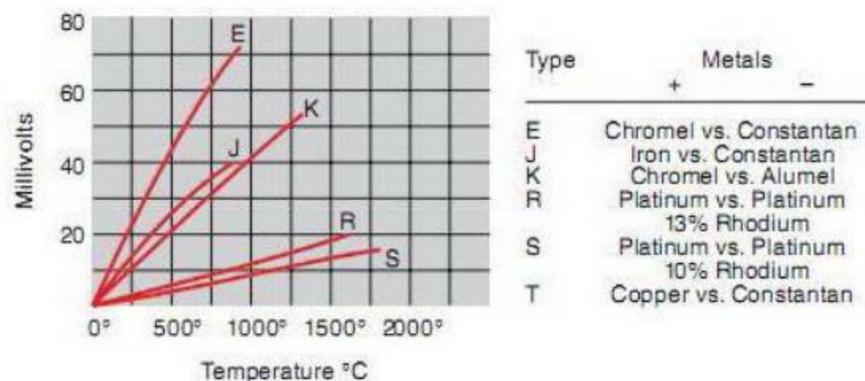
Konstruksi Termokopel



Gambar 12. Konstruksi Termokopel

$$V_m = V_{TC} - (V_{CJ1} + V_{CJ2}) = V_{TC} - V_{CJ} \quad (12)$$

Berikut ini beberapa perilaku jenis termokopel dan karakteristiknya dapat dilihat pada gambar 13.



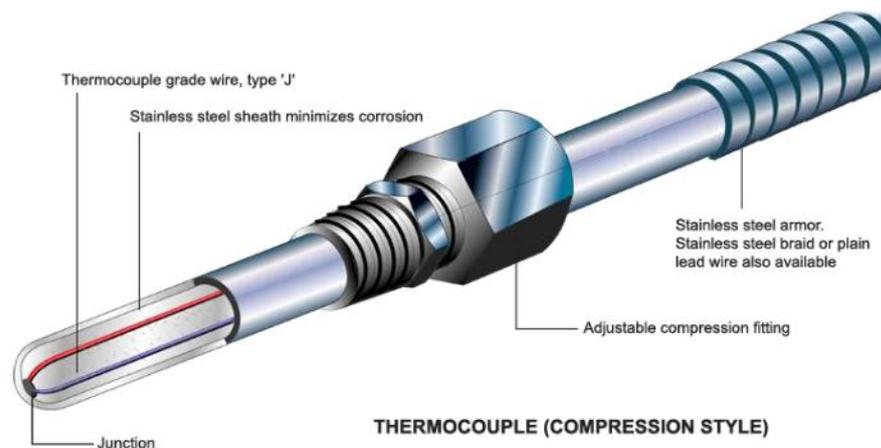
Gambar 13. Perilaku beberapa jenis termokopel

Sejarah termokopel

Fenomena termoelektrik pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh ilmuwan Jerman, Thomas Johann Seebeck. Ia menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Di antara kedua logam tersebut lalu diletakkan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Belakangan diketahui, hal ini terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang

menggerakkan jarum kompas. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek *Seebeck*. Output sensor suhu thermocouple berupa tegangan dalam satuan mili Volt. Berikut ini beberapa perilaku jenis thermocouple dan karakteristiknya.

Penemuan *Seebeck* memberikan inspirasi pada Jean Charles Peltier untuk melihat kebalikan dari fenomena tersebut. Dia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1934 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier. Sir William Thomson, menemukan arah arus mengalir dari titik panas ke titik dingin dan sebaliknya. Efek *Seebeck*, Peltier, dan Thomson inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi termoelektrik.



Gambar 14. Bagian bagian dari thermocouple compression style

Tipe ini termasuk jenis yang paling tua, yang konstruksinya terdiri dari satu tabung gelas yang mempunyai pipa kapiler kecil berisi vacuum dan cairan, biasanya berupa air raksa. Perubahan panas menyebabkan perubahan ekspansi dari cairan atau dikenal dengan *temperature to volumatic change* kemudian *volumetric change to level* secara simultan. Perubahan level ini menyatakan perubahan panas atau temperatur, ketelitian jenis ini tergantung dari rancangan atau ketelitian tabung, juga penyekalannya. Cara lain dari

jenis ini adalah menggunakan gas tabung yang diisi gas yang dihubungkan dengan pipa kapiler yang dilindungi oleh spiral menuju ke spiral bourdon yang dipakai untuk menggerakkan pivot, selanjutnya menggerakkan pointer. Data spesifikasi dari tipe termokopel.

Tabel 1. Data spesifikasi dari tipe termokopel

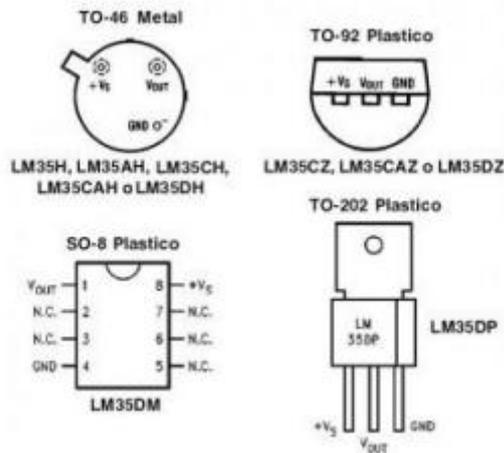
Termokopel type	Overall range °C	0.1 °C resolution	0.025 °C resolution
B	150 to 1820	150 to 1820	600 to 1820
E	-270 to 910	-270 to 910	-260 to 910
J	-210 to 1200	-210 to 1200	-210 to 1200
K	-270 to 1370	-270 to 1370	-250 to 1370
N	-270 to 1300	-270 to 1300	-230 to 1300
R	-50 to 1760	-50 to 1760	20 to 1760
S	-50 to 1760	-50 to 1760	20 to 1760
T	-270 to 400	-270 to 400	-250 to 400

3. LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai biasanya berupa komponen elektronika yang diproduksi oleh National Semiconductor. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan.

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60 μA hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (self-heating) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5 °C pada suhu 25 °C .

Struktur Sensor LM35



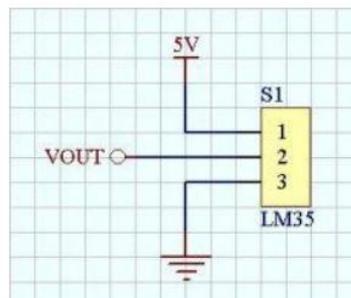
Gambar 15. Sensor Suhu LM35

Gambar 15. menunjukkan bentuk dari LM35 tampak depan dan tampak bawah. 3 pin LM35 menunjukkan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau V_{out} dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat celcius sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\Delta T = \frac{V_{LM35}}{10mV} \quad (13)$$

ΔT = Perubahan Suhu

V_{LM35} = Tegangan terukur

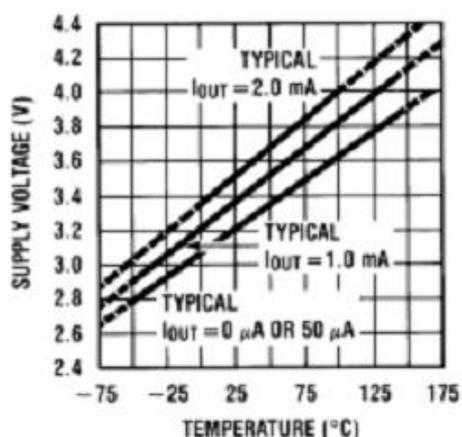


Gambar 16. Rangkaian skematik Sensor LM35

Gambar 16. adalah gambar skematik rangkaian dasar sensor suhu LM35-DZ. Rangkaian ini sangat sederhana dan praktis. V_{out} adalah tegangan keluaran sensor yang terskala linear terhadap suhu terukur, yakni 10 milivolt per 1 derajat celcius. Jadi jika $V_{out} = 530\text{mV}$, maka suhu terukur adalah 53 derajat Celcius. Dan jika $V_{out} = 320\text{mV}$, maka suhu terukur adalah 32 derajat Celcius. Tegangan keluaran ini bisa langsung diumpankan sebagai masukan ke rangkaian pengkondisi sinyal seperti rangkaian penguat operasional dan rangkaian filter, atau rangkaian lain seperti rangkaian pembanding tegangan dan rangkaian Analog-to-Digital Converter.

Karakteristik Sensor LM35.

- Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
- Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu $0,5^\circ\text{C}$ pada suhu 25°C seperti terlihat pada gambar ..
- Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55°C sampai $+150^\circ\text{C}$.
- Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
- Memiliki arus rendah yaitu kurang dari $60 \mu\text{A}$.
- Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari $0,1^\circ\text{C}$ pada udara diam.
- Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu $0,1 \text{ W}$ untuk beban 1 mA .
- Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}^\circ\text{C}$.

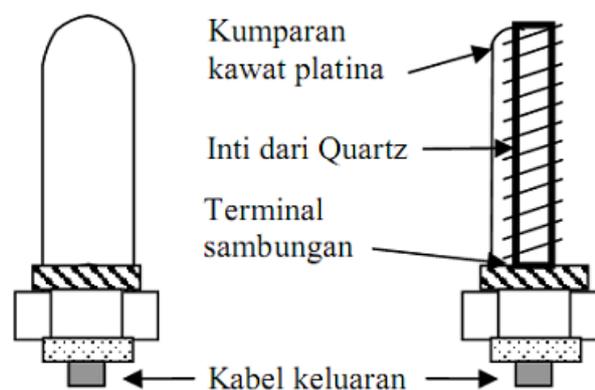


Gambar 17. Grafik karakteristik LM35 terhadap suhu

LM35 dapat disuplai dengan tegangan mulai 4V-30V DC dengan arus pengurasan 60 mikroampere, memiliki tingkat efek self-heating yang rendah (0,08 derajat Celcius). Self-heating adalah efek pemanasan oleh komponen itu sendiri akibat adanya arus yang bekerja melewatinya. Untuk komponen sensor suhu, parameter ini harus dipertimbangkan dan diupayakan atau di-handle dengan baik karena hal ini dapat menyebabkan kesalahan pengukuran. Seperti sensor suhu jenis RTD, PT100 atau PT1000 misalnya, komponen ini tidak boleh dieksitasi oleh arus melebihi 1 miliampere, jika melebihi, maka sensor akan mengalami self-heating yang menyebabkan hasil pengukuran senantiasa lebih tinggi dibandingkan suhu yang sebenarnya.

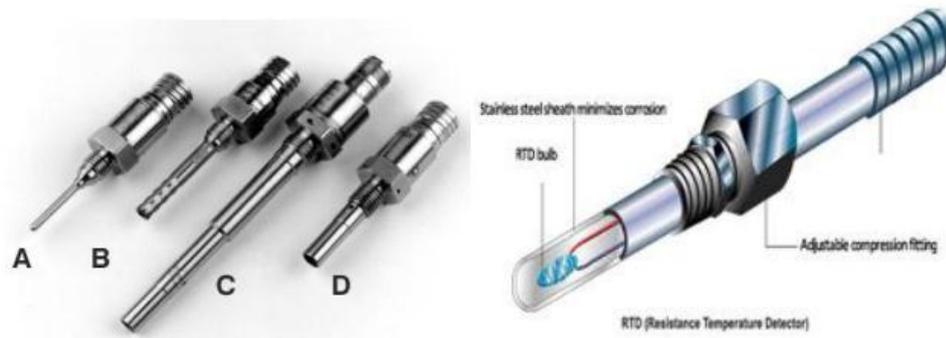
4. RTD (Resistance Thermal Detector)

RTD adalah salah satu dari beberapa jenis sensor suhu yang sering digunakan. RTD dibuat dari bahan kawat tahan korosi, kawat tersebut dililitkan pada bahan keramik isolator. Bahan kawat untuk RTD tersebut antara lain; platina, emas, perak, nikel dan tembaga, dan yang terbaik adalah bahan platina karena dapat digunakan menyensor suhu sampai 1500°C. Tembaga dapat digunakan untuk sensor suhu yang lebih rendah dan lebih murah, tetapi tembaga mudah terserang korosi.



Gambar 19. Konstruksi RTD

Bentuk konstruksi RTD secara umum dapat dilihat pada gambar 20 berikut:



Gambar 20. Bentuk konstruksi RTD secara umum

- A. Cryogenic RTD
- B. Hollow Annulus High Pressure LH2 RTD
- C. Hollow Annulus LH2 RTD
- D. 1/8" Diameter LN2 RTD

RTD (PT100) memiliki kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan dari RTD (PT100) :

- Ketelitiannya lebih tinggi dari pada termokopel.
- Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
- Stabil pada temperatur yang tinggi, karena jenis logam platina lebih stabil dari pada jenis logam yang lainnya.
- Kemampuannya tidak akan terganggu pada kisaran suhu yang luas.

Kekurangan dari RTD (PT100) :

- Lebih mahal dari pada termokopel.
- Terpengaruh terhadap guncangan dan getaran.
- Respon waktu awal yang sedikit lama (0,5 s/d 5 detik, tergantung kondisi penggunaannya).
- Jangkauan suhunya lebih rendah dari pada termokopel. RTD (PT100) mencapai suhu 650°C , sedangkan termokopel mencapai suhu 1700°C .

Resistance Thermal Detector (RTD) perubahan tahanannya lebih linear terhadap temperatur uji tetapi koefisien lebih rendah dari thermistor dan model matematis linier adalah:

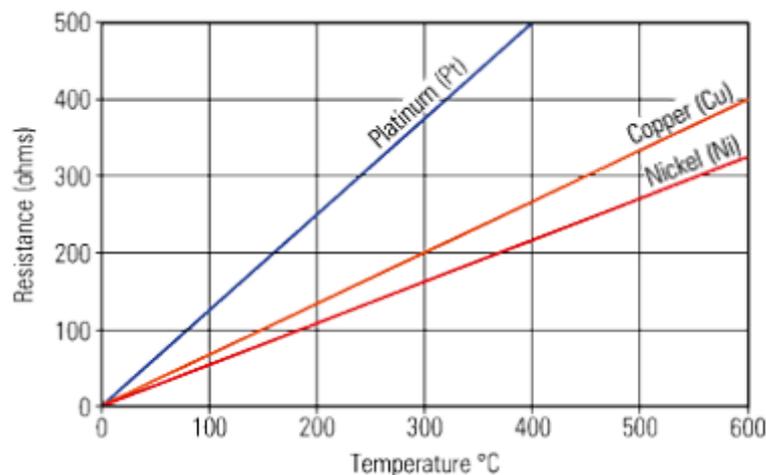
$$R_t = R_0(1 + \alpha\Delta t) \quad (14)$$

- Ro = tahanan konduktor pada temperature awal (biasanya 0°C)
- RT = tahanan konduktor pada temperatur t°C
- α = koefisien temperatur tahanan
- Δt = selisih antara temperatur kerja dengan temperatur awal

Sedangkan model matematis nonlinier kuadratik untuk RTD adalah:

$$R_t = R_0(1 + AT - BT^2) \quad (15)$$

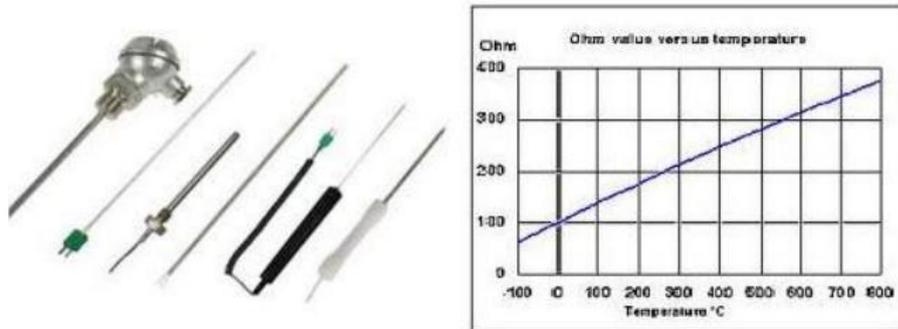
Grafik perbandingan resistansi dengan temperatur untuk variasi RTD metal dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 21. Grafik perbandingan resistansi dengan temperatur untuk variasi RTD metal

PT100 merupakan tipe RTD yang paling populer yang digunakan di industri. RTD merupakan sensor pasif, karena sensor ini membutuhkan energi dari luar. Elemen yang umum digunakan pada tahanan resistansi adalah kawat nikel, tembaga, dan platina murni yang dipasang dalam sebuah tabung guna untuk memproteksi terhadap kerusakan mekanis. Resistance Temperature Detector (PT100) digunakan pada kisaran suhu -200°C sampai dengan 650°C.

Berikut adalah gambar dari sensor PT100 beserta karakteristiknya.



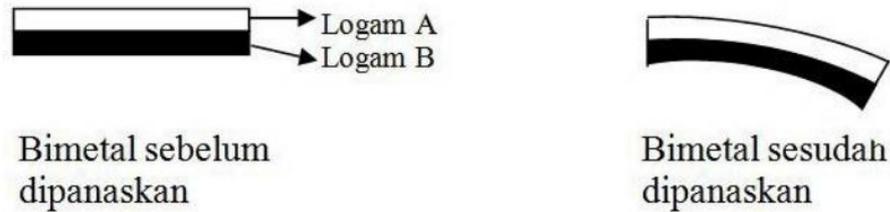
Gambar 22. Sensor PT100 dan Karakteristiknya

5. Bimetal

Bimetal adalah sensor suhu atau sensor temperatur yang sangat populer digunakan karena kesederhanaan yang dimilikinya. Bimetal biasa dijumpai pada peralatan listrik seperti setrika listrik dan lampu dimer atau lampu penerangan daya besar.

Bimetal adalah sensor suhu yang terbuat dari dua buah lempengan logam yang berbeda koefisien muainya (α) yang direkatkan menjadi satu. Bila suatu logam dipanaskan maka akan terjadi pemuaian, besarnya pemuaian tergantung dari jenis logam dan tingginya temperatur kerja logam tersebut.

Bila dua lempeng logam saling direkatkan dan dipanaskan, maka logam yang memiliki koefisien muai lebih tinggi akan memuai lebih panjang sedangkan yang memiliki koefisien muai lebih rendah memuai lebih pendek. Oleh karena perbedaan reaksi muai tersebut maka bimetal akan melengkung kearah logam yang muainya lebih rendah. Dalam aplikasinya bimetal dapat dibentuk menjadi sakelar Normally Closed (NC) atau Normally Open (NO).



Gambar 23. Bentuk bimetal sebelum dan setelah dipanaskan

Dari penggabungan dua logam yang berbeda koefisien muai tersebut berlaku rumusan berikut :

$$\rho = \frac{t[3(1+m)^2 + (1+mn)(m^2 + 1/mn)]}{6(\alpha_A + \alpha_B)(T_2 - T_1)(1+m)^2} \quad (16)$$

Dimana dalam praktiknya $t_B/t_A = 1$ dan $(n+1).n = 2$, sehingga :

$$\rho = \frac{2t}{3(\alpha_A - \alpha_B)(T_2 - T_1)} \quad (17)$$

dimana :

ρ = radius kelengkungan

t = tebal jalur total

n = perbandingan modulus elastis, E_B/E_A

m = perbandingan tebal, t_B/t_A

$T_2 - T_1$ = kenaikan temperature

α_A, α_B = koefisien muai panas logam A dan logam B

Konsep dasar pembuatan sensor suhu bimetal adalah memanfaatkan koefisien muai dari dua logam yang berbeda dan diaplikasikan sebagai sebuah saklar Normally Closed (NC) atau Normally Open (NO) yang akan berubah posisi pada saat temperatur/suhu dingin dan panas.

Seperti namanya maka temperatur switch adalah switch yang bekerjanya memutuskan atau menyambung listrik karena pengaruh dari suhu. Jadi pada suhu tertentu titik kontak pada temperatur switch tersebut akan terhubung atau terputus. Temperatur switch banyak digunakan untuk peralatan

pendingin udara, pelindung peralatan terhadap suhu berlebih dan lain-lain. Temperatur switch sering juga disebut thermal switch atau thermostat switch.

6. Thermo Switch

Thermo switch biasanya memiliki tuas titik kontak yang terbuat dari sekeping pelat bimetal. Bimetal adalah dua buah logam yang memiliki koefisien pemuaian panjang berbeda yang direkatkan dengan di las menjadi satu. Pada suhu nominal pelat bimetal berbentuk lurus. Jika pelat bimetal dipanaskan maka logam yang memiliki koefisien muai panjang lebih besar akan memuai lebih panjang daripada logam yang memiliki nilai koefisien muai panjang lebih kecil.

Logam yang memuai lebih panjang akan mendorong logam yang memuai lebih pendek sehingga pelat bimetal akan melengkung ke arah logam yang memiliki nilai koefisien muai lebih kecil. Hal sebaliknya akan terjadi jika pelat bimetal didinginkan.



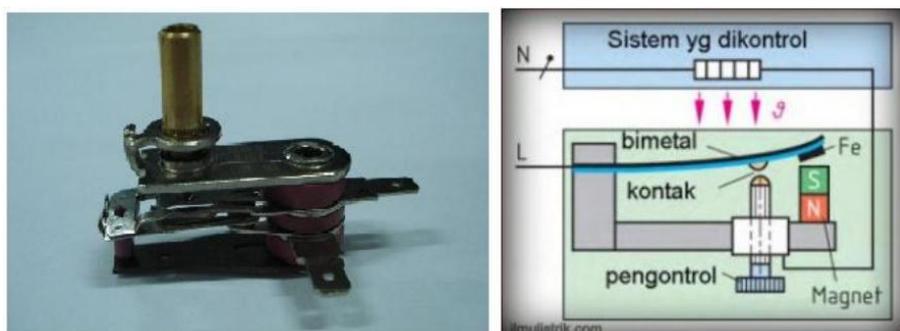
Gambar 24. Bentuk fisik thermo switch

Thermo switch biasanya memiliki permukaan yang dihubungkan dengan pelat bimetal dan permukaan tersebut merupakan titik kontak yang akan

dihubungkan dengan sumber panas atau dingin. Pelat bimetal merupakan tuas yang dihubungkan dengan titik kontak dan titik kontak tersebut dihubungkan ke terminal atau pin untuk disambung ke sumber arus listrik.

Keping bimetal adalah dua buah keping logam (biasanya kuningan dan besi) yang memiliki koefisien muai panjang berbeda yang dikeling menjadi satu. Keping bimetal sangat peka terhadap perubahan suhu. Jika keping bimetal dipanaskan, maka akan melengkung ke arah logam yang koefisien muai panjangnya kecil. Bila didinginkan, keping bimetal akan melengkung ke arah logam yang koefisien muai panjangnya besar.

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. Pembengkokan bimetal dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya saklar alarm bimetal, atau termometer bimetal. Jika keping bimetal dipanaskan, maka akan melengkung ke arah logam yang koefisien muai panjangnya kecil. Bila didinginkan, keping bimetal akan melengkung ke arah logam yang koefisien muai panjangnya besar.



Gambar 25. Bentuk fisik dan rangkaian listrik bimetal

Keping bimetal dapat dimanfaatkan dalam berbagai keperluan misalnya pada termometer bimetal, termostat bimetal pada setrika listrik, saklar alarm bimetal, sekering listrik bimetal.

Aplikasi Bimetal atau Thermo switch

a. Pengaman temperatur berlebih

Pada aplikasi ini permukaan sensor thermo switch diletakan pada perangkat di bagian yang mengasilkan atau tempat menjalarnya panas. Thermo switch bekerja pada temperatur nominal tertentu. Pada kondisi normal titik kontak thermo switch terhubung (NC = Normaly Close). Apabila temperatur maksimum terlampaui maka pelat bimetal akan melengkung dan titik kontak menjadi terbuka. Biasanya di pasaran tersedia beberapa pilihan untuk nilai temperatur maksimum dari thermo switch.

Contoh aplikasi ini adalah thermo switch pada motor listrik, kipas angin listrik dan lain-lain. Dimana thermo switch di tempal pada bodi dari motor dan pada saat temperatur ambang terlewati maka motor akan mati. Beberapa jenis thermo switch untuk aplikasi ini dilengkapi pengaturan tekanan pegas terhadap plat bimetal sehingga temperatur maksimumnya bisa diatur. Contohnya pada setrika listrik.

b. Perangkat pendingin

Pada aplikasi ini thermo switch diletakan pada bagian yang menghasilkan atau dirambati dingin. Thermo switch bekerja pada temperatur nominal tertentu. Pada kondisi normal titik kontak thermo switch terhubung (NC = Normaly Close). Apabila temperatur minimum terlampaui maka pelat bimetal akan melengkung dan titik kontak menjadi terbuka.

Contoh aplikasi ini adalah pada kulkas dan AC.

Untuk aplikasi ini biasanya thermo switch memiliki sistim kerja yang berbeda. Biasanya thermo switch terbuat dari pipa tembaga yang ujungnya di las sedangkan ujung lainnya dihubungkan dengan semacam tabung yang bentuknya berlipat-lipat. Ujung yang di las ditempelkan ke sumber dingin. Perubahan suhu akan menyebabkan perubahan volume dari tabung tembaga. Perubahan tabung tembaga akan mendorong tuas titik kontak sehingga saklar menjadi terbuka atau tertutup. Beberapa jenis thermo switch untuk aplikasi ini dilengkapi pengaturan tekanan pegas terhadap plat bimetal sehingga temperatur minimumnya bisa diatur.

Pemanfaatan pemuaian zat yang tidak sama koefisien muainya dapat berguna bagi industri otomotif, misalnya pada bimetal yang dipasang sebagai saklar otomatis atau pada lampu reting kendaraan. Selain itu keping bimetal digunakan pada setrika listrik, bel listrik, alarm kebakaran, lampu sen mobil atau motor, rice cooker, oven, pemanas air listrik, kompor listrik, dan termometer bimetal.

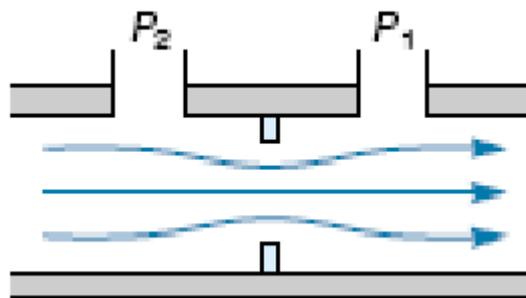
Bahan Bacaan 2

Sensor Level

Untuk mencapai operasi yang optimal, ada beberapa industri yang memerlukan pendeteksian besaran fisis aliran zat dan level liquid. Misalnya pabrik gula, pabrik semen, pabrik makanan dan minuman.

1. Sensor Aliran Fluida

Sensor Aliran fluida atau Flow sensor mengukur kuantitas suatu fluid material yang melewati suatu saluran pada waktu tertentu. Biasanya, bahan-bahan yang diukur berupa gas atau liquid yang mengalir di dalam suatu pipa. Laju aliran bahan padat atau solid material, seperti gravel traveling yang lewat suatu conveyer belt, tidak termasuk dalam cara ini. Flow transducer dibuat dalam berbagai bentuk, semuanya menerapkan prinsip sama yaitu differential pressure.



Gambar 26. Tipikal Orifice

a. Orifice Plate

Pressure-based flow sensor adalah flow sensor berbasis fakta bahwa tekanan yang dibawa oleh fluida kerja proporsional terhadap alirannya (flow). Bila tekanan sudah dapat dideteksi dengan sensor tekanan (pressure sensor); maka laju aliran dapat ditentukan. Gambar 29.

memperlihatkan flow sensor yang disebut orifice plate, yaitu membuat saluran menjadi lebih kecil dari saluran normalnya untuk mendapatkan rugi tekanan yang lebih besar.

Sensor ini memerlukan dua buah pressure port, satu terletak di depan atau upstream dan satu lagi di belakang atau downstream. Laju aliran proporsional terhadap beda tekanan antara dua port pressure dan perhitungan lajunya sebagai berikut:

$$Q = CA\sqrt{\frac{2g}{d}(P_2 - P_1)} \quad (18)$$

Di mana:

Q = flow (in³)

C = coefficient of discharge (0.63)

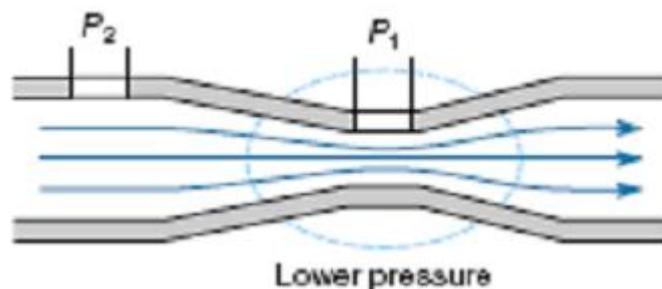
A = area of the orifice hole (in²)

d = weight density of the fluid (lb/in³)

P₂-P₁ = pressure difference (psi)

g = gravity (384 in./s²)

jenis lain dari pressure-based flow sensor adalah menggunakan sistem venturi untuk mendapatkan pressure difference, seperti diperlihatkan dalam Gambar 27.

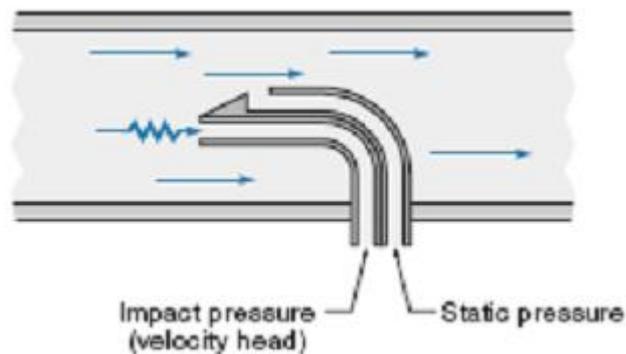


Gambar 27. Tipikal Ventury

b. Ventury

Venturi memberikan hambatan secara gradual di dalam pipa yang menyebabkan kecepatan aliran fluida naik ketika lewat di daerah

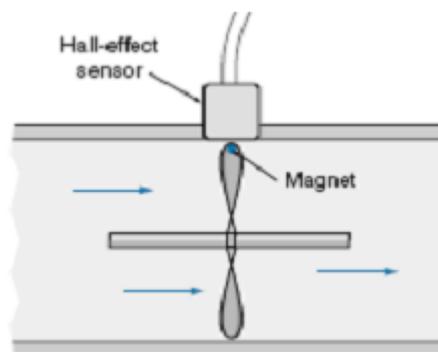
ventury. Area yang memiliki kecepatan (velocity) lebih tinggi pasti memiliki tekanan (pressure) yang lebih rendah. Laju aliran proporsional terhadap beda tekanan antara P2 dan P1. Sensor tipe venturi flow sensor cenderung menjaga laju aliran menjadi lebih lembut (smooth), tetapi kedua orifice plate dan venturi menyebabkan pressure drop dalam pipa.



Gambar 28. Tipikal pilotTubex

c. Turbine Flow Sensor

Turbine, atau spin-type, flow sensor (disebut juga sebagai flow meter), menggunakan kincir atau propeller diletakkan pada aliran fluida. Kecepatan rotasional yang dihasilkan oleh kincir proporsional terhadap kecepatan laju aliran. Gambar 29. memperlihatkan tipikal turbine flow sensor. Magnet kecil diletakkan pada salah satu sudu kincir atau blade, dan Hall-effect sensor dipasang pada kemasannya. Hall sensor memberikan pulsa setiap putaran dari sudu-sudu (blade).



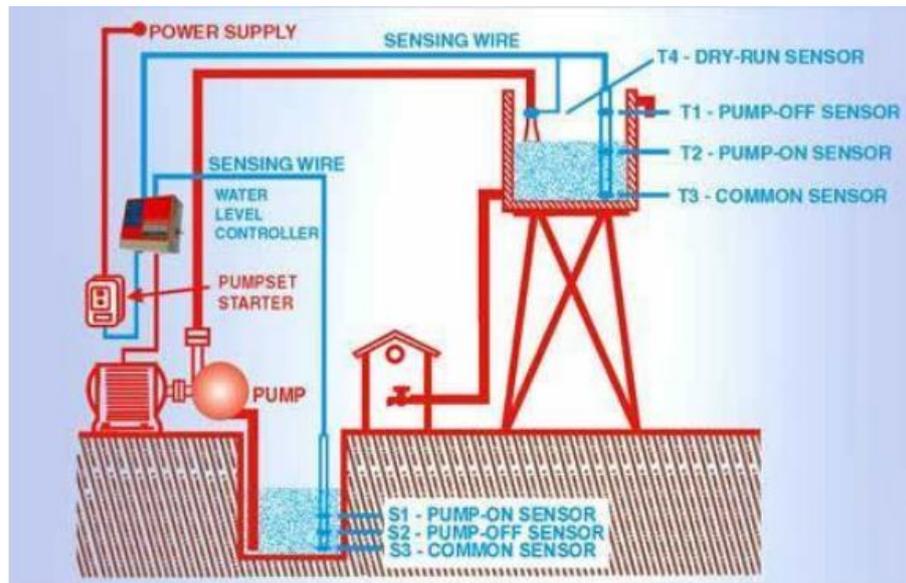
Gambar 29. Tipikal Turbin Sensor

2. Level Air (Water Level)

Untuk mencapai operasi yang optimal dalam suatu proses produksi, ada beberapa industri yang memerlukan pendeteksian besaran fisis aliran fluida dan water level atau likuid level. Misalnya pabrik gula, pabrik semen, pabrik makanan dan minuman.

Untuk mengontrol water level diperlukan sistem water level controller. Sistem pengontrolan water level merupakan piranti elektronik. Piranti kontrol tersebut jika terhubung pada suatu pengasutan motor pompa air akan mampu mengontrol operasi motor pompa air berbasis level air pada suatu sumber air atau tangki air. Sistem pengontrolan level air yang lebih maju diimplementasikan dengan piranti elektronik berbasis mikroprosesor. Sistem tersebut jika dihubungkan pada peralatan pompa air, akan memberikan berbagai fungsi kontrol sebagai berikut:

- 1) Menjalankan (ON) perangkat pompa air ketika level air jatuh di bawah “pre-set level” (misalkan T2 level) di dalam Overhead Tank (Gambar 30).
- 2) Mematikan kerja (OFF) perangkat pompa air ketika level air di dalam Overhead Tank telah mencapai penuh (misalnya. T1 level).
- 3) Mematikan kerja pompa air (OFF) ketika persediaan air tidak mencukupi di Sump/Well/Borewell (misalkan S2 level).
- 4) Menjalankan pompa air (ON) ketika tersedia cukup air di dalam Sump/Well / Borewell (misalkan S1 level).
- 5) Mematikan pompa air (OFF) ketika terjadi kasus Dry run (yakni, ketika air tidak terpompa dengan maksimal ke dalam Overhead Tank karena suatu alasan tertentu.)

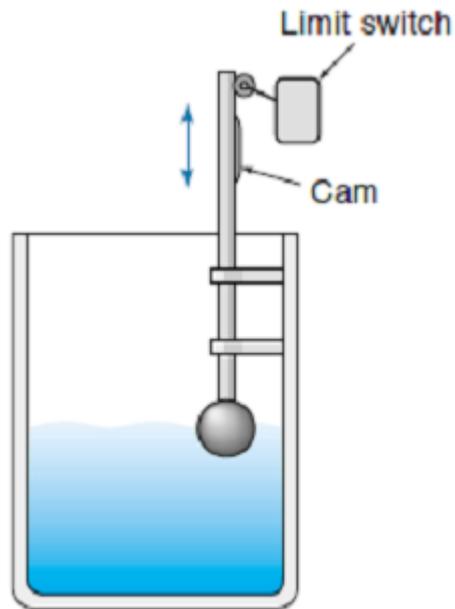


Gambar 30. Tipikal Sistem Pengontrolan Level Air

3. Level Likuid Diskrit

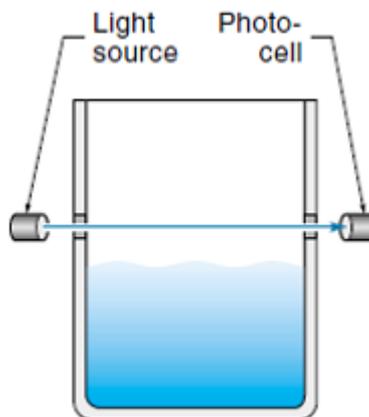
Sensor untuk mendeteksi level likuid dalam suatu kontainer dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu: (1) diskrit, dan (2) kontinyu. Sensor level diskrit hanya dapat mendeteksi apakah likuid telah mencapai suatu level tertentu. Sensor level kontinyu memberikan sinyal listrik yang proporsional terhadap level likuid.

Sensor level diskrit dapat menentukan kapan likuid telah mencapai level tertentu. Contoh aplikasi dari sensor level diskrit ini adalah pada mesin cuci. Sensor ini memberitahu ke controller kapan menyetop pengisian air pencucian. Tipe sederhana dari sensor level diskrit adalah float switch dan limit switch. Ada berbagai konfigurasi yang dapat diterapkan pada float switch seperti diperlihatkan dalam Gambar 34. Pada kasus ini, float terpasang pada batang vertikal. Pada level likuid tertentu, cam yang terpasang pada batang vertikal, akan mengaktifkan limit switch. Aktivasi level dapat diatur dengan merelokasi posisi cam atau switch.



Gambar 31. Aplikasi Sensor Level Likuid dengan Limit Switch

Jenis lain detektor level adalah sensor level diskrit berbasis photocell. Gambar 32. memperlihatkan konfigurasi detektor level berbasis photocell.

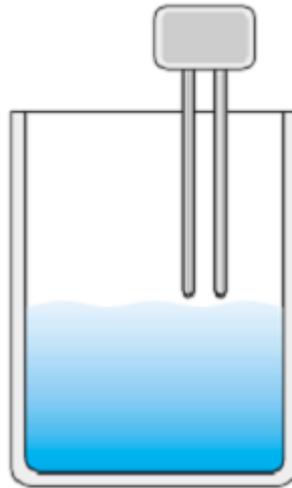


Gambar 32. Aplikasi Sensor Level Likuid dengan Photocell

Jika level likuid merendam atau menghalangi lintasan cahaya, sinyal photodetector berubah, sehingga dapat mengindikasikan kehadiran level likuid pada posisi tertentu.

Beberapa likuid, seperti air minum, asam lemah, dan air kopi memiliki sifat agak konduktif, yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan pendeteksi level. Seperti diperlihatkan dalam Gambar 33. Suatu elektroda

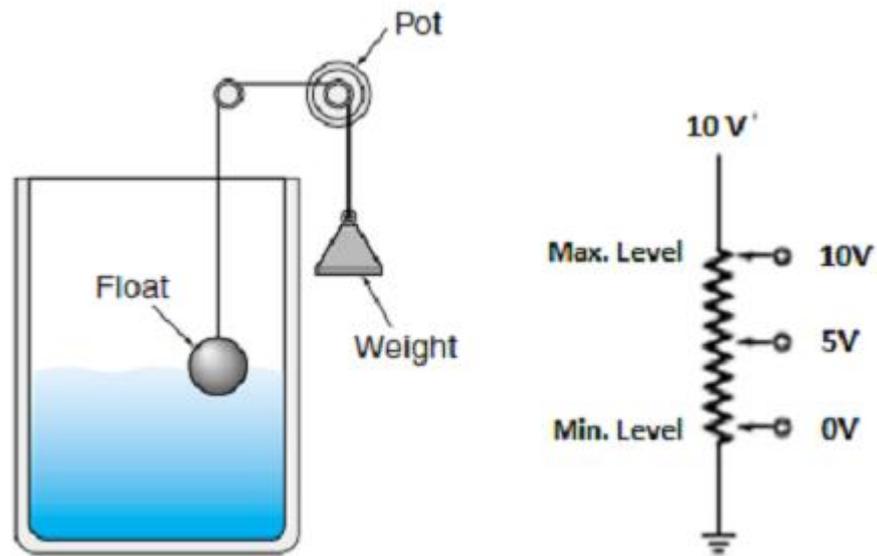
atau electric probe dicelupkan ke dalam suatu likuid yang akan dideteksi levelnya. Jika level likuid mencapai elektroda (probe), maka nilai resistansi di dalam rangkaian turun secara mendadak. Aplikasi sensor ini pada dunia otomotif adalah sebagai low-coolant sensor.



Gambar 33. Aplikasi Sensor Level Likuid dengan Resistance Probe

4. Continuous Level Detector

Continuous Level Detector atau detektor level likuid kontinu memberikan sinyal yang proporsional terhadap level likuid. Ada beberapa konfigurasi yang dapat digunakan untuk mencapai maksud tersebut. Salah satu yang paling banyak pemakainya khususnya pada tanki bahan bakar mobil, adalah pelampung (float) yang terkoneksi ke sensor posisi (potensiometer) seperti diperlihatkan dalam Gambar 34.



Gambar 34. Aplikasi Detector Level Kontinyu dengan Potensiometer

Cara lain yang dapat diterapkan untuk mendapatkan sistem detektor level secara kontinyu adalah melalui pengukuran tekanan di dasar kontainer atau tanki (disebut head) seperti diperlihatkan dalam Gambar 34. yang nilainya proporsional dengan level likuid, yang dapat diekspresikan secara matematika sebagai berikut:

$$\text{Tekanan (pressure)} = P = dH \quad (19)$$

Di mana:

P = gauge pressure di bagian bawah (head)

d = berat jenis likuid (berat per satuan volume)

H = ketinggian (level) likuid di dalam tangki

Contoh Aplikasi:

Tentukan berapa besar tekanan yang dirasakan di dasar tanki air (head) yang memiliki ketinggian (level) 10 feet.

Penyelesaian:

Untuk menyelesaikan masalah ini kalian harus mengetahui berat jenis air.

Berat jenis air berkisar 64 lb/ft^3

Nilai tekanan pada dasar tanki air adalah:

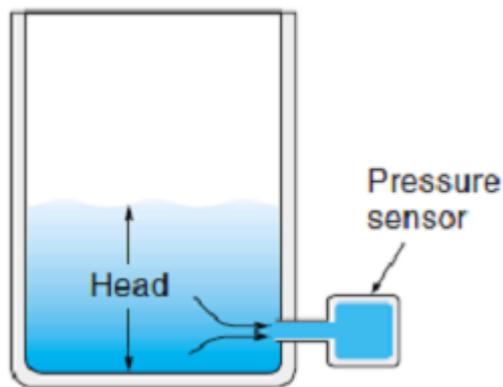
$$P = \rho H = 64 \text{ lb/ft}^3 \times 10 \text{ ft} = 640 \text{ lb/ft}^2 \quad (20)$$

Tekanan harus dinyatakan dalam psi, maka hasil konversinya

$$640 \text{ lb/ft}^2 \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} = 4,44 \text{ lb/in}^2 \quad (21)$$

Tekanan sebesar 4,44 lb/in² adalah tekanan gauge, artinya tekanan absolut pada dasar tanki pasti lebih besar dari 4,44 psi. Tekanan absolut pada dasar tanki adalah

$$4,44 \text{ psi} + 14,7 \text{ psi} = 19,1 \text{ psi.}$$



Gambar 35. Aplikasi Detector Level Kontinyu dengan Pressure Sensor

Contoh aplikasi 2:

Tentukan berapa besar tekanan (head) yang dirasakan pada dasar tanki jika ketinggian air mencapai 3 meter. Jika diketahui berat jenis air = 9800 N/m³

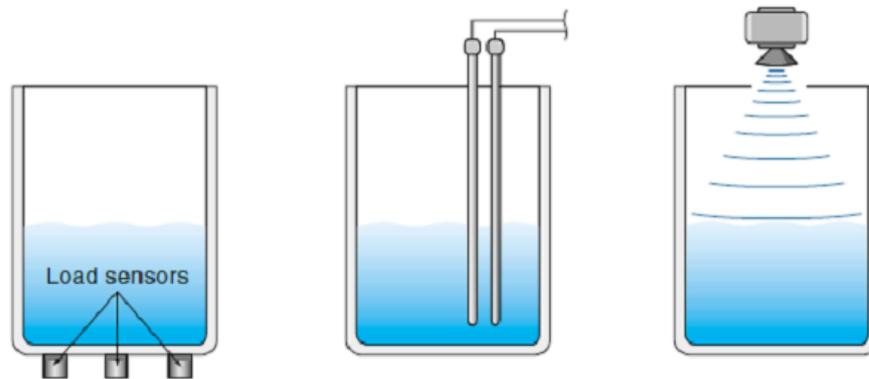
Penyelesaian:

$$P = \rho H = \frac{9800 \text{ N}}{\text{m}^3} \times 3 \text{ m} = 29,400 \text{ N/m}^2 = 29,400 \text{ Pa}$$

Jadi tekanan gauge yang dirasakan pada dasar tanki adalah 29.400 Pa.

Disamping dua cara yang sudah dibahas di atas, masih ada tiga cara lain yang juga lazim diterapkan untuk mengukur nilai tekanan pada

dasar tanki air secara kontinyu adalah menggunakan load sensor, menggunakan pengukuran elektrode R dan C, dan menggunakan ultrasonic, seperti diperlihatkan dalam Gambar 36.



Gambar 36. Detektor Level secara Kontinyu Cara Lain

Memonitor masa likuid dengan load cell merupakan cara lain yang lazim digunakan untuk menentukan level likuid. Level dapat dihitung berdasarkan diameter dan tinggi likuid serta berat jenis likuid. Berat total tanki air merupakan jumlah berat yang dilaporkan oleh tiga load cell. Beberapa piranti dapat mendeteksi level likuid secara langsung, dengan menggunakan dua elektrode yang terpasang di dalam tanki. Output yang dihasilkan oleh piranti tersebut (dapat berupa resistan atau kapasitan) harus dikuatkan dan diproses. Cara lain untuk mendeteksi level likuid secara langsung adalah menggunakan ultrasonik. Di pasaran sudah tersedia modul ultrasonik untuk mendeteksi level likuid.

Bahan Bacaan 3

Sistem Kontrol Elektromekanik Motor Listrik

1. Kontrol kecepatan motor Arus Searah (DC)

Pengendali arus-searah banyak digunakan dalam industri karena kecepatan variabel, regulasi kecepatan yang baik, pengereman, dan kemampuan pembalikannya. Di masa lalu, motor arus searah digunakan di sebagian besar aplikasi VFD (Variable Frequency Drive) terlepas dari kompleksitas, biaya tinggi, dan keperluan pemeliharaan tinggi seperti motor arus searah.

Bahkan sekarangpun pengendali arus searah masih sering digunakan untuk aplikasi-aplikasi VFD yang lebih rumit. Contoh-contoh dari ini adalah pengendali seksional untuk mesin kertas yang memerlukan respon dinamik cepat dan kontrol kecepatan dan torsi terpisah.

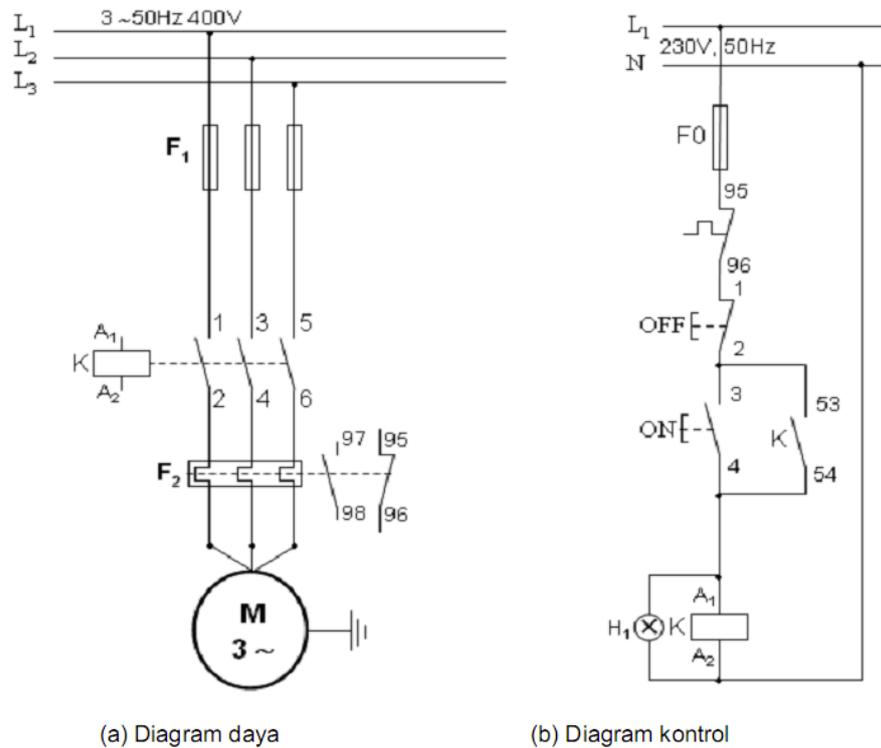
Metode-metode kontrol kecepatan adalah sebagai berikut :

- a. Kontrol Tegangan armature
- b. Kontrol field flux.

Sebagian besar pengendali arus searah menggunakan metode kontrol tegangan jangkar dan kontrol fluksi medan, untuk mencapai regulasi kecepatan, masing-masing di bawah kecepatan nominal (rated speed) dan di atas kecepatan nominal. Dalam kedua kasus, konverter atau penyearah yang setengah terkontrol atau terkontrol sepenuhnya digunakan untuk mencapai tegangan searah variabel, dari tegangan bolak-balik, untuk mensuplai ke tegangan jangkar Pengendali AC dan pengendali DC biasanya menggunakan konverter atau penyearah dan inverter.

2. Pengontrolan Motor dengan DOL

Perhatikan rangkaian gambar 37 (rangkaiian pengontrol motor asut langsung DOL). Apabila tersedia tegangan untuk rangkaian daya dan rangkaian kontrol, tekan tombol ON, kontaktor K akan bekerja, lampu H1 akan menyala dan motor akan bekerja. Setelah tekanan ke tombol ON dilepas, tombol ON kembali keposisi NO, rangkaian kontrol tetap bekerja, karena fungsi Tombol ON diambil alih oleh kontak NO nomor 53 – 54 kontaktor K (saklar pengunci). Apabila arus ke motor naik melampaui arus penyetelan TOL F2, maka TOL F2 akan bekerja yang mengubah posisi kontak-kontak lainnya.

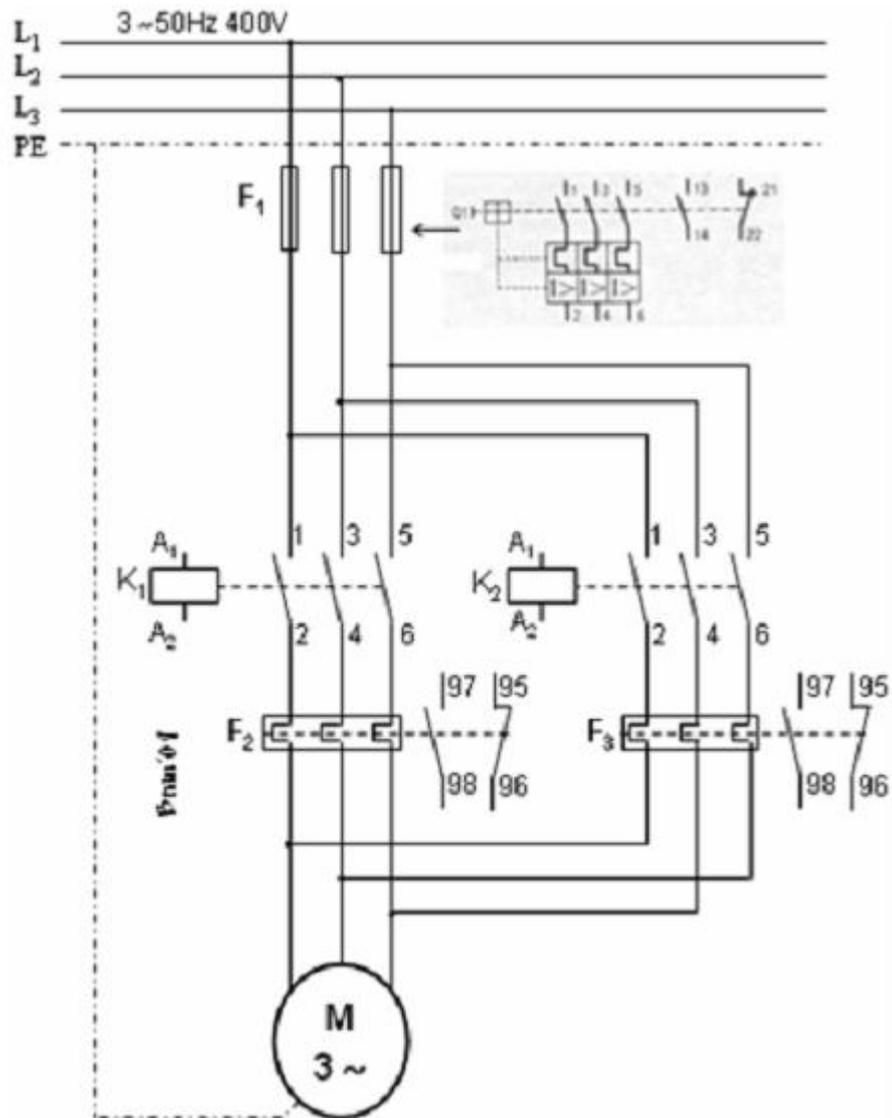


Gambar 37. Pengontrolan Motor dengan DOL (Direct on Line)

Kontak relai TOL F2 nomor 95 – 96 berubah posisi dari NC ke posisi terbuka. Akibatnya hubungan rangkaian kontrol sumber tegangan terputus dan sistem pengontrolan motor berhenti beroperasi. Apabila hal ini terjadi, periksa dan analisa gangguan yang mungkin terjadi terhadap sistem operasi motor. Untuk mengembalikan sistem kontrol ke posisi semula adalah dengan menekan RESET agar kontak relai nomor 95 – 96 kembali ke posisi semula (NC). Untuk menghentikan motor adalah dengan menekan tombol OFF.

3. Pengontrolan Motor dengan Dua Arah Putaran

Dengan membalik polaritas tegangan input ke stator motor induksi 3 fasa maka medan putar yang dihasilkannya juga berubah arah. Karena putaran rotor searah dengan medan putar stator, oleh sebab itu dengan mengubah polaritas tegangan input maka putaran rotor juga berubah arah.



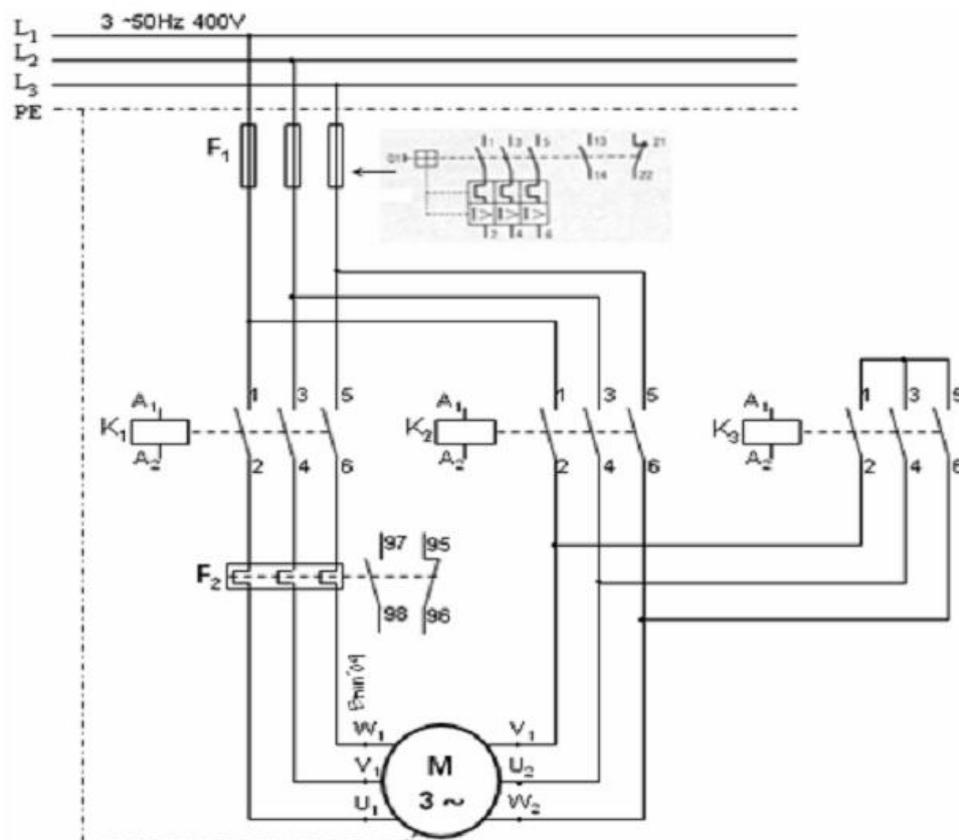
Gambar 38. Diagram daya motor dua arah putaran

Pada gambar 38, (diagram daya) dan gambar 39, (diagram kontrol) diperlihatkan suatu pengontrolan motor tiga fasa dengan dua arah putaran (reverse-foward).

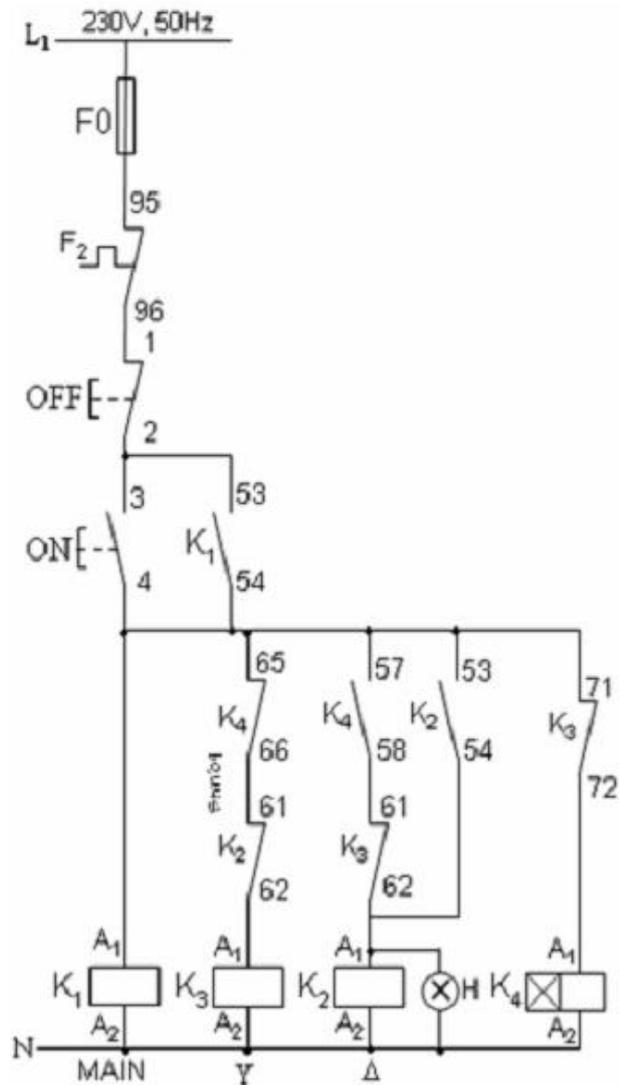
harus sama, bila sifat dan besar pembebanan motor berbeda arah putaran tetap sama.

4.1. Pengontrolan Motor dengan Pengasut Y-Δ

Pengasutan Y-Δ bertujuan untuk menurunkan arus starting sebesar 33,33% dari arus start DOL motor. Pada gambar 40 dan 41, memperlihatkan pengontrolan motor dengan pengasut Y-Δ secara otomatis.



Gambar 40. Diagram daya motor diasut Y-Δ



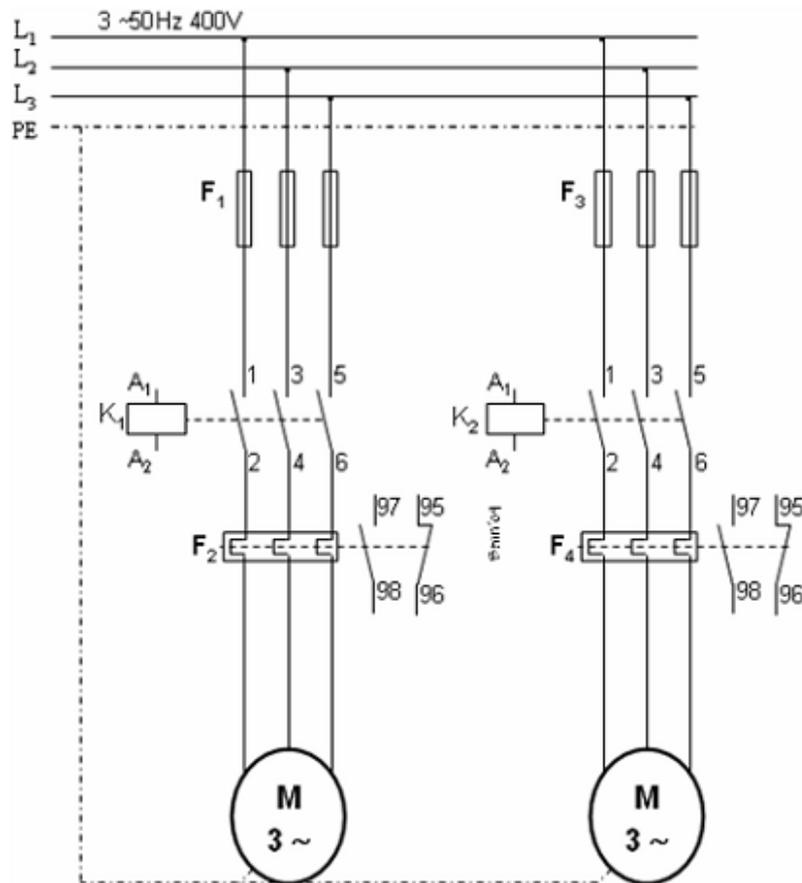
Gambar 41. Diagram kontrol motor diasut Y-Δ

Kinerja Rangkaian: Apabila tombol ON dari gambar 41 ditekan, motor akan bekerja pada sambung Y, ditandai dengan tegangan terminal motor = tegangan fasa jaringan. Setelah ± 8 detik (sesuai dengan penyetelan waktu time delay K4 dari gambar 41 secara otomatis bekerja pada sambung Δ , ditandai dengan lampu H menyala.

4.2. Pengontrolan Motor Berurutan

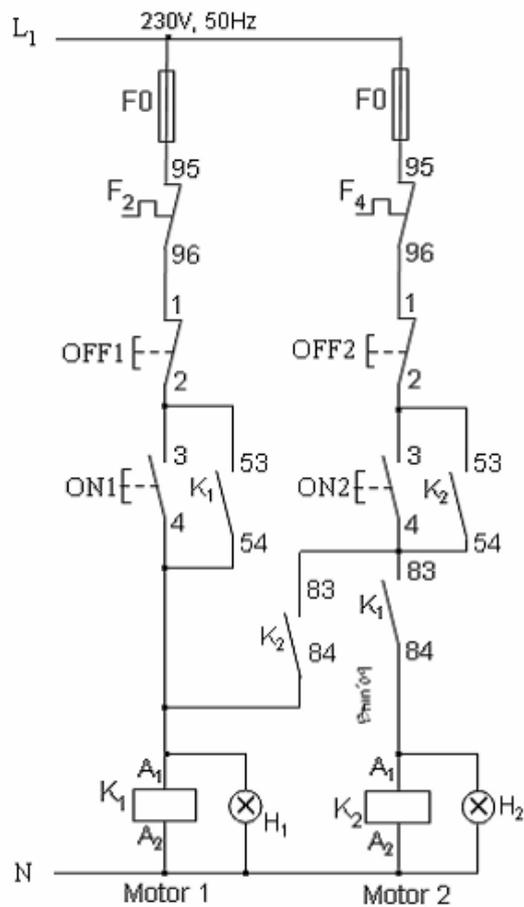
Dalam mengontrol operasi motor berurutan ada dua buah motor atau lebih yang diterapkan. Cara mengoperasikan beberapa motor harus dilaksanakan berurutan satu sama lain dari motor-motor tersebut.

Diterapkan umumnya pada konveyor pembawa material produksi. Dimana proses urutan starting motor adalah dimulai dari hilir ke hulu, dan sebaliknya proses stop dimulai dari hulu ke hilir. Diagram daya dan diagram kontrol dari motor beroperasi berurutan dapat dilihat pada gambar 42 dan 43.



Gambar 42. Diagram daya motor berurutan

Kinerja rangkaian: Pada gambar 42, ada dua buah motor 1 dan motor 2. Pada start awal harus dimulai dari motor 1 (motor 2 tidak bisa distart sebelum motor 1 beroperasi) dengan menekan tombol ON1 dari gambar 43. Setelah motor 1 bekerja, motor 2 dapat beroperasi dengan menekan tombol ON2. Untuk menghentikan motor beroperasi, harus dimulai dengan men-stop motor 2 terlebih dahulu dengan menekan tombol OFF2 dari gambar 43, selanjutnya men-stop motor 1 beroperasi.



Gambar 43. Diagram kontrol motor berurutan

D. Aktifitas Pembelajaran

Aktifitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama guru kejuruan di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi Sistem Kontrol Elektromekanik Motor Listrik? Sebutkan!
2. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-01. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran pada aktifitas berikutnya.

Aktifitas 1. Mengamati rangkaian kontrol Motor DOL

Saudara diminta untuk mengamati penggunaan relay dan kontaktor pada rangkaian DOL motor listrik. Selanjutnya diskusikan secara berkelompok bagaimana cara kerja relay dan kontaktor tersebut tersebut, kemudian jawablah pertanyaan berikut ini:

1. Jelaskan cara kerja dari relay dan kontaktor!
2. Jelaskan kegunaan relay dan kontaktor pada kontrol motor DOL!
3. Gambarkan rangkaian kontrol motor DOL!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-02. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran pada aktifitas berikutnya

Aktifitas 2. Mengamati rangkaian kontrol elektromekanik motor beroperasi berurutan

Saudara diminta untuk mengamati penggunaan TOR dalam otomasi industri. Kemudian diskusikan bagaimana cara kerjanya. Selanjutnya jawablah pertanyaan berikut:

1. Jelaskan cara kerja kontrol motor berurutan!
2. Buat diagram pengawatan rangkaian kontrol motor operasi berurutan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-03. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran pada aktifitas berikutnya

Aktifitas 3. Mengamati rangkaian kontrol motor star delta

Saudara diminta untuk mengamati star delta motor 3 fasa. Kemudian diskusikan bagaimana cara kerjanya. Selanjutnya jawablah pertanyaan berikut:

1. Apa saja komponen yang digunakan dalam kontrol star delta!
2. Jelaskan cara kerja kontrol star delta
3. Buat diagram pengawatan star delta motor 3 fasa!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-04. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan mengerjakan soal latihan pada kegiatan pembelajaran ini.

E. Latihan/ Kasus /Tugas

1. Jelaskan prinsip kerja dari push button
2. Jelaskan komponen kontrol elektromekanik yang biasa digunakan pada otomasi industri!
3. Jelaskan kegunaan Termokopel!
4. Jelaskan apa kegunaan sensor level aliran fluida dan apa saja jenisnya!
5. Jelaskan penggunaan sensor air!

F. Rangkuman

Komponen Switch / Sensor yang digunakan dalam otomasi industri antara lain:

- a. Switch / Saklar
- b. Push button
- c. Limit switch
- d. Sensor proksimiti

Aktuator yang digunakan dalam otomasi industri:

- a. Relai
- b. Selenoid

- c. Stepper
- d. Motor DC

Komponen Elektromekanik dalam otomasi industri

- a. Relay
- b. Kontaktor
- c. Kontak Auxiliary
- d. Interlock unit
- e. TOR (thermal overload relay)

Sensor Suhu:

- a. PTC dan NTC
- b. Termokopel
- c. LM35
- d. RTD
- e. Bimetal

Sensor Level

- a. Sensor aliran fluida
- b. Sensor level air
- c. Sensor likuid diskrit
- d. Continuous Level Detector

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Bandingkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang tersedia. Hitunglah jumlah jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus dibawah ini 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 75 % keatas, anda dapat meneruskan ke modul berikutnya. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih dibawah 75 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini.

(*Catatan* : Kejujuran Intelektual Memegang Peranan Penting)

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

KOMPONEN PNUMATIK

A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini guru dapat:

Menemukan prosedur penggunaan komponen-komponen pnumatik pada sistem suplai udara bertekanan dan kontrol pnumatik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Menemukan prosedur penggunaan komponen-komponen pnumatik pada sistem suplai udara bertekanan dan kontrol pnumatik

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1

1. Defenisi Pnumatik

Istilah pneumatik berasal dari bahasa Yunani, yaitu 'pneuma' yang berarti napas atau udara. Istilah pneumatik selalu berhubungan dengan teknik penggunaan udara bertekanan, baik tekanan di atas 1 atmosfer maupun tekanan di bawah 1 atmosfer (vacum). Sehingga pneumatik merupakan ilmu yang mempelajari teknik pemakaian udara bertekanan (udara kempa). Jaman dahulu kebanyakan orang sering menggunakan udara bertekanan untuk berbagai keperluan yang masih terbatas, antara lain menambah tekanan udara ban mobil/motor, melepaskan ban mobil dari peleknya, membersihkan kotoran, dan sejenisnya.

Sekarang, sistem pneumatik memiliki aplikasi yang luas karena udara pneumatik bersih dan mudah didapat. Banyak industri yang menggunakan sistem pneumatik dalam proses produksi seperti industri makanan, industri obat-obatan, industri pengepakan barang maupun industri yang lain. Belajar pneumatik sangat bermanfaat mengingat hampir semua industri sekarang memanfaatkan sistem pneumatik.

2. Karakteristik Udara Kempa

Udara dipermukaan bumi ini terdiri atas campuran dari bermacam-macam gas. Komposisi dari macam-macam gas tersebut adalah sebagai berikut : 78 % vol. gas 21 % vol. nitrogen, dan 1 % gas lainnya seperti carbon dioksida, argon, helium, krypton, neon dan xenon. Dalam sistem pneumatik udara difungsikan sebagai media transfer dan sebagai penyimpan tenaga (daya) yaitu dengan cara dikempa atau dimampatkan. Udara termasuk golongan zat fluida karena sifatnya yang selalu mengalir dan bersifat compressible (dapat dikempa). Sifat-sifat udara senantiasa mengikuti hukum-hukum gas. Karakteristik udara dapat diidentifikasi sebagai berikut : a) Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, b) Volume udara tidak tetap. c) Udara dapat dikempa (dipadatkan), d) Berat jenis udara $1,3 \text{ kg/m}^3$, e) Udara tidak berwarna

3. Aplikasi Penggunaan Pneumatik

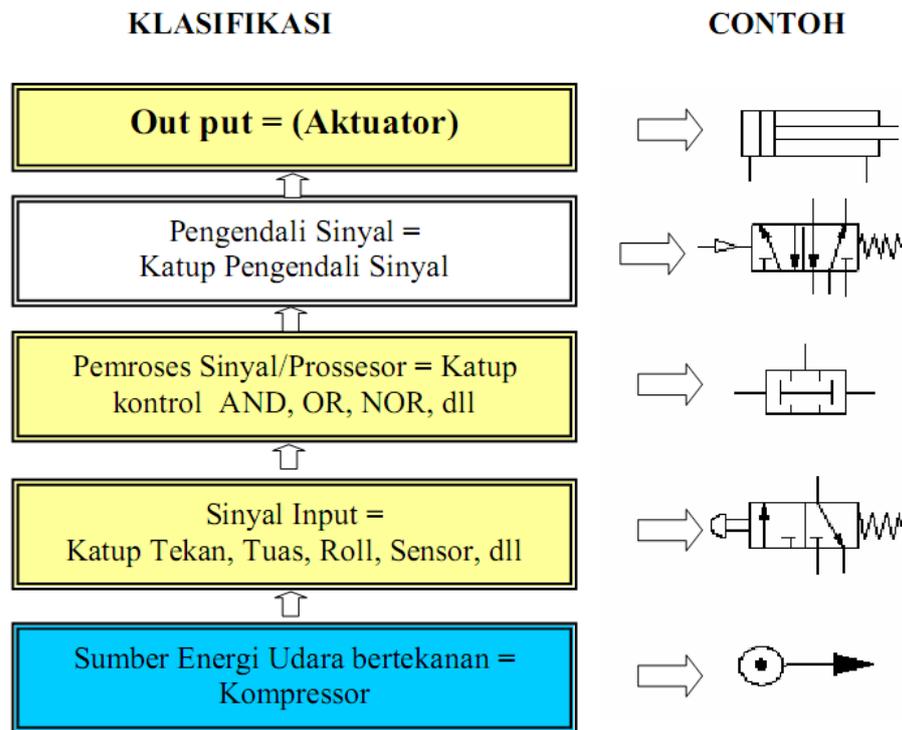
Penggunaan udara bertekanan sebenarnya masih dapat dikembangkan untuk berbagai keperluan proses produksi, misalnya untuk melakukan gerakan mekanik yang selama ini dilakukan oleh tenaga manusia, seperti menggeser, mendorong, mengangkat, menekan, dan lain sebagainya. Gerakan mekanik tersebut dapat dilakukan juga oleh komponen pneumatik, seperti silinder pneumatik, motor pneumatik, robot pneumatik translasi, rotasi maupun gabungan keduanya. Perpaduan dari gerakan mekanik oleh aktuator pneumatik dapat dipadu menjadi gerakan mekanik untuk keperluan proses produksi yang terus menerus (continue), dan flexibel. Pemakaian pneumatik dibidang produksi telah mengalami kemajuan yang pesat, terutama pada proses perakitan (manufacturing), elektronika, obat-obatan, makanan, kimia dan lainnya. Pemilihan penggunaan udara bertekanan (pneumatik) sebagai sistim kontrol dalam proses otomasinya, karena pneumatik mempunyai beberapa keunggulan, antara lain: mudah diperoleh, bersih dari kotoran dan zat kimia yang merusak, mudah didistribusikan melalui saluran (selang) yang kecil, aman dari bahaya ledakan dan hubungan singkat, dapat dibebani lebih, tidak peka terhadap perubahan suhu dan sebagainya.

Udara yang digunakan dalam pneumatik sangat mudah didapat/diperoleh di sekitar kita. Udara dapat diperoleh dimana saja kita berada, 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. Karena tahan terhadap perubahan suhu, maka pneumatik banyak digunakan pula pada industri pengolahan logam dan sejenisnya.

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.

4. Klasifikasi Sistem Pneumatik

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



Gambar 44. Klasifikasi Elemen Sistem Pneumatik (FESTO FluidSIM)

Bahan Bacaan 2

1. Peralatan Sistem Pneumatik

a. Kompresor (Pembangkit Udara Kempa)

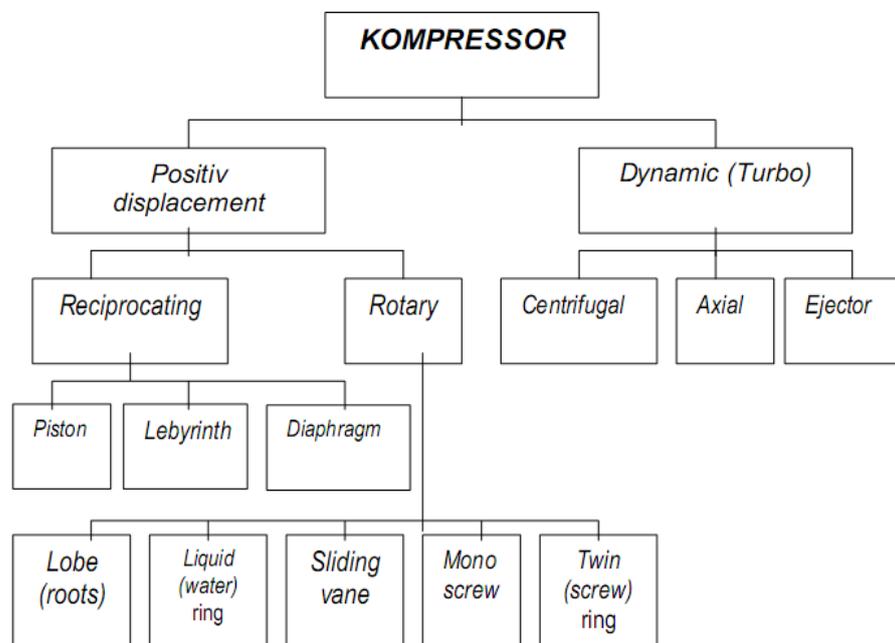
Kompresor berfungsi untuk membangkitkan/menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara tersebut kemudian disimpan di dalam tangki udara kempa untuk disuplai kepada pemakai (sistem pneumatik). Kompresor dilengkapi dengan tabung untuk menyimpan udara bertekanan, sehingga udara dapat mencapai jumlah dan tekanan yang diperlukan. Tabung udara bertekanan pada kompresor dilengkapi dengan katup pengaman, bila tekanan udaranya melebihi ketentuan, maka katup pengaman akan terbuka secara otomatis.

Pemilihan jenis kompresor yang digunakan tergantung dari syarat-syarat pemakaian yang harus dipenuhi misalnya dengan tekanan kerja dan volume udara yang akan diperlukan dalam sistem peralatan

(katup dan silinder pneumatik). Secara garis besar kompresor dapat diklasifikasikan seperti pada gambar 45.

1) Klasifikasi Kompresor

Secara garis besar kompresor dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu Positive Displacement kompresor, dan Dynamic kompresor, (Turbo), Positive Displacement kompresor, terdiri dari Reciprocating dan Rotary, sedangkan Dynamic kompresor, (turbo) terdiri dari Centrifugal, axial dan ejector, secara lengkap dapat dilihat dari klasifikasi di bawah ini:

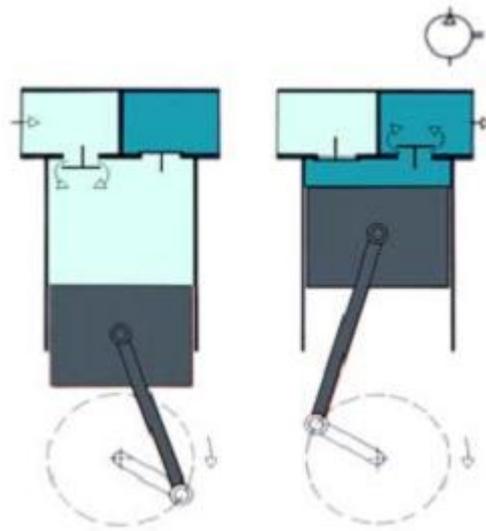


Gambar 45. Klasifikasi Kompresor

a) Kompresor Torak Resiprokal (reciprocating kompresor)

Kompresor ini dikenal juga dengan kompresor torak, karena dilengkapi dengan torak yang bekerja bolak-balik atau gerak resiprokal. Pemasukan udara diatur oleh katup masuk dan dihisap oleh torak yang gerakannya menjauhi katup. Pada saat terjadi pengisapan, tekanan udara di dalam silinder mengecil, sehingga udara luar akan masuk ke dalam silinder secara alami. Pada saat gerak kompresi torak bergerak ke titik mati bawah ke titik mati atas, sehingga udara di atas torak bertekanan tinggi, selanjutnya di masukkan ke dalam tabung

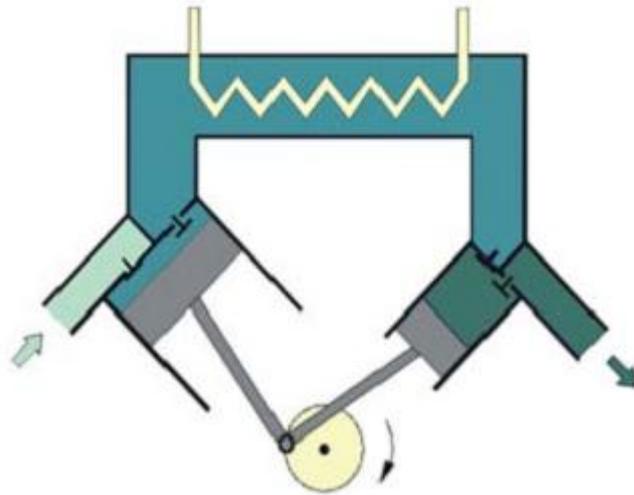
penyimpanan udara. Tabung penyimpanan dilengkapi dengan katup satu arah, sehingga udara yang ada dalam tangki tidak akan kembali ke silinder. Proses tersebut berlangsung terus-menerus hingga diperoleh tekanan udara yang diperlukan. Gerakan mengisap dan mengkompresi ke tabung penampung ini berlangsung secara terus menerus, pada umumnya bila tekanan dalam tabung telah melebihi kapasitas, maka katup pengaman akan terbuka, atau mesin penggerak akan mati secara otomatis.



Gambar 46. Kompresor Torak Resiprokal

b) Kompresor Torak Dua Tingkat Sistem Pendingin Udara

Kompresor udara bertingkat digunakan untuk menghasilkan tekanan udara yang lebih tinggi. Udara masuk akan dikompresi oleh torak pertama, kemudian didinginkan, selanjutnya dimasukkan dalam silinder kedua untuk dikompresi oleh torak kedua sampai pada tekanan yang diinginkan. Pemampatan (pengompresian) udara tahap kedua lebih besar, temperatur udara akan naik selama terjadi kompresi, sehingga perlu mengalami proses pendinginan dengan memasang sistem pendingin. Metode pendinginan yang sering digunakan misalnya dengan sistem udara atau dengan sistem air bersirkulasi.



Gambar 47. Kompresor Torak dua Tingkat Sistem Pendinginan Udara

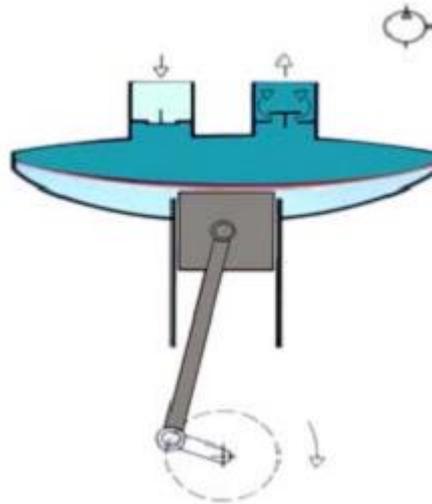
Batas tekanan maksimum untuk jenis kompresor torak resiprokal antara lain, untuk kompresor satu tingkat tekanan hingga 4 bar, sedangkan dua tingkat atau lebih tekanannya hingga 15 bar.

c) Kompresor Diafragma (diaphragma compressor)

Jenis Kompresor ini termasuk dalam kelompok kompresor torak. Namun letak torak dipisahkan melalui sebuah membran diafragma. Udara yang masuk dan keluar tidak langsung berhubungan dengan bagian-bagian yang bergerak secara resiprokal. Adanya pemisahan ruangan ini udara akan lebih terjaga dan bebas dari uap air dan pelumas/oli. Oleh karena itu kompresor diafragma banyak digunakan pada industri bahan makanan, farmasi, obat-obatan dan kimia.

Prinsip kerjanya hampir sama dengan kompresor torak. perbedaannya terdapat pada sistem kompresi udara yang akan masuk ke dalam tangki penyimpanan udara bertekanan. Torak pada kompresor diafragma tidak secara langsung menghisap dan menekan udara, tetapi menggerakkan sebuah

membran (diafragma) dulu. Dari gerakan diafragma yang kembang Kempis itulah yang akan menghisap dan menekan udara ke tabung penyimpan.



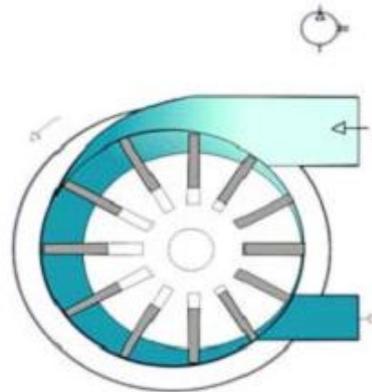
Gambar 48. Kompresor Diafragma

d) Kompresor Putar (Rotary Compressor)

(1) Kompresor Rotari Baling-baling Luncur

Secara eksentrik rotor dipasang berputar dalam rumah yang berbentuk silindris, mempunyai lubang-lubang masuk dan keluar. Keuntungan dari kompresor jenis ini adalah mempunyai bentuk yang pendek dan kecil, sehingga menghemat ruangan. Bahkan suaranya tidak berisik dan halus dalam, dapat menghantarkan dan menghasilkan udara secara terus menerus dengan mantap.

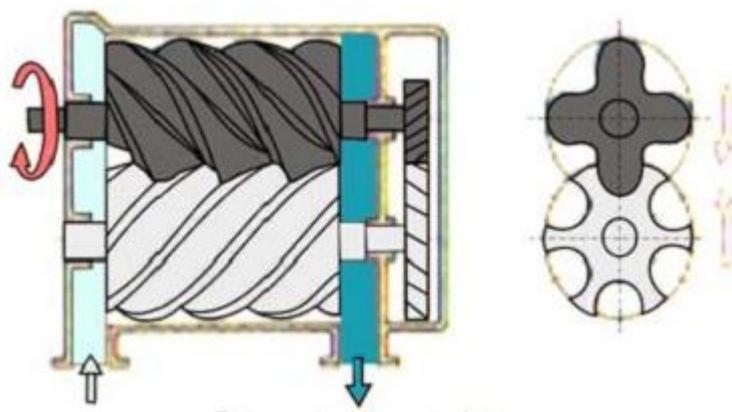
Baling-baling luncur dimasukkan ke dalam lubang yang tergabung dalam rotor dan ruangan dengan bentuk dinding silindris. Ketika rotor mulai berputar, energi gaya sentrifugal baling-balingnya akan melawan dinding. Karena bentuk dari rumah baling-baling itu sendiri yang tidak sepusat dengan rotornya maka ukuran ruangan dapat diperbesar atau diperkecil menurut arah masuknya (mengalirnya) udara.



Gambar 49. Kompresor Rotari Baling-baling Luncur (FESTO Transparan)

(2) Kompresor Sekrup (Screw)

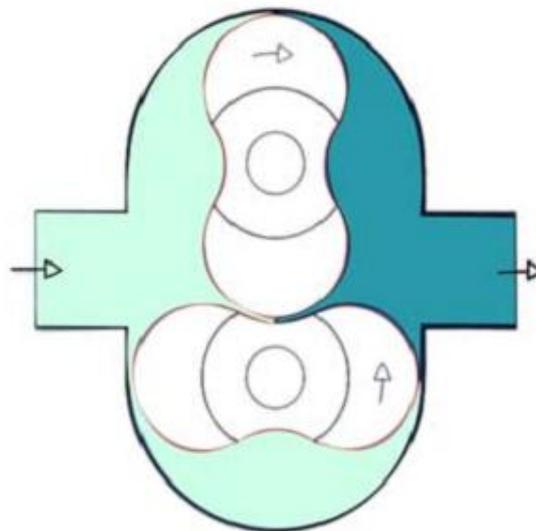
Kompresor Sekrup memiliki dua rotor yang saling berpasangan atau bertautan (engage), yang satu mempunyai bentuk cekung, sedangkan lainnya berbentuk cembung, sehingga dapat memindahkan udara secara aksial ke sisi lainnya. Kedua rotor itu identik dengan sepasang roda gigi helix yang saling bertautan. Jika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



Gambar 50. Kompresor Sekrup

(3) Kompresor Root Blower (Sayap Kupu-kupu)

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



Gambar 51. Kompresor Model Root Blower

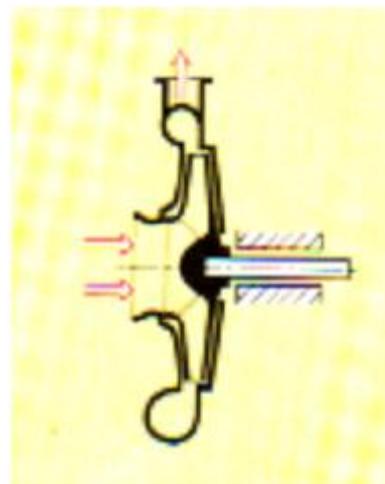
(4) Kompresor Aliran (turbo kompresor)

Jenis kompresor ini cocok untuk menghasilkan volume udara yang besar. Kompresor aliran udara ada yang dibuat dengan arah masuknya udara secara aksial dan ada yang

secara radial. Arah aliran udara dapat dirubah dalam satu roda turbin atau lebih untuk menghasilkan kecepatan aliran udara yang diperlukan. Energi kinetik yang ditimbulkan menjadi energi bentuk tekanan.

(5) Kompresor Aliran Radial

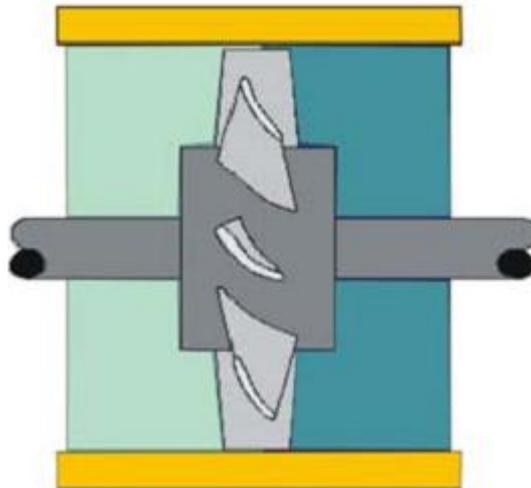
Percepatan yang ditimbulkan oleh kompresor aliran radial berasal dari ruangan ke ruangan berikutnya secara radial. Pada lubang masuk pertama udara dilemparkan keluar menjauhi sumbu. Bila kompresornya bertingkat, maka dari tingkat pertama udara akan dipantulkan kembali mendekati sumbu. Dari tingkat pertama masuk lagi ke tingkat berikutnya, sampai beberapa tingkat sesuai yang dibutuhkan. Semakin banyak tingkat dari susunan sudu-sudu tersebut maka akan semakin tinggi tekanan udara yang dihasilkan. Prinsip kerja kompresor radial akan mengisap udara luar melalui sudu-sudu rotor, udara akan terisap masuk ke dalam ruangan isap lalu dikompresi dan akan ditampung pada tangki penyimpanan udara bertekanan hingga tekanannya sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 52. Kompresor Aliran Radial

(6) Kompresor Aliran Aksial

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



Gambar 53. Kompresor Aliran Aksial

2) Penggerak Kompresor

Penggerak kompresor berfungsi untuk memutar kompresor, sehingga kompresor dapat bekerja secara optimal. Penggerak kompresor yang sering digunakan biasanya berupa motor listrik dan motor bakar seperti gambar 55. Kompresor berdaya rendah menggunakan motor listrik dua phase atau motor bensin.

sedangkan kompresor berdaya besar memerlukan motor listrik 3 phase atau mesin diesel. Penggunaan mesin bensin atau diesel biasanya digunakan bilamana lokasi disekitarnya tidak terdapat aliran listrik atau cenderung non stasioner. Kompresor yang digunakan di pabrik-pabrik kebanyakan digerakkan oleh motor listrik karena biasanya terdapat instalasi listrik dan cenderung stasioner (tidak berpindah-pindah).



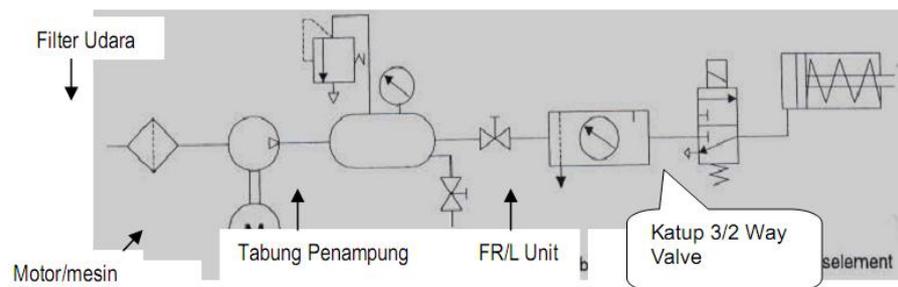
Gambar 54. Kompresor Torak portabel

b. Unit Pengolahan Udara Bertekanan (Air Service Unit)

Udara bertekanan (kempa) yang akan masuk dalam sistem pneumatik harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan, antara lain; a) tidak mengandung banyak debu yang dapat merusak keausan komponen-komponen dalam sistem pneumatik, b) mengandung kadar air rendah, kadar air yang tinggi dapat menimbulkan korosi dan kemacetan pada peralatan pneumatik, c) mengandung pelumas, pelumas sangat diperlukan untuk mengurangi gesekan antar komponen yang bergerak seperti pada katup-katup dan aktuator.

Secara lengkap suplai udara bertekanan 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 sistim rangkaian pneumatik, seperti tertera dalam bagan di bawah ini:

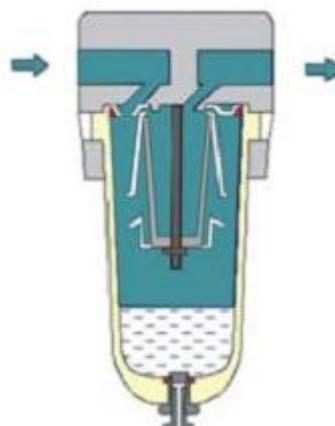


Gambar 55. Distribusi Sistem Pengolahan Udara Bertekanan

1) Peralatan Pengolahan Udara Bertekanan

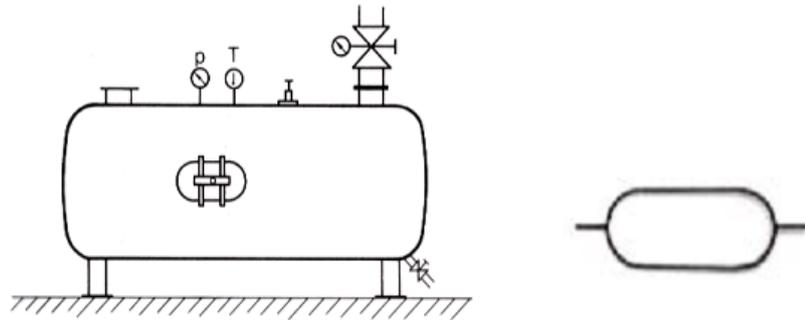
Pengolahan udara bertekanan agar memenuhi persyaratan diperlukan peralatan yang memadai, antara lain :

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



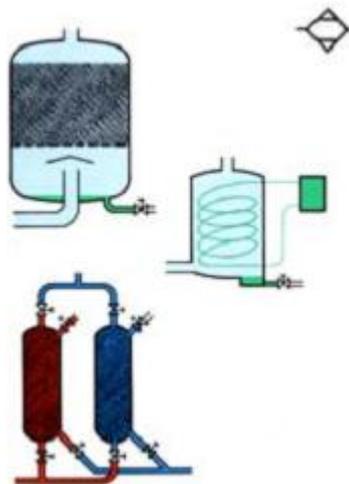
Gambar 56. Filter Udara

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



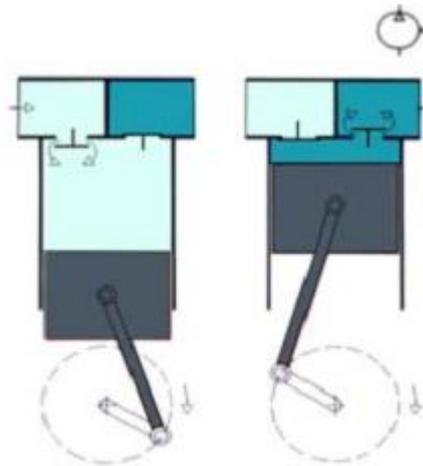
Gambar 57. Tangki Udara

- c) Pengering udara (air dryer)



Gambar 58. Pengering Udara

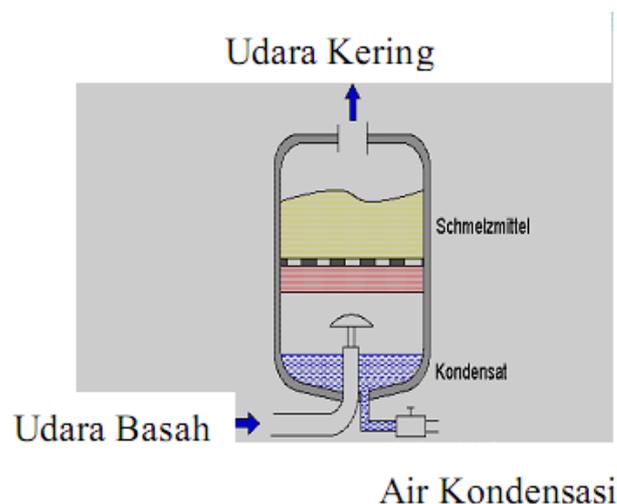
- d) Kompresor, berfungsi untuk menghisap udara atmosfer kemudian dimampatkan ke tabung penyimpanan hingga tekanan tertentu. Sebelum digunakan harus ada sistem pengolahan udara bertekanan untuk membersihkan dan mengeringkan sebelum digunakan.



Gambar 59. Kompresor Torak

e) Pemisah air

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

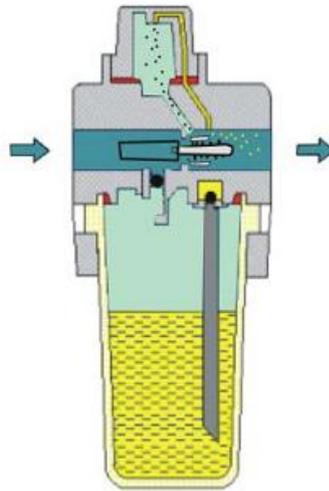


Gambar 60. Pemisah Air

f) Tabung pelumas

Komponen sistim pneumatik memerlukan pelumasan (lubrication) agar tidak cepat aus, serta dapat mengurangi

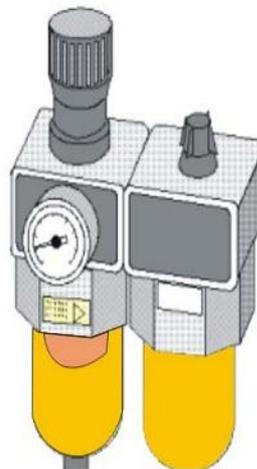
panas yang timbul akibat gesekan. Oleh karena itu udara bertekanan/mampat harus mengandung kabut pelumas yang diperoleh dari tabung pelumas pada regulator.



Gambar 61. Tabung Pelumas

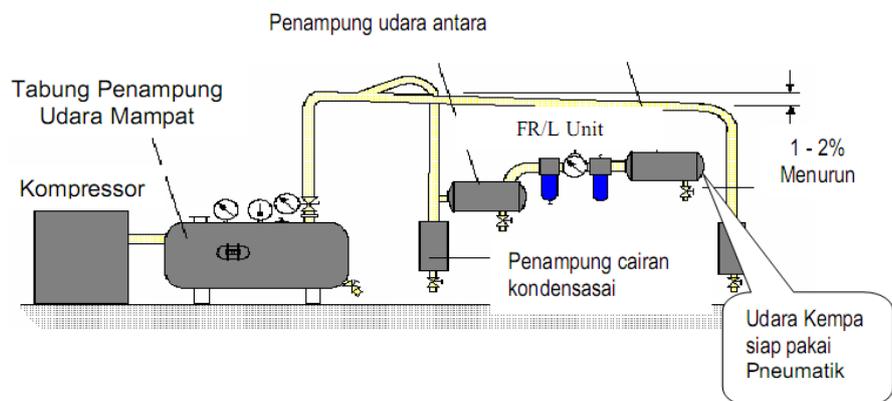
g) Regulator udara bertekanan

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 63.



Gambar 62. Regulator Udara Bertekanan

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



Gambar 63. Unit Pengolahan Udara Bertekanan

c. Pemeriksaan Udara Kempa dan Peralatan

Sebelum mengaktifkan sistem pneumatik, 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 kepa 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 kepa 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, d) Terjadi pencemaran (kontaminasi) pada silencers.

d. Konduktor dan Konektor

1) Konduktor (Penyaluran)

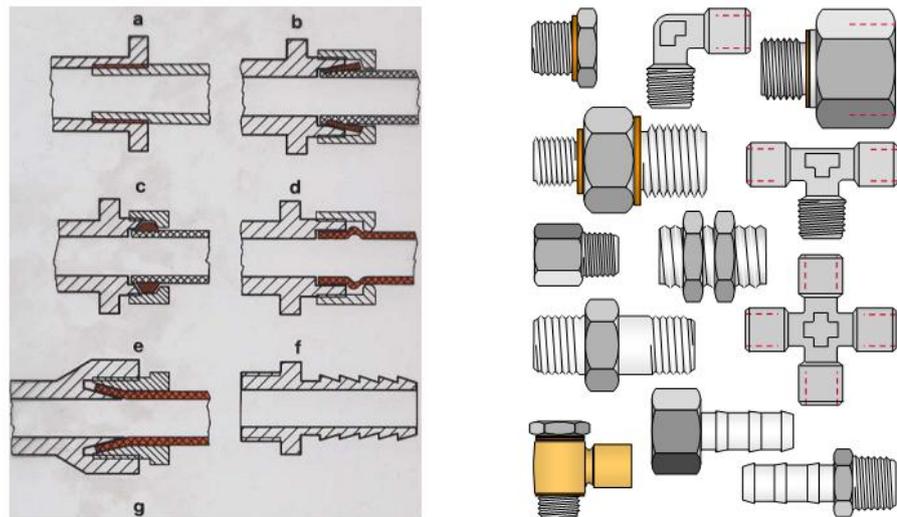
Penginstalan sirkuit pneumatik hingga menjadi satu sistem yang dapat dioperasikan diperlukan konduktor, sehingga dapat dikatakan bahwa fungsi konduktor adalah untuk menyalurkan udara kepa yang akan membawa/mentransfer tenaga ke aktuator.

Macam-macam konduktor :

- a) Pipa yang terbuat dari tembaga, kuningan, baja, galvanis atau stenlees steel. Pipa ini juga disebut konduktor kaku (rigid) dan cocok untuk instalasi yang permanen.
- b) Tabung (tube) yang terbuat dari tembaga, kuningan atau aluminium. Ini termasuk konduktor yang semi fleksible dan untuk instalasi yang sesekali dibongkar-pasang.
- c) Selang fleksible yang biasanya terbuat dari piastik dan biasa digunakan untuk instalasi yang frekuensi bongkar-pasangnya lebih tinggi.

2) Konektor

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

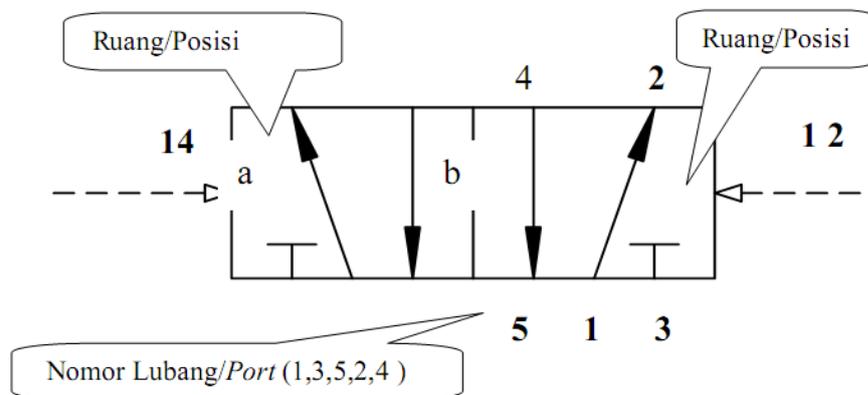


Gambar 64. Macam macam konektor

Bahan Bacaan 3

Katup-Katup Pneumatik

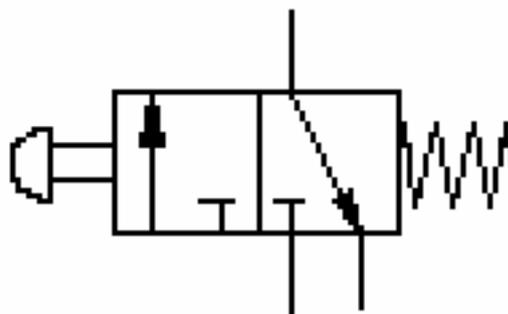
Katup berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan arah udara kempa yang akan bekerja menggerakkan aktuator, dengan kata lain katup ini berfungsi untuk mengendalikan arah gerakan aktuator. Katup-katup pneumatik diberi nama berdasarkan pada: a) Jumlah lubang/saluran kerja (port), b) Jumlah posisi kerja, d) Jenis penggerak katup, dan d) Nama tambahan lain sesuai dengan karakteristik katup. Berikut ini contoh-contoh penamaan katup yang pada umumnya disimbolkan sebagai berikut :



Gambar 65. Detail Pembacaan Katup 5/2

Dari simbol katup pada gambar 66 menunjukkan jumlah lubang/port bawah ada tiga (1,3,5) sedangkan di bagian output ada 2 port (2,4). Katup tersebut juga memiliki dua posisi/ruang yaitu a dan b. Penggerak katup berupa udara bertekanan dari sisi 14 dan 12. Sisi 14 artinya bila disisi tersebut terdapat tekanan udara, maka tekanan udara tersebut akan menggeser katup ke kanan sehingga udara bertekanan akan mengalir melalui port 1 ke port 4 ditulis 14. Demikian pula sisi 12 akan mengaktifkan ruang b sehingga port 1 akan terhubung dengan port 2 ditulis 12. Berdasarkan pada data-data di atas, maka katup di atas diberi nama : **KATUP 5/2 penggerak udara bertekanan.**

Contoh lain :



Gambar 66. Katup 3/2 knop, pembalik pegas

Katup pada gambar 67 memiliki tiga port dan dua posisi/ruang, penggerak knop dan pembalik pegas, maka katup tersebut diberi nama : **KATUP 3/2 penggerak udara bertekanan.**

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

- a. Katup Poppet (Poppet Valves)
 - 1) Katup Bola (Ball Seat Valves)
 - 2) Katup Piringan (Disc Seat Valves)

- b. Katup Geser (Slide valves)
 - 1) Longitudinal Slide
 - 2) Plate Slide

Sedangkan menurut fungsinya katup-katup dikelompokkan sebagai berikut :

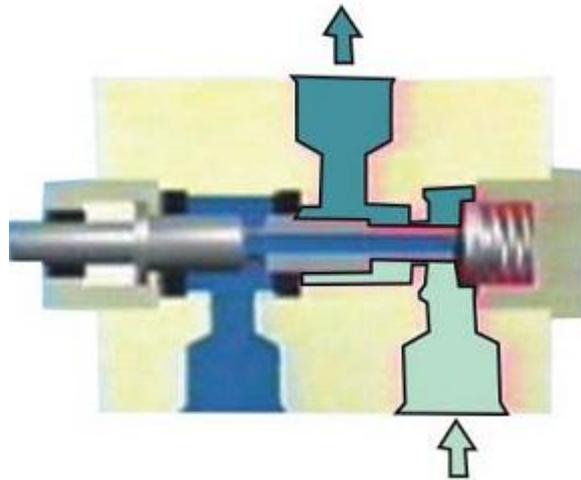
- a. Katup Pengarah (Directional Control Valves)
- b. Katup Satu Arah (Non Return Valves)
- c. Katup Pengatur Tekanan (Pressure Control Valves)
- d. Katup Pengontrol Aliran (Flow Control Valves)
- e. Katup buka-tutup (Shut-off valves)

Sedangkan susunan urutannya dalam sistem pneumatik dapat kita jelaskan sebagai berikut :

- a. Sinyal masukan atau input element mendapat energi langsung dari sumber tenaga (udara kempa) yang kemudian diteruskan ke pemroses sinyal.
- b. Sinyal pemroses atau processing element yang memproses sinyal masukan secara logic untuk diteruskan ke final control element.
- c. Sinyal pengendalian akhir (final control element) yang akan mengarahkan output yaitu arah gerakan aktuator (working element) dan ini merupakan hasil akhir dari sistem pneumatik.

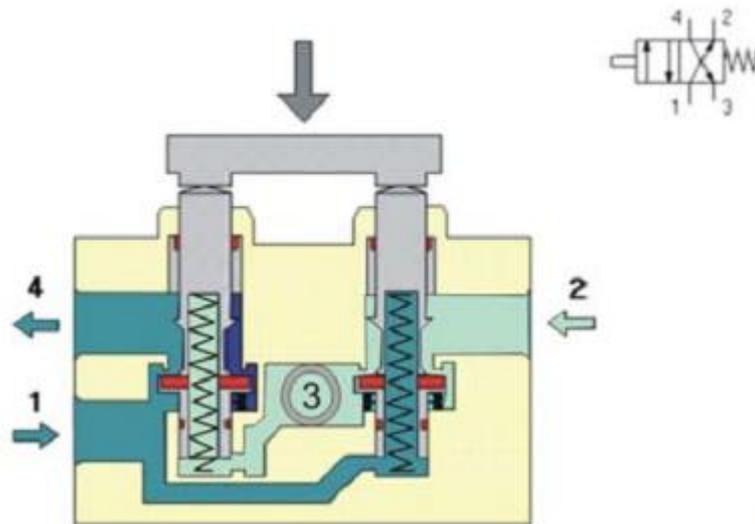
a. Katup Pengarah (Directional Control Valves)

Katup 3/2 Way valve (WV) penggerak plunyer, pembalik pegas (3/2 DCV plunger actuated, spring centered), termasuk jenis katup piringan (disc valves) normally closed (NC).

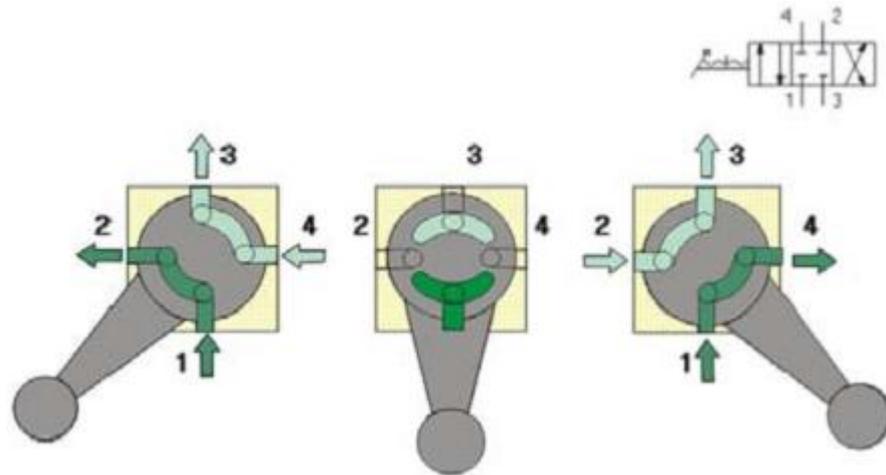


Gambar 67. Katup 3/2 Knop Pembalik Pegas

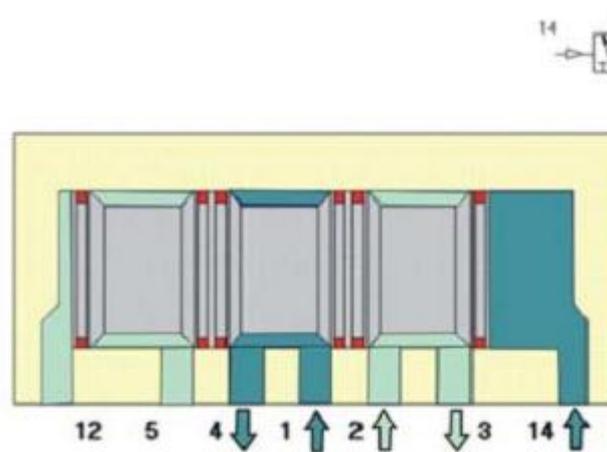
Katup 4/2 penggerak plunyer, kembali pegas (4/2 DCV plunger actuated, spring centered), termasuk jenis katup piringan (disc seat valves)



Gambar 68. Katup 4/2 plunyer pembalik pegas



Gambar 69. Katup 4/3 Plunyer Pembalik Pegas



Gambar 70. Katup 5/2 Plunyer Penggerak Udara Bertekanan

b. Katup Satu Arah (Non Return Valves)

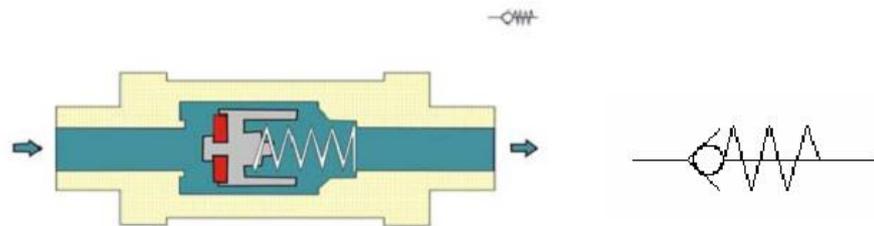
Katup ini berfungsi untuk mengatur arah aliran udara kempa hanya satu arah saja yaitu bila udara telah melewati katup tersebut maka udara tidak dapat berbalik arah. Sehingga katup ini juga digolongkan pada katup pengarah khusus.

Macam-macam katup searah :

1) Katup Satu Arah Pembalik Pegas

Katup satu arah hanya bisa mengalirkan udara hanya dari satu sisi saja. Udara dari arah kiri (lihat gambar 72) akan menekan pegas sehingga katup terbuka dan udara akan diteruskan ke kanan. Bila udara mengalir dari arah sebaliknya, maka katup akan menutup dan

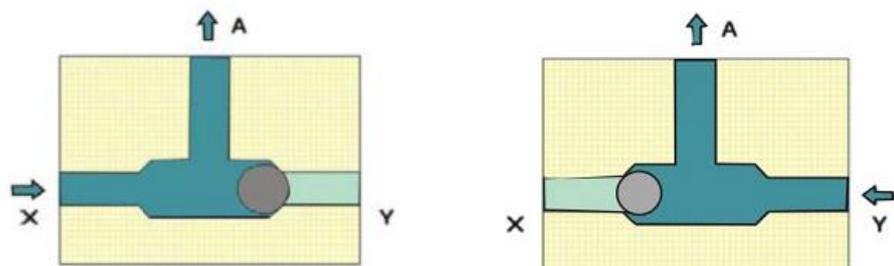
udara tidak bisa mengalir kearah kiri. Katup satu arah dalam sistem elektrik identitik dengan fungsi dioda yang hanya mengalirkan arus listrik dari satu arah saja.



Gambar 71. Katup satu arah dan simbolnya

2) Shuttle Valve

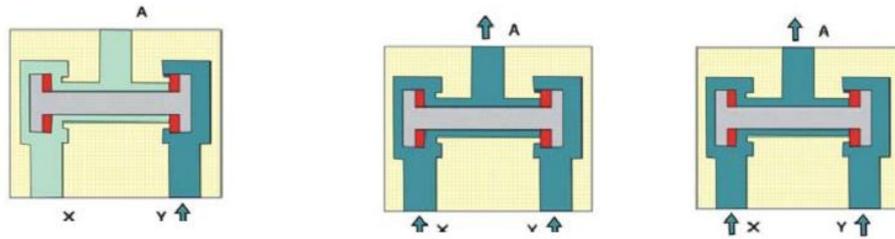
Katup ini akan mengalirkan udara bertekanan dari salah satu sisi, baik sisi kiri saja atau sisi kanan saja. Katup ini juga disebut katup “OR” (Logic OR function).



Gambar 72. Shuttle Valve

c. Katup DuaTekan

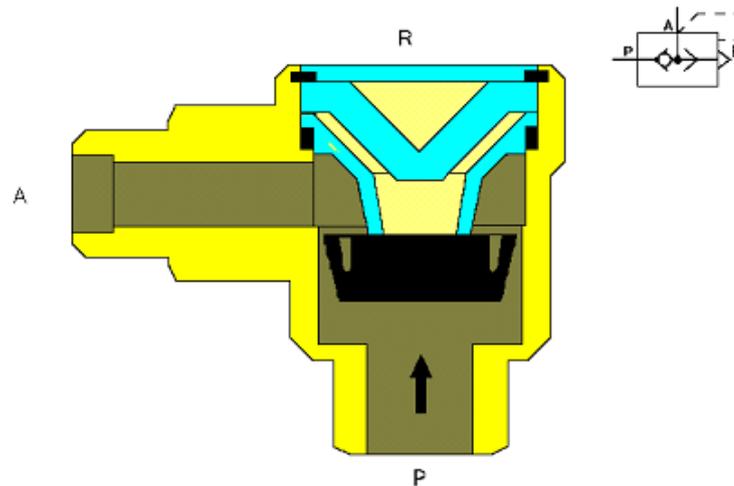
Katup ini dapat bekerja apabila mendapat tekanan dari kedua saluran masuknya, yaitu saluran X, dan saluran Y secara bersama-sama (lihat gambar 74). Bila udara yang mengalir dari satu sisi saja, maka katup akan menutup, namun bila udara mengalir secara bersamaan dari kedua sisinya, maka katup akan membuka, sehingga katup ini juga disebut “AND” (Logic AND function).



Gambar 73. Katup Dua Tekan

d. Katup Buang Cepat (Quick Exhaust Valve)

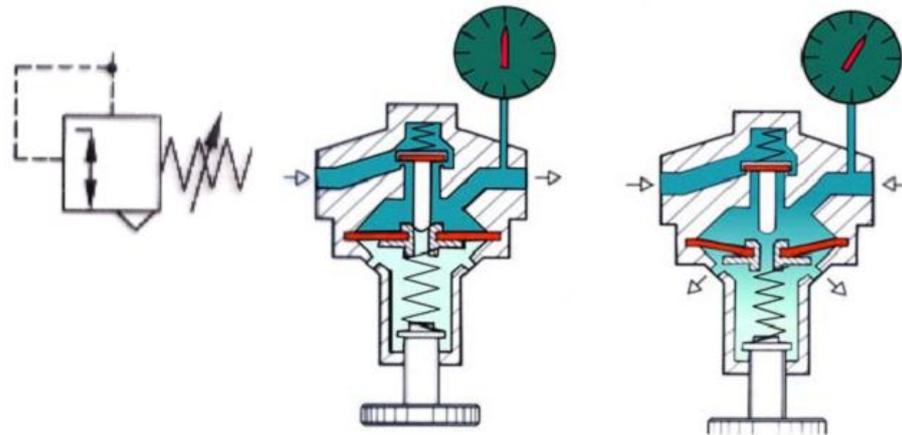
Katup buangan cepat digunakan untuk meningkatkan kecepatan silinder. Prinsip kerja silinder dapat maju atau mundur sampai mencapai kecepatan maksimum dengan jalan memotong jalan pembuangan udara ke atmosfer. Dengan menggunakan katup buangan cepat, udara pembuangan dari silinder keluar lewat lubang besar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



Gambar 74. Katup Buang Cepat

e. Katup Pengatur Tekanan

Pressure Regulation Valve, katub ini berfungsi untuk mengatur besar-kecilnya tekanan udara kempa yang akan keluar dari service unit dan bekerja pada sistim pneumatik (tekanan kerja).



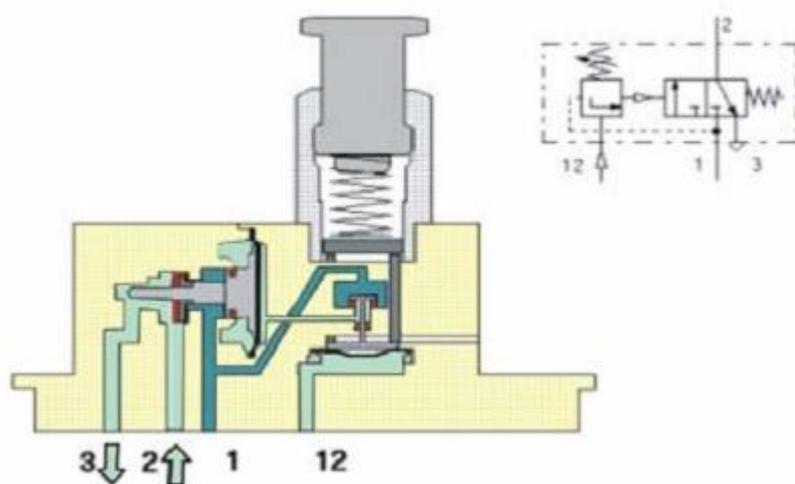
Gambar 75. Pressure Regulation Valve

f. Katup Pembatas Tekanan/Pengaman (Pressure Relief Valve)

Katup ini berfungsi untuk membatasi tekanan kerja maksimum pada sistem. Apabila terjadi tekanan lebih maka katup out-let akan terbuka dan tekanan lebih dibuang, jadi tekanan udara yang mengalir ke sistem tetap aman.

g. Sequence Valve

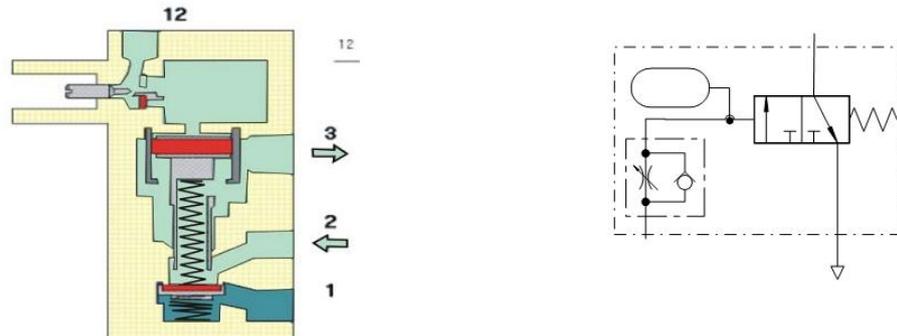
Prinsip kerja katup ini hampir sama dengan relief valve, hanya fungsinya berbeda yaitu untuk membuat urutan kerja dari sistem. Perhatikan gambar berikut :



Gambar 76. Sequence Valve

h. Time Delay Valve (Katup Penunda)

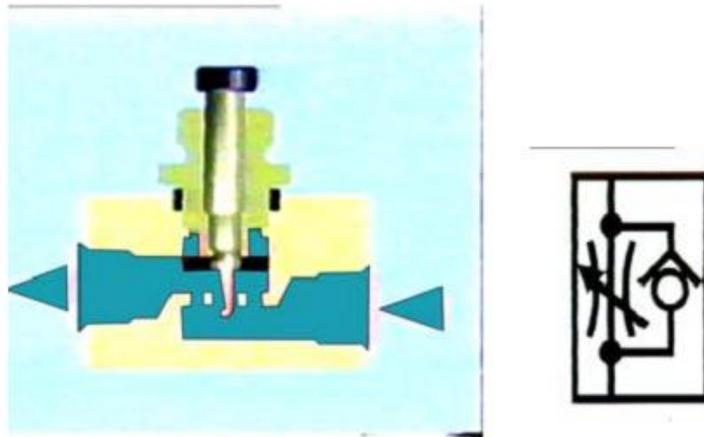
Katup ini berfungsi untuk menunda aliran udara hingga pada waktu yang telah ditentukan. Udara akan mengalir dahulu ke tabung penyimpan, bila suda penuh baru akan mengalir ke saluran lainnya. Katup penunda ini juga dikenal pula dengan timer.



Gambar 77. Time Delay Valve

i. Katup Pengatur Aliran (Flow Control Valve)

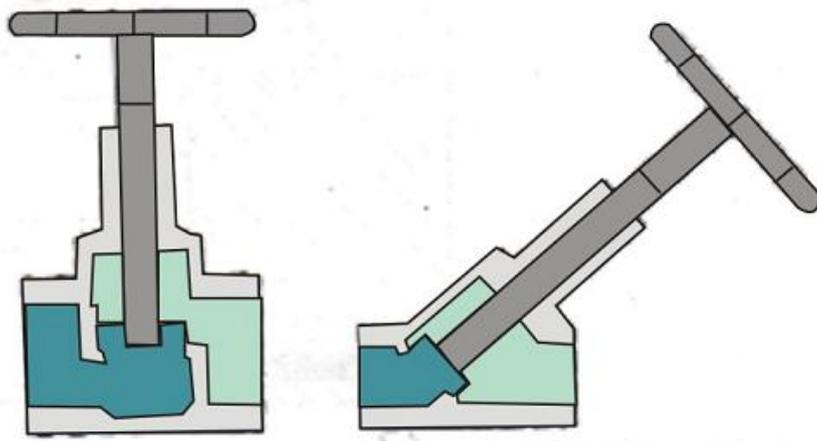
Katup ini berfungsi untuk mengontrol/mengendalikan besar-kecilnya aliran udara kempa atau dikenal pula dengan katup cekik, karena akan mencekik aliran udara hingga akan menghambat aliran udara. Hal ini diasumsikan bahwa besarnya aliran yaitu jumlah volume udara yang mengalir akan mempengaruhi besar daya dorong udara tersebut. Macam-macam flow control: a) Fix flow control yaitu besarnya lubang laluan tetap (tidak dapat disetel), b) Adjustable flow control yaitu lubang laluan dapat disetel dengan baut penyetel., c) Adjustable flow control dengan check valve by pass. Adapun penampang dan simbol flow control valve adalah sebagai berikut:



Gambar 78. Katup Pengatur Aliran Udara

j. Shut of Valve

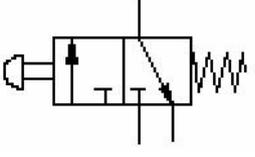
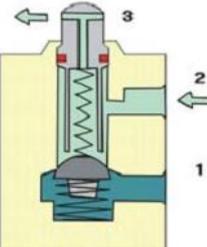
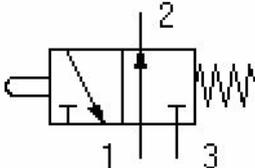
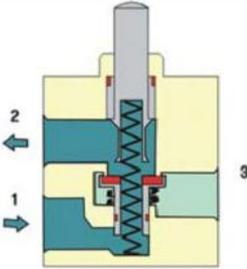
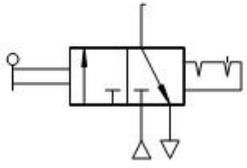
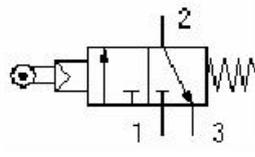
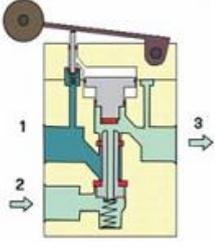
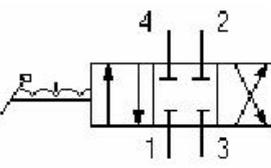
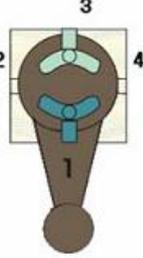
Katup ini berfungsi untuk membuka dan menutup aliran udara. Lihat gambar berikut :



Gambar 79. Shut of valve

Jenis-jenis Katup Pneumatik

Tabel 2. Simbol dan Gambar Katup Sinyal Pneumatik

LAMBAANG	PENAMPANG	NAMA
		<p>Katup tekan 3/2 dengan pegas pembalik</p>
		<p>Katup NOT 3/2 dengan pegas pembalik</p>
	<p style="text-align: center;">=</p>	<p>Katup tuas 3/2 dengan penahan</p>
		<p>Katup Roll 3/2</p>
		<p>Katup tuas 4/2 dengan penahan/tuas</p>

Simbol penekan katup sinyal memiliki beberapa jenis, antara lain penekan manual, roll, tuas, dan lain-lain. Sesuai dengan standar Deutsch Institut fur Normung (DIN) dan ISO 1219, terdapat beberapa jenis penggerak katup, antara lain:

Tabel 3. Jenis-jenis penggerak katup

SIMBOL	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
	Penekan pada umumnya		Melalui sentuhan
	Penggerak katup oleh knop		Penggerak katup oleh pegas
	Penggerak katup oleh tuas		Penggerak katup oleh roll
	Penggerak katup oleh pedal kaki		Penggerak katup oleh roll tak langsung (berlengan)
	Penggerak katup oleh udara		Penggerak katup oleh magnet
	Penggerak katup magnet/ mekanik dua sisi		Penggerak katup oleh magnet dua sisi

Bahan Bacaan 4

Unit Penggerak (Aktuator)

Unit ini berfungsi untuk menghasilkan gerak atau usaha yang merupakan hasil akhir atau output dari sistim pneumatik.

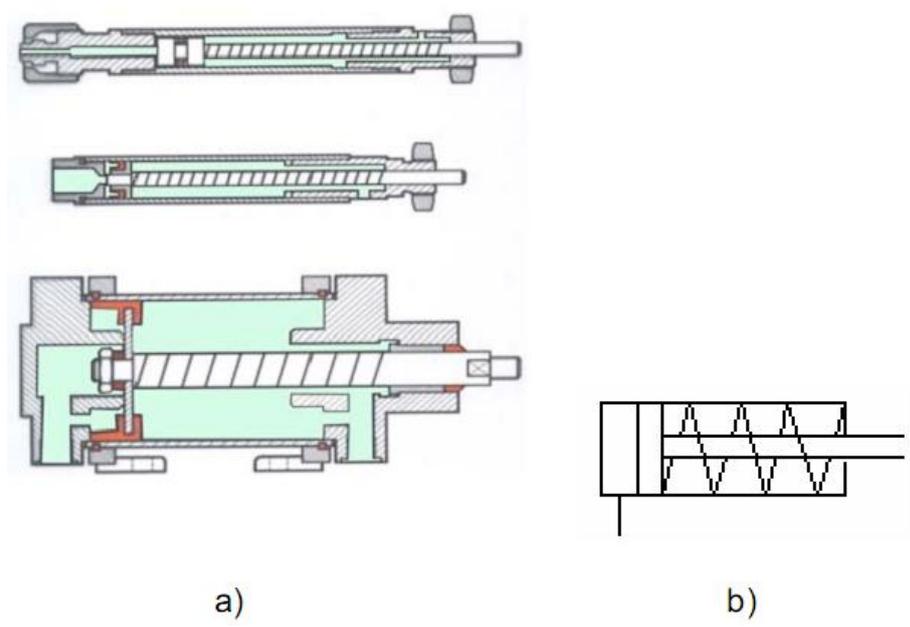
Macam-macam aktuator :

- a. Linear Motion Aktuator (Penggerak Lurus)
 - 1) Single Acting Cylinder (Silinder Kerja Tunggal)
 - 2) Double Acting Cylinder (Penggerak Putar)
- b. Rotary Motion Actuator (Limited Rotary Aktuator)
 - 1) Air Motor (Motor Pneumatik)
 - 2) Rotary Aktuator (Limited Rotary Aktuator)

Pemilihan jenis aktuator tentu saja disesuaikan dengan fungsi, beban dan tujuan penggunaan sistim pneumatik.

a. Single Acting Cylinder

Silinder ini mendapat suplai udara hanya dari satu sisi saja. Untuk mengembalikan keposisi semula biasanya digunakan pegas. Silinder kerja tunggal hanya dapat memberikan tenaga pada satu sisi saja. Gambar berikut ini adalah gambar silinder kerja tunggal.



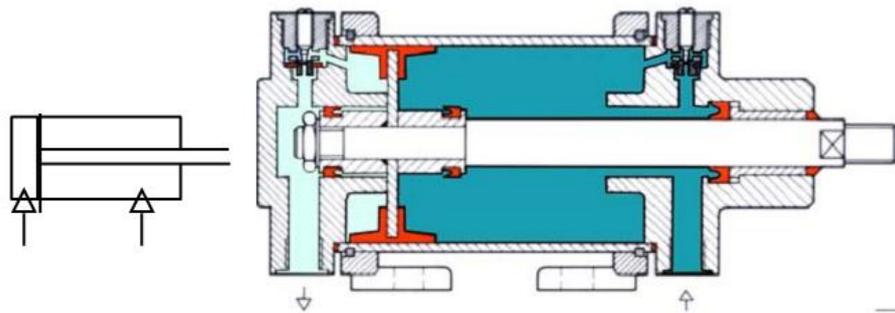
Gambar 80. Jenis Single Acting Cylinder (a) dan Simbolnya (b)

Silinder Pneumatik sederhana terdiri dari beberapa bagian, yaitu torak, seal, batang torak, pegas pembalik, dan silinder. Silinder sederhana akan bekerja bila mendapat udara bertekanan pada sisi kiri, selanjutnya akan kembali oleh gaya pegas yang ada di dalam silinder pneumatik. Secara detail silinder pneumatik sederhana pembalik pegas dapat dilihat pada gambar 81a.

b. Silinder Penggerak Ganda (Double Acting Cylinder)

Silinder ini mendapat suplai udara kempa dari dua sisi. Konstruksinya hampir sama dengan silinder kerja tunggal. Keuntungannya adalah bahwa silinder ini dapat memberikan tenaga kepada dua belah sisinya.

Silinder kerja ganda ada yang memiliki batang torak (piston rod) pada satu sisi dan ada pada kedua pula yang pada kedua sisi. Konstruksinya yang mana yang akan dipilih tentu saja harus disesuaikan dengan kebutuhan.

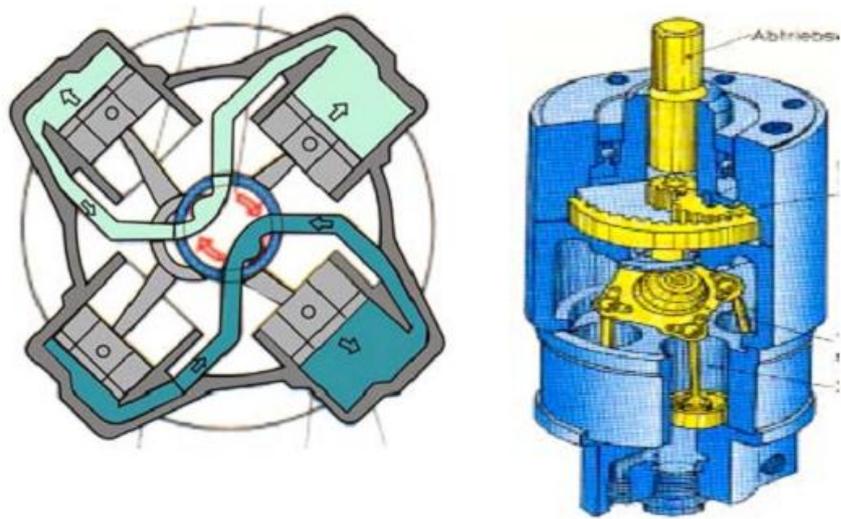


Gambar 81. Double Acting Cylinder dan simbolnya

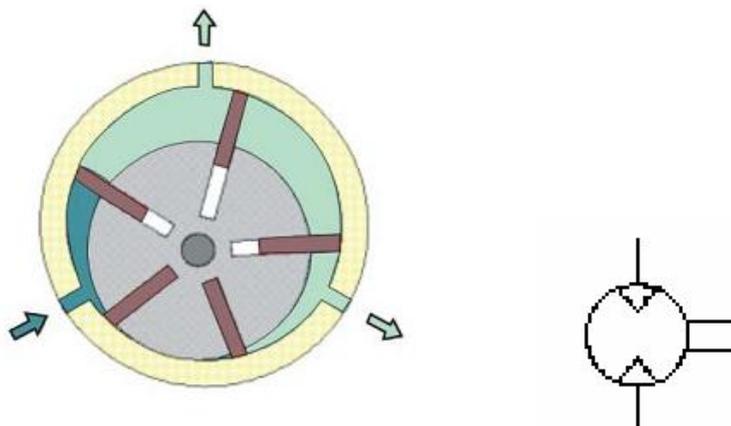
Silinder pneumatik penggerak ganda akan maju atau mundur oleh karena adanya udara bertekanan yang disalurkan ke salah satu sisi dari dua saluran yang ada. Silinder pneumatik penggerak ganda terdiri dari beberapa bagian, yaitu torak, seal, batang torak, dan silinder. Sumber energi silinder pneumatik penggerak ganda dapat berupa sinyal langsung melalui katup kendali, atau melalui katup sinyal ke katup pemroses sinyal (processor) kemudian baru ke katup kendali. Pengaturan ini tergantung pada banyak sedikitnya tuntutan yang harus dipenuhi pada gerakan aktuator yang diperlukan. Secara detail silinder pneumatik dapat dilihat seperti gambar 82.

Air Motor (Motor Pneumatik)

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

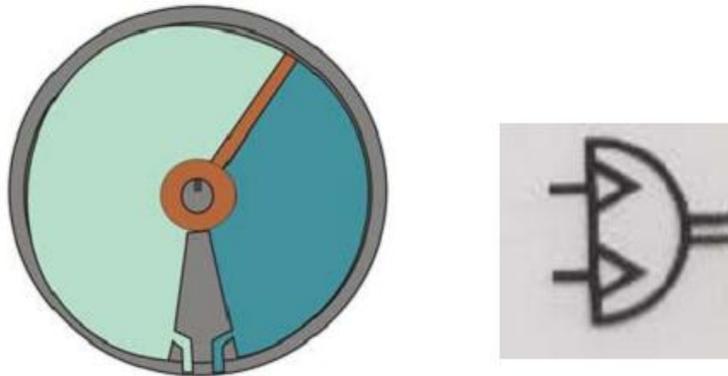


Gambar 82. Motor Piston Radial dan Motor Axial



Gambar 83. Rotari Vane Motor

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



Gambar 84. Jenis dan Simbol Motor Pneumatik/Rotary Actuator

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

Dibandingkan dengan motor listrik, motor pneumatik mempunyai keuntungan yaitu :

- a. karena motor pneumatik tidak memerlukan daya listrik, maka motor pneumatik dapat digunakan pada udara yang *volatile*.
- b. Motor pneumatik mempunyai kepadatan daya yang tinggi sehingga motor pneumatik yang lebih kecil dapat memberikan daya yang sama dengan motor listrik.
- c. Tidak seperti motor listrik, kebanyakan motor pneumatik dapat beroperasi tanpa memerlukan bantuan pengatur kecepatan.
- d. Beban lebih yang melampaui torsi tidak menyebabkan kerugian pada motor pneumatik. Pada motor listrik, beban lebih dapat menjatuhkan pengaman listrik, sehingga operator harus meresetnya sebelum menjalankan kembali.
- e. Kecepatan motor pneumatik dapat diatur melalui katup kontrol aliran satu arah daripada pengatur kecepatan elektronik yang rumit dan mahal pada motor listrik.

- f. Torsi motor pneumatik dapat diubah-ubah secara mudah melalui pengaturan tekanan.
- g. Motor pneumatik tidak memerlukan *starter* magnetik, pengaman beban lebih atau komponen penunjang lain yang diperlukan oleh motor listrik.
- h. Motor pneumatik membangkitkan panas lebih kecil daripada motor listrik.

D. Aktifitas Pembelajaran

Aktifitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama guru kejuruan di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi Komponen Pnumatik ? Sebutkan!
2. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-01.Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran pada aktifitas berikutnya.

Aktifitas 1. Mengamati komponen sistem pnumatik

Saudara diminta untuk mengamati komponen sistem pnumatik. Selanjutnya diskusikan secara berkelompok bagaimana cara kerja dari sistem pnumatik tersebut tersebut, kemudian jawablah pertanyaan berikut ini:

1. Jelaskan komponen utama dari sistem pnumatik!
2. Jelaskan klasifikasi dari kompresor pada sistem pnumatik!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-02. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran pada aktifitas berikutnya

Aktifitas 2. Mengamati katup pada sistem pnumatik

Saudara diminta untuk mengamati katup pada sistem pnumatik. Kemudian diskusikan bagaimana cara kerjanya. Selanjutnya jawablah pertanyaan berikut:

1. Jelaskan jenis jenis katup yang digunakan dalam sistem pnumatik!
2. Jelaskan masing-masing fungsi dari katup pada sistem pnumatik
3. Buat diagram simbol dari penggunaan katup pada sistem pnumatik!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-03. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran pada aktifitas berikutnya

Aktifitas 3. Mengamati aktuator pada sistem pnumatik

Saudara diminta untuk mengamati aktuator pada sistem pnumatik. Kemudian diskusikan bagaimana cara kerjanya. Selanjutnya jawablah pertanyaan berikut:

1. Apa saja jenis aktuator yang digunakan dalam sistem pnumatik!
2. Jelaskan cara kerja dari single acting cylinder!
3. Jelaskan cara kerja dari double acting cylinder!
4. Apa yang anda ketahui tentang motor pnumatik, jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-04. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan mengerjakan soal latihan pada kegiatan pembelajaran ini.

E. Latihan/ Kasus /Tugas

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pnumatik!
2. Jelaskan aplikasi penggunaan pnumatik
3. Sebutkan keuntungan dan kelebihan penggunaan pnumatik.
4. Sebutkan dan jelaskan peralatan sistem pnumatik.

5. Apa kelebihan motor pneumatik dibanding motor listrik

F. Rangkuman

Sekarang, sistem pneumatik memiliki aplikasi yang luas karena udara pneumatik bersih dan mudah didapat. Banyak industri yang menggunakan sistem pneumatik dalam proses produksi seperti industri makanan, industri obat-obatan, industri pengepakan barang maupun industri yang lain. Belajar pneumatik sangat bermanfaat mengingat hampir semua industri sekarang memanfaatkan sistem pneumatik.

Udara yang digunakan dalam pneumatik sangat mudah didapat/diperoleh di sekitar kita. Udara dapat diperoleh dimana saja kita berada, 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. Karena tahan terhadap perubahan suhu, maka pneumatik banyak digunakan pula pada industri pengolahan logam dan sejenisnya.

Udara bertekanan (kempa) yang akan masuk dalam sistem pneumatik harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan, antara lain; a) tidak mengandung banyak debu yang dapat merusak keausan komponen-komponen dalam sistem pneumatik, b) mengandung kadar air rendah, kadar air yang tinggi dapat menimbulkan korosi dan kemacetan pada peralatan pneumatik, c) mengandung pelumas, pelumas sangat diperlukan untuk mengurangi gesekan antar komponen yang bergerak seperti pada katup-katup dan aktuator.

Secara lengkap suplai udara bertekanan 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.

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

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

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Bandingkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang tersedia. Hitunglah jumlah jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus dibawah ini 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 75 % keatas, anda dapat meneruskan ke modul berikutnya. Tetapi bila tingkat penguasaan anda masih dibawah 75 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini.

(*Catatan* : Kejujuran Intelektual Memegang Peranan Penting)

LEMBAR KERJA KB 2

LK – 01

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi Sistem Kontrol Elektromekanik? Sebutkan!

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

2. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

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

3. Ada berapa dokumen yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

4. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini?
Sebutkan!

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

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

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

6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

.....
.....

LK - 02

1. Jelaskan cara kerja dari relay dan kontaktor!

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

2. Jelaskan kegunaan relay dan kontaktor pada kontrol motor DOL!

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

3. Gambarkan rangkaian kontrol motor DOL!

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

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

LK - 03

1. Jelaskan cara kerja kontrol motor berurutan!

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

2. Buat diagram pengawatan rangkaian kontrol motor operasi berurutan!

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

LK - 04

1. Apa saja komponen yang digunakan dalam kontrol star delta!

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

.....
.....

2. Jelaskan cara kerja kontrol star delta

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

3. Buat diagram pengawatan star delta motor 3 fasa!

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

LEMBAR KERJA KB 3

LK – 01

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi Sistem pnumatik? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Ada berapa dokumen yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....

4. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

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

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

6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

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

LK - 02

1. Jelaskan komponen utama dari sistem pnumatik!

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

2. Jelaskan klasifikasi dari kompressor pada sistem pnumatik!

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

LK - 03

1. Jelaskan jenis jenis katup yang digunakan dalam sistem pnumatik!

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

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

2. Jelaskan masing-masing fungsi dari katup pada sistem pnumatik

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

3. Buat diagram simbol dari penggunaan katup pada sistem pnumatik!

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

LK - 04

1. Apa saja jenis aktuator yang digunakan dalam sistem pnumatik!

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

2. Jelaskan cara kerja dari single acting cylinder!

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

3. Jelaskan cara kerja dari double acting cylinder!

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

4. Apa yang anda ketahui tentang motor pnumatik, jelaskan!

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

KUNCI JAWABAN

Soal pedagogik

1. Menurut beberapa para ahli :

a. Agus Suprijono

Belajar merupakan sebagai konsep mendapatkan pengetahuan dalam praktiknya.

b. Travers

Belajar adalah proses menghasilkan penyesuaian tingkah laku.

c. Cronbanch

Belajar adalah perubahan perilaku sebagai hasil dari pengalaman.

Jadi, belajar merupakan perubahan tingkah laku pada individu sebagai akibat pengalaman. Belajar adalah proses perubahan perilaku berkat pengalaman dan latihan. Artinya, tujuan kegiatan adalah perubahan tingkah laku, baik yang menyangkut pengetahuan, keterampilan, maupun sikap, bahkan meliputi segenap aspek organisme pribadi

2. **(1). Informasi verbal**, yaitu penguasaan informasi dalam bentuk verbal, baik secara tertulis ataupun lisan, misalnya pemberian nama- nama terhadap benda, definisi, dan sebagainya.

(2). Kecakapan intelektual, yaitu keterampilan individu dalam melakukan interaksi dengan lingkungannya dengan menggunakan simbol- simbol, misalnya: penggunaan simbol matematika. Termasuk dalam keteampilan intelektual adalah kecakapan dalam membedakan (discrimination), memahami konsep komkrit, konsep anstrak, aturan dan hukum. Keterampilan ini sangat dibutuhkan dalam pemecahan masalah.

(3). Strategi Kognitif, kecakapan infdividu untuk melakukan pengendalian dan pengelolaan keseluruhan aktivitasnya. Dalam konteks proses pembelajaran, strategi kognitif yaitu kemampuan mengendalikan ingatan dan cara- cara berfikir agar terjadi aktivitas yang efektif. Kecakapan intelektual menitikberatkan pada hasil pembelajaran, sedangkan strategi kognitif lebih menekankan pada proses berfikir.

(4). Sikap, yaitu hasil pembelajaran yang berupa kecakapan individu untuk memilih macam tindakan yang akan dilakukan. Dengan kata lain, sikap adalah keadaan dalam diri individu yang akan memberikan kecendrungan dalam bertindak dalam menghadapi suatu obyek atau peristiwa, di dalamnya terdapat unsur pemikiran, perasaan yang menyertai pemikiran dan kesiapan untuk bertindak.

(5). Kecakapan motorik, ialah hasil belajar yang berupa kecakapan pergerakan yang dikontrol oleh otot dan fisik.

3. Kata kunci dari belajar adalah perubahan perilaku. Menurut Gagne (Abin Syamsuddin Makmun, 2003), perubahan perilaku yang merupakan hasil belajar dapat berbentuk:

- a. **Informasi verbal**, yaitu penguasaan informasi dalam bentuk verbal, baik secara tertulis ataupun lisan, misalnya pemberian nama- nama terhadap benda, definisi, dan sebagainya.
- b. **Kecakapan intelektual**, yaitu keterampilan individu dalam melakukan interaksi dengan lingkungannya dengan menggunakan simbol- simbol, misalnya: penggunaan simbol matematika. Termasuk dalam ketampilan intelektual adalah kecakapan dalam membedakan (discrimination), memahami konsep komkrit, konsep anstrak, aturan dan hukum. Keterampilan ini sangat dibutuhkan dalam pemecahan masalah.
- c. **Strategi Kognitif**, kecakapan individu untuk melakukan pengendalian dan pengelolaan keseluruhan aktivitasnya. Dalam konteks proses pembelajaran, strategi kognitif yaitu kemampuan mengendalikan ingatan dan cara- cara berfikir agar terjadi aktivitas yang efektif. Kecakapan intelektual menitikberatkan pada hasil pembelajaran, sedangkan strategi kognitif lebih menekankan pada proses berfikir.
- d. **Sikap**, yaitu hasil pembelajaran yang berupa kecakapan individu untuk memilih macam tindakan yang akan dilakukan. Dengan kata lain, sikap adalah keadaan dalam diri individu yang akan memberikan kecendrungan dalam bertindak dalam menghadapi suatu obyek atau peristiwa, di dalamnya terdapat unsur pemikiran, perasaan yang menyertai pemikiran dan kesiapan untuk bertindak.

- e. **Kecakapan motorik**, ialah hasil belajar yang berupa kecakapan pergerakan yang dikontrol oleh otot dan fisik.
4. Ciri-ciri pembelajaran sebagai berikut :
- a. Merupakan upaya sadar dan disengaja
 - b. Pembelajaran harus membuat siswa belajar
 - c. Tujuan harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum proses dilaksanaka
 - d. Pelaksanaannya terkendali, baik isinya, waktu, proses maupun hasilnya
- Sedangkan prinsip-prinsip pembelajaran dalam buku *Condition of Learning, Gagne (1997)* mengemukakan sembilan prinsip yang dapat dilakukan guru dalam melaksanakan pembelajaran, sebagai berikut:
- a. Menarik perhatian (gaining attention)
 - b. Menyampaikan tujuan pembelajaran (informing, learner of the objectives)
 - c. Mengingatnkan konsep/ pribadi yang telah dipelajari (stimulating recall or prior learning)
 - d. Memberikan bimbingan belajar (providing learner quidance)
 - e. Memperoleh kinerja/ penampilan siswa (eliciting performance)
 - f. Memberikan balikan (provilding feddback)
 - g. Menilai hasil belajar
 - h. Memperkuat retensi dan transfer belajar
5. Dalam hal ini aktifitas pembelajaran dimulai dari kegiatan belajar dan suatu pembelajaran dilakukan kegiatan awal yakni:
- a. Peserta didik disiapkan dalam proses pembelajaran
 - b. Masuk pada materi yang akan diajarkan
 - c. Memahami isi materi mengenai belajar dan pembelajaran dikelas agar tercapainya tujuan pembelajaran
 - d. Guru menjelaskan materi
 - e. Peserta didik diminta untuk menyelesaikan tugas latihan yang diberikan oleh guru dengan benar dan tepat
 - f. Guru dan peserta membahas dan menyelesaikan bersama-sama
 - g. Hal yang dirasa belum dimengerti peserta didik, guru dapat mengulangnnya kembali. Guru memberikan tugas untuk dikerjakan di rumah di akhir pelajaran untuk mengetahui pemahaman anak tentang materi yang disampaikan.

Soal profesional KB-2

1. Jelaskan prinsip kerja dari push button

Push button NO digunakan untuk mengaktifkan rangkaian, sedangkan yang NC digunakan untuk memutus rangkaian dari sumber listrik. Switch ini sangat banyak digunakan, dalam sebuah operation panel bisa terdapat beberapa Push Button tergantung dari keperluan, alat ini juga memiliki kode warna pada bagian knopnya untuk membedakan fungsi dari masing-masing alat, seperti warna merah digunakan untuk tombol berhenti/ stop, lalu warna hitam/ hijau digunakan untuk tombol jalan/start kemudian warna kuning digunakan untuk tombol reset atau alarm stop, ada beberapa contoh penggunaan Push Button seperti untuk menjalankan motor/ pompa, menjalankan conveyor, menhidupkan lampu, mereset alarm, menyalakan bell, menhidupkan cylinder dan masih banyak lagi

2. Jelaskan komponen kontrol elektromekanik yang biasa digunakan pada otomasi industri!

- a. Relay. Komponen ini merupakan perangkat pensakelaran yang beroperasi dengan prinsip elektromagnet.
- b. Kontaktor. Kontaktor memiliki rating tegangan dan arus yang lebih besar dari relay sehingga umumnya digunakan sebagai high power switch pada motor, lampu dan peralatan listrik lainnya.
- c. Kontak auxiliary, merupakan kontak tambahan yang dapat dipasangkan pada bagian atas atau samping dari kontaktor utama.
- d. Interlock unit merupakan bagian tambahan yang dapat dipasangkan antara dua kontaktor sehingga masing – masing kontaktor tidak bekerja bersamaan. Interlock unit ini dipergunakan untuk switching perubahan arah putaran pada motor.
- e. Thermal overload relay merupakan relay yang bekerja apabila rangkaian yang dikontrol mengalami kelebihan beban (overload).

3. Jelaskan kegunaan Termokopel!

Sensor termokopel adalah sensor yang mampu mengukur suhu sangat tinggi sehingga sensor suhu termokopel ini sering digunakan untuk industri pengolahan minyak atau baja. Sensor suhu termokopel memiliki nilai output

yang kecil pada kondisi level noise yang tinggi, sehingga memerlukan pengkondisi sinyal agar nilai output tersebut dapat dibaca.

4. Jelaskan apa kegunaan sensor level aliran fluida dan apa saja jenisnya!
Sensor Aliran fluida atau Flow sensor mengukur kuantitas suatu fluid material yang melewati suatu saluran pada waktu tertentu. Biasanya, bahan-bahan yang diukur berupa gas atau liquid yang mengalir di dalam suatu pipa.
Ada 3 jenis/bentuk; Orifice Plate, Ventury, dan Turbine Flow Sensor
5. Jelaskan penggunaan sensor air!
Untuk mengontrol water level diperlukan sistem water level controller. Sistem pengontrolan water level merupakan piranti elektronik. Piranti kontrol tersebut jika terhubung pada suatu pengasutan motor pompa air akan mampu mengontrol operasi motor pompa air berbasis level air pada suatu sumber air atau tangki air. Sistem pengontrolan level air yang lebih maju diimplementasikan dengan piranti elektronik berbasis mikroprosesor.

KB-3

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pnumatik!
pneumatik merupakan ilmu yang mempelajari teknik pemakaian udara bertekanan (udara kempa).
2. Jelaskan aplikasi penggunaan pnumatik
Pemakaian pneumatik dibidang produksi telah mengalami kemajuan yang pesat, terutama pada proses perakitan (manufacturing), elektronika, obat-obatan, makanan, kimia dan lainnya. Pemilihan penggunaan udara bertekanan (pneumatik) sebagai sistim kontrol dalam proses otomasinya, karena pneumatik mempunyai beberapa keunggulan, antara lain: mudah diperoleh, bersih dari kotoran dan zat kimia yang merusak, mudah didistribusikan melalui saluran (selang) yang kecil, aman dari bahaya ledakan dan hubungan singkat, dapat dibebani lebih, tidak peka terhadap perubahan suhu dan sebagainya.

3. Sebutkan keuntungan dan kelebihan penggunaan pnumatik.

Keuntungan

- a. Ketersediaan yang tak terbatas.
- b. Mudah disalurkan.
- c. Fleksibilitas temperatur.
- d. Aman
- e. Bersih
- f. Pemindahan daya dan Kecepatan sangat mudah diatur
- g. Dapat disimpan
- h. Mudah dimanfaatkan

Kerugian/Kelemahan Pneumatik

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

4. Sebutkan dan jelaskan peralatan sistem pnumatik.

- a. Kompresor.
- b. Unit Pengolahan Udara Bertekanan (Air Service Unit).
- c. Pemeriksaan udara kempa.
- d. Konduktor dan Konektor.

5. Apa kelebihan motor pnumatik dibanding motor listrik

- a. tidak memerlukan daya listrik,
- b. mempunyai kepadatan daya yang tinggi
- c. motor pneumatik dapat beroperasi tanpa memerlukan bantuan pengatur kecepatan.
- d. Beban lebih yang melampaui torsi tidak menyebabkan kerugian pada motor pneumatik.
- e. Kecepatan motor pneumatik dapat diatur melalui katup kontrol aliran satu arah
- f. Torsi motor pneumatik dapat diubah-ubah secara mudah melalui pengaturan tekanan.

- g. Motor pneumatik tidak memerlukan *starter* magnetik, pengaman beban lebih atau komponen penunjang lain yang diperlukan oleh motor listrik.
- h. Motor pneumatik membangkitkan panas lebih kecil daripada motor listrik.

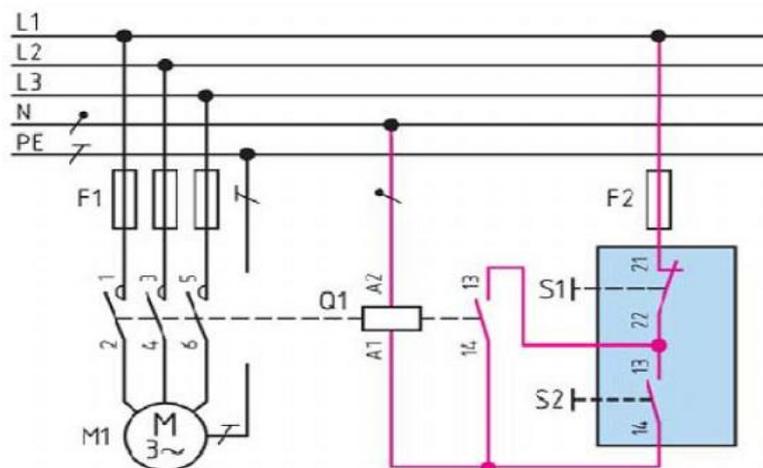
EVALUASI

A. Pedagogik

1. Apa yang dimaksud dengan belajar menurut para ahli?
2. Jelaskan perubahan perilaku yang merupakan hasil belajar menurut Gagne (Abin Syamsuddin Makmun, 2003) !
3. Ciri-ciri belajar adalah adanya kemampuan baru atau perubahan. Kemampuan baru atau perubahan apa yang ingin dicapai dalam suatu proses belajar?
4. Jelaskan ciri-ciri pembelajaran dan prinsip- prinsip dalam melaksanakan suatu pembelajaran?
5. langkah- langkah aktivitas pembelajaran yang dapat diterapkan di dalam kelas!

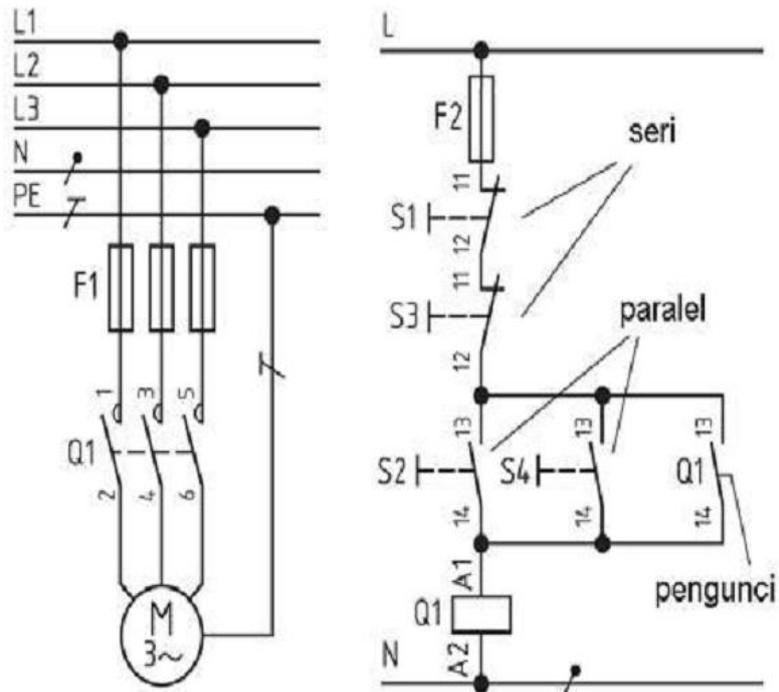
B. Professional

1. Berikut merupakan komponen sensor yang dipakai dalam sistem otomasi industri:
 - a. motor listrik
 - b. lampu indikator
 - c. elemen pemanas
 - d. limit switch



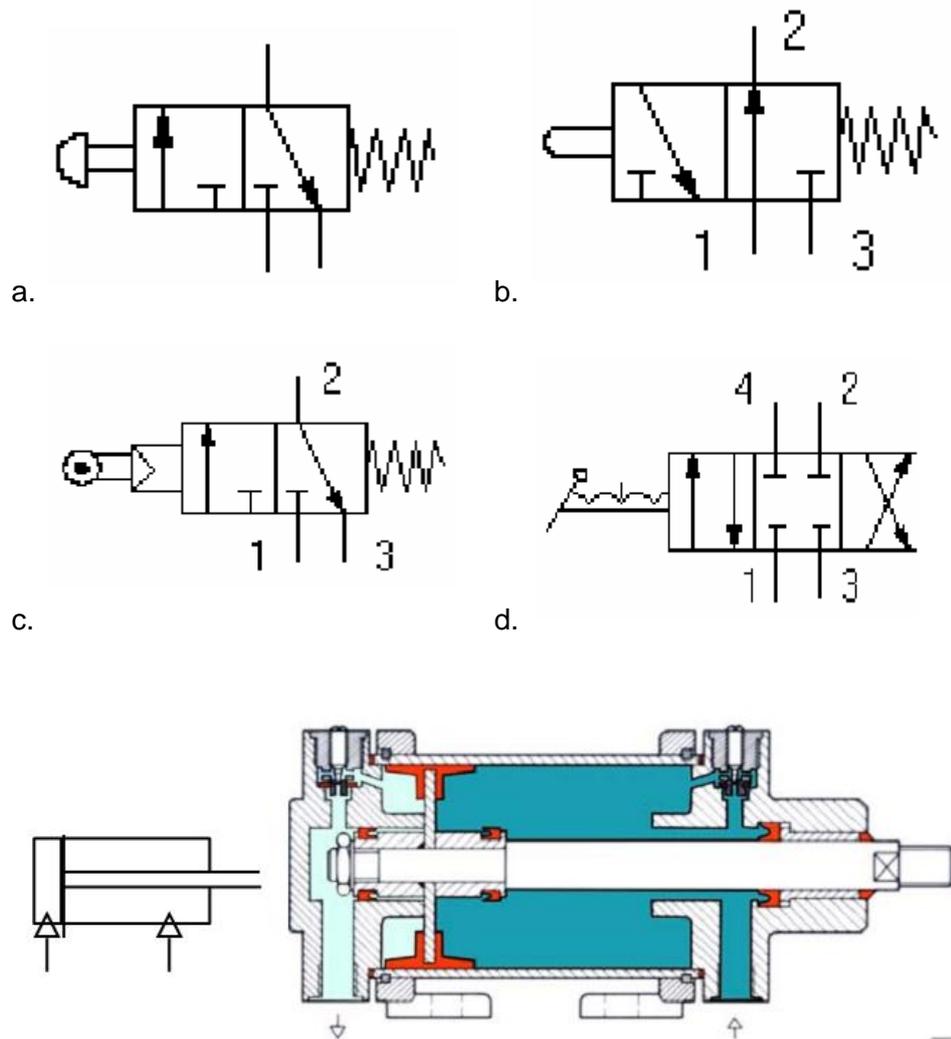
2. Dari gambar di atas, motor akan hidup jika:

- a. S1 ditekan
- b. S2 ditekan
- c. S1 dan S2 ditekan
- d. S1 dan S2 tidak ditekan



- 3. Dari gambar di atas, jika S4 ditekan, maka motor:
 - a. ON
 - b. OFF
 - c. Putar kiri
 - d. Putar kanan

- 4. Simbol dari Katup pneumatik 3/2 dengan pembalik pegas adalah sebagai berikut:



5. Gambar di atas adalah gambar dari silinder pneumatic:
- Single Acting Cylinder
 - Double Acting Cylinder
 - Single Acting Cylinder dengan pegas
 - Single Acting Cylinder tanpa pegas

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.

Dalam 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

- Bishop, Owen. 2002. *Dasar-dasar Elektronika*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Bishop, Robert H. 2002. *The Mechatronics Handbook*. USA: CRC PRESS
- Boeree, George, 2008. *Mertode Pembelajaran dan Pengajaran*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media
- Bolton, W., *Mechatronics, Electronic control systems in mechanical Engineering*, Longman Scientific & Technical
- Hamalik, Oemar, 2007. *Proses Belajar Mengajar*. Jakarta: PT. Bumi Aksara
- Karim, Syaiful. 2013. *Sensor Dan Aktuator*. Malang: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan.
- Kemendikbud. 2013. *Instalasi Motor Listrik Semester 3*. Jakarta: Direktut Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia
- Kemendikbud. 2014. *Instalasi Motor Listrik Semester 6*. Jakarta: Direktut Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia
- Petruzella, Frank D. 1996. *Industrial Electronics*. McGRAW-HILL International Editions.
- Putranto, Agus; Dkk. 2008. *Teknik Otomasi Industri*. Jilid 2. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Reni. 2014. *Sensor Dan Aktuator*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Suardi, Edi. 1986. *Pedagogik*. Bandung: Angkasa
- Sudjana, Nana. 2009. *Dasar- Dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algensindo
- Wirawan, Pramono. *Pneumatik – Hidrolik*. Bahan Ajar. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

GLOSSARIUM

- Aktuator linier: Aktuator yang keluarannya berbentuk gerakan linier (lurus).
- Aktuator putar: Aktuator yang keluarannya berbentuk gerakan putar (berayun).
- Aktuator: Bagian keluaran untuk mengubah energi suplai menjadi energi kerja yang dimanfaatkan.
- Distribusi udara: Suatu jaringan yang menyalurkan udara dari kompresor menuju ke pemakai.
- Katup kontrol aliran,satu arah: Katup yang mempengaruhi volume aliran hanya pada satu arah saja.
- 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.
- 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.
- Pengatur tekanan: Komponen pneumatik yang berfungsi mengatur udara dengan tekanan tertentu.
- Pengering udara: Suatu peralatan yang berfungsi mengeringkan udara dari kompresor yang dibutuhkan oleh sistem.
- Pneumatik: merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik dimana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan.
- Sinyal overlapping: Sinyal yang terjadi pada katup kontrol arah pada kedua sisinya secara bersamaan.
- Unit Pelayanan Udara: Peralatan pneumatik yang terdiri dari filter, pengatur tekanan dan pelumas.
- Vakum: udara yang mempunyai tekanan di bawah atmosfer.