



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian

Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik

**Pedagogik : Pengembangan Kegiatan Ekstrakurikuler
Profesional : Motor Listrik Induksi**

**KELOMPOK
KOMPETENSI**





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik

Penyusun :

Citra Dewi, S.Pd., M.Eng
UNP Padang
citradewi2007@gmail.com
085274886140

Reviewer :

Drs. Syamsuarnis, M.Pd
UNP Padang
dessyamsunis@gmail.com
08126613526

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



KATA PENGANTAR

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

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

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

Jakarta, Agustus 2015
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	ix
PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	2
C. PETA KOMPETENSI.....	3
D. RUANG LINGKUP.....	5
E. SARAN CARA PENGGUNAAN MODUL.....	5
1. Petunjuk Bagi Peserta Diklat	5
2. Petunjuk Bagi Instruktur	6
Kegiatan Pembelajaran 1	7
Kegiatan Pembelajaran KB-1.....	7
Pengembangan Kegiatan Ekstrakurikuler.....	7
A. Tujuan	7
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	7
C. Uraian Materi.....	7
Bahan Bacaan 1 :.....	7
Macam-macam metode Pembelajaran	7
1. Metode ceramah.....	7
2. Metode diskusi.....	11
3. Metode Demonstrasi	13
4. Metode Tanya Jawab	17
5. Metode Resitasi	19
6. Metode Eksperimental.....	20
7. Metode Study Tour (Karya wisata)	20
8. Metode Latihan Keterampilan	20
9. Metode Pengajaran Beregu	20
10. <i>Peer Theaching Method</i>	21
11. Metode Pemecahan Masalah (<i>problem solving method</i>).....	21
12. <i>Project Method</i>	21
13. <i>Taileren Method</i>	21
14. Metode Global (<i>ganze method</i>).....	21
Bahan Bacaan 2 :.....	22
1. Kegiatan ekstrakurikuler	22
2. Prestasi Peserta Didik.....	34
D. Aktivitas Pembelajaran	36
Aktivitas Pengantar.....	36
Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran.....	36
Aktifitas 1. mengidentifikasi program ekstrakurikuler untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.....	37
E. Latihan/ Kasus/ Tugas	37
F. Rangkuman	40

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	41
LEMBAR KERJA KB-1.....	42
Kegiatan Pembelajaran 2	43
Kegiatan Pembelajaran KB-2.....	43
Jenis-Jenis Motor Listrik	43
A. Tujuan	43
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	43
C. Uraian Materi.....	43
Bahan Bacaan 1 :.....	43
1. Pengertian Motor Listrik	43
2. Jenis-jenis motor listrik	44
Bahan Bacaan 2 :.....	59
Konstruksi dan Fungsi Bagian-Bagian Motor	59
Bahan Bacaan 3 :.....	112
<i>Nameplate</i> motor listrik.....	112
D. Aktivitas Pembelajaran	114
Aktivitas Pengantar.....	114
Aktivitas 1. Mengidentifikasi Jenis-Jenis Motor Listrik	115
Aktivitas 2. Menentukan konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor listrik.....	115
E. Latihan/ Kasus/ Tugas	115
F. Rangkuman	115
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	117
LEMBAR KERJA KB-2.....	118
Kegiatan Pembelajaran 3	121
Kegiatan Pembelajaran KB-3.....	121
Pengontrolan Motor Listrik dengan PLC	121
A. Tujuan	121
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	121
C. Uraian Materi.....	121
Bahan Bacaan :.....	121
D. Aktivitas Pembelajaran	143
Aktivitas 1. Menentukan komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor listrik dengan pemrograman (PLC).....	143
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	144
F. Rangkuman	144
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	145
LEMBAR KERJA KB-3.....	146
Kegiatan Pembelajaran 4	149
Kegiatan Pembelajaran KB- 4.....	149
Memasang Rangkaian Komponen Motor Listrik dan Kesalahan Penggunaan Peralatan Instalasi Motor Listrik.....	149
A. Tujuan	149
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	149
C. Uraian Materi.....	149
Bahan Bacaan 1 :.....	149

Rangkaian komponen instalasi motor listrik.....	149
Bahan Bacaan 2 :.....	156
Kesalahan-kesalahan penggunaan peralatan instalasi motor listrik standar PUIL/SNI	156
D. Aktivitas Pembelajaran	167
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	168
F. Rangkuman	168
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	169
LEMBAR KERJA KB-4.....	171
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	173
A. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas Kegiatan Pembelajaran 1	173
B. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas Kegiatan Pembelajaran 2	173
C. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas Kegiatan Pembelajaran 3	174
D. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas Kegiatan Pembelajaran 4	176
EVALUASI	178
PENUTUP	184
GLOSARIUM	185
DAFTAR PUSTAKA	187

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
Gambar 1a Batang penghantar yang dialiri listrik.....	43
Gambar 1b Kaidah tangan kiri Fleming	44
Gambar 2 Motor Direct Curent.....	44
Gambar 3 Karakteristik Motor DC Shunt	45
Gambar 4. Karakteristik Motor DC Seri.....	46
Gambar 5. Motor Sinkron	47
Gambar 6. Motor Induksi 3 fasa	48
Gambar 7. Bentuk konstruksi dan hubungan kumparan motor induksi fase belah	50
Gambar 8. Bentuk motor kapasitor	51
Gambar 9. Rangkaian motor kapasitor start	52
Gambar 10. Rangkaian motor kapasitor start/run	53
Gambar 11. Rangkaian motor kapasitor tetap/permanen.....	54
Gambar 12. Kutub utama dan kutub bayangan motor shaded pole	54
Gambar 13. Bentuk motor shaded pole	55
Gambar 14. Rangkaian motor shaded pole	55
Gambar 15. Kurva perbandingan karakteristik motor motor induksi 1- fasa .	56
Gambar 16. Karakteristik kecepatan motor universal	57
Gambar 17. Motor dihubungkan dengan tegangan AC	58
Gambar 18. Hukum tangan kiri	58
Gambar 19. Konstruksi motor arus searah (motor DC)	60
Gambar 20. Inti jangkar yang berlapis-lapis.....	61
Gambar 21. Hubungan belitan penguat medan dan jangkar motor DC	62
Gambar 22. Pengaruh penempatan konduktor ber-arus dalam medan magnet	63
Gambar 23. Prinsip pemutaran motor DC	64
Gambar 24. Starting motor DC dengan tahanan depan jangkar.....	67
Gambar 25. Karakteristik arus pengasutan motor DC	67
Gambar 26 . Drop tegangan penguat medan seri dan jangkar motor DC	68
Gambar 27. Karakteristik putaran fungsi tegangan jangkar.....	69

Gambar 28. Pengaturan tegangan jangkar dengan sudut penyalaan Thyristor	69
Gambar 29. Rangkaian motor DC penguat terpisah	70
Gambar 30. Karakteristik putaran motor penguat terpisah	70
Gambar 31. Rangkaian motor DC belitan shunt	71
Gambar 32 Karakteristik putaran motor DC seri	72
Gambar 33. Rangkaian motor DC seri	72
Gambar 34. Rangkaian motor DC Kompon	73
Gambar 35. Karakteristik putaran motor DC komponen.....	74
Gambar 36. Belitan jangkar	74
Gambar 37. Letak sisi-sisi kumparan dalam alur jangkar	75
Gambar 38. Prinsip Belitan Gelung	76
Gambar 39. Belitan Gelung Tunggal	78
Gambar 40. Prinsip Belitan Gelombang	78
Gambar 41. Belitan Gelombang Tunggal	80
Gambar 42. Karakteristik torsi – kecepatan	83
Gambar 43. Pengaruh perubahan beban pada motor sinkron	84
Gambar 44. Pengaruh kenaikan arus medan pada motor sinkron	85
Gambar 45. Kurva V hubungan antara arus jangkar I_a dengan arus medan	86
Gambar 46. Torsi motor sinkron pada kondisi start	87
Gambar 47. Bentuk konstruksi dari motor induksi	88
Gambar 48. Konstrksi rotor sangkar motor induksi	89
Gambar 49. Gambaran sederhana bentuk alur / slot pada motor induksi	90
Gambar 50. Gambaran sederhana motor induksi dengan satu kumparan stator dan satu kumparan rotor	90
Gambar 51. Bentuk hubungan sederhana kumparan motor induksi 3-fase dengan dua kutup stator	92
Gambar 52. Fluks yang terjadi pada motor induksi 3-fase dari Gambar51	93
Gambar 53. Bentuk perputaran fluks stator	93
Gambar 54 . Teori perputaran medan ganda pada motor induksi 1-fase	96
Gambar 55 . Diagram vektor motor induksi.....	99
Gambar 56. Rangkaian pengganti rotor motor induksi	100
Gambar 57. Rangkaian ekivalen motor induksi 3-fasa perfasa	100
Gambar 58. Rangkaian ekivalen dengan rotor disesuaikan terhadap stator.....	101

Gambar 59. Daya dan rugi-rugi daya pada motor induksi	101
Gambar 60. Perbandingan antara motor yang berefisiensi tinggi dengan motor standar	104
Gambar 61. Karakteristik torsi terhadap kecepatan motor	106
Gambar 62. Hubungan antara torsi dan slip motor induksi	106
Gambar 63. bagian-bagian utama motor induksi 1 fasa	107
Gambar 64. konstruksi motor induksi 1 fasa	108
Gambar 65. dampak adanya arus pada stator	109
Gambar 66. putaran pada rotor akibat fluks	109
Gambar 67. Saat rotor tidak berputar, total gaya akibat masing-masing fluks ialah 0	110
Gambar 68. Contoh name plat motor induksi	113
Gambar 69. Ilustrasi umum gulungan motor 3 fasa	113
Gambar 70. Konseptual Aplikasi PLC	122
Gambar 71. komponen dasar PLC	126
Gambar 72. Motor start dan stop dengan PLC	130
Gambar 73. Hard-wire control	130
Gambar 74. Hubungan input dan output deskret dengan PLC	131
Gambar 75. Ladder diagram	131
Gambar 76. Jenis-jenis bahasa pemrograman	132
Gambar 77. Proses PLC scanning	133
Gambar 78. Bentuk fisik ROM, EPROM, RAM	134
Gambar 79. Hubungan PLC dengan PC	135
Gambar 80. PLC Omron CPM2A	136
Gambar 81. Contoh instruksi LD dan LD NOT	137
Gambar 82. Contoh penggunaan AND dan AND NOT	138
Gambar 83. Contoh penggunaan instruksi OR atau OR NOT	138
Gambar 84. Contoh penggunaan instruksi OUT atau OUT NOT	139
Gambar 85. Contoh penggunaan Instruksi END	139
Gambar 86. Program logik ladder DOL starter dan alarm	142
Gambar 87. Rangkaian fwd/rev/stop jenis jog menggunakan saklar selektor..	151
Gambar 88. Rangkaian fwd/rev/stop jenis latch menggunakan tombol tekan ..	153
Gambar 89. Rangkaian penghambat untuk motor tiga-fasa	154
Gambar 90. Rangkaian anti-plugging untuk motor tiga fasa	155

Gambar 91. jenis rangkaian pengendali untuk motor dua-kecepatan	155
Gambar 92. Pengecekan kontnyuitas dengan audio tester	158
Gambar 93. Pengecekan kontnyuitas dengan Ohmmeter	158
Gambar 94. Tes isolasi dengan Insulation Resistance Tester.....	159
Gambar 95. Pengecekan kontinyuitas dengan test lamp	160
Gambar 96. Megger pada sistem satu phasa	161
Gambar 97. Megger pada sistem tiga phasa	161
Gambar 98. Pengujian dengan megger untuk kumparan motor	162
Gambar 99. Pengujian dengan megger untuk kumparan motor	162

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hubungan Sisi Kumparan dengan Lamel Belitan Gelung.....	77
2. Hubungan Sisi Kumparan dengan Lamel Belitan Gelombang	79
3. Memperlihatkan jenis kehilangan untuk motor induksi.....	103
4. Diameter dalam minimum conduit listrik untuk pemasangan Konduktor rumah berisolasi PVC (NYA)	166

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) 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.

Penyusunan modul diklat PKB bagi guru dan tenaga kependidikan ini merupakan acuan bagi penyelenggara pendidikan dan pelatihan dalam melaksanakan kegiatan pelatihan yang diperlukan guru dalam melaksanakan kegiatan PKB.

Kegiatan PKB dilaksanakan oleh guru dan tenaga kependidikan didasarkan profil kinerja guru dan tenaga kependidikan sebagai tindak lanjut hasil dari pelaksanaan uji kompetensi guru dan tenaga kependidikan. Hasil uji kompetensi ini menentukan kegiatan PKB guru yang harus dilaksanakan dan didukung dengan modul-modul sesuai dengan kebutuhan pelatihan guru.

B. TUJUAN

Tujuan disusunnya modul diklat PKB ini adalah memberikan pemahaman bagi peserta diklat tentang konsep dasar dan penguasaan materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu. Secara khusus tujuan penyusunan modul ini adalah memberikan informasi awal tentang:

1. Berbagai kegiatan pembelajaran untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.
2. Jenis-jenis motor listrik.
3. Pengontrolan motor listrik menggunakan PLC.
4. Rangkaian komponen instalasi motor listrik sesuai standar.
5. Kesalahan secara sistematis tentang penggunaan peralatan instalasi motor listrik sesuai standar PUIL/SNI

C. PETA KOMPETENSI

MODUL DIKLAT PKB LEVEL 7 TEKNIK PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK

Jenjang Sekolah :SMK

Program Keahlian/Mapel :Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik

Kompetensi Utama	Standar Kompetensi Guru		Indikator Pencapaian Kompetensi	Materi Modul	Grade																
	Kompetensi Inti	Kompetensi Mapel			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
Pedagogik	1. Memfasilitasi pengembangan potensi peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimiliki.	1.1 Menyediakan berbagai kegiatan pembelajaran untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.	<p>1.1.1 Berbagai kegiatan pembelajaran melalui program ekstrakurikuler diidentifikasi untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.</p> <p>1.1.2 Berbagai kegiatan pembelajaran melalui program ekstrakurikuler dirancang untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetensi pendidik • Macam-macam kegiatan pembelajaran • Kegiatan ekstrakurikuler • Prestasi peserta didik 							v										
Profesional	1. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.	<p>1.1 Mengevaluasi ketentuan/peraturan instalasi pengontrolan motor listrik sesuai standar PUIL/SNI.</p> <p>1.2 Memeriksa instalasi motor listrik sesuai standar PUIL/SNI</p>	<p>1.1.1 Mengidentifikasi jenis-jenis motor listrik sesuai standar industri.</p> <p>1.1.2 Menganalisis nameplat motor listrik.</p> <p>1.1.3 Menentukan konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor listrik.</p> <p>1.1.4 Menentukan komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor listrik dengan pemograman (PLC).</p> <p>2.2.1 Memasang rangkaian komponen instalasi motor listrik sesuai standar.</p> <p>2.2.2 Menemukan kesalahan secara sistematis tentang penggunaan peralatan instalasi motor listrik sesuai standar PUIL/SNI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis- jenis motor listrik sesuai standar industry • Nameplat motor listrik • Konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor listrik • Komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor listrik dengan pemograman (PLC) • Rangkaian komponen instalasi motor listrik sesuai standard • Kesalahan-kesalahan penggunaan peralatan instalasi motor listrik sesuai standard PUIL / SNI 							v										

D. RUANG LINGKUP

Modul diklat PKB ini berisi rangkaian kegiatan pembelajaran selama mengikuti pendidikan dan pelatihan pasca Uji Kompetensi Guru (UKG), khususnya pendidikan dan pelatihan pada grade/ level 6 untuk program keahlian Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik. Modul ini mencakup 3 kegiatan pembelajaran, pertama pedagogik. Kedua profesional yang terdiri dari dua kegiatan pembelajaran. Cakupan materi pedagogik meliputi : karakteristik peserta didik dari aspek fisik, moral, spiritual, sosial, kultural, emosional, dan intelektual, latar belakang sosial budaya, serta membahas tentang kesulitan belajar yang dialami siswa. Cakupan materi profesional mencakup : Jenis-jenis motor listrik sesuai standar industry, Nameplat motor listrik, Konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor listrik, Komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor listrik dengan pemograman (PLC), Rangkaian komponen instalasi motor listrik sesuai standar, Kesalahan secara sistematis tentang penggunaan peralatan instalasi motor listrik sesuai standar PUIL/SNI

E. SARAN CARA PENGGUNAAN MODUL

1. Petunjuk Bagi Peserta Diklat

- a. Bacalah bahan ajar secara seksama pada setiap kegiatan belajar, bila ada uraian yang kurang jelas silakan bertanya pada instruktur.
- b. Kerjakan setiap latihan/tugas pada setiap kegiatan belajar, untuk mengetahui seberapa besar pemahaman saudara terhadap materi yang disampaikan, klarifikasi hasil jawaban saudara pada kunci jawaban yang ada.
- c. Lakukan latihan dengan cermat, teliti dan hati-hati. Jangan melakukan pekerjaan yang belum anda pahami dengan benar.

2. Petunjuk Bagi Instruktur

Instruktur bertindak sebagai fasilitator, motivator, organisator dan evaluator. jadi instruktur berperan :

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

Kegiatan Pembelajaran 1

Kegiatan Pembelajaran KB-1 Pengembangan Kegiatan Ekstrakurikuler

A. Tujuan

Tujuan dari kegiatan pembelajaran ini adalah :

1. Peserta diklat dapat mengidentifikasi berbagai kegiatan pembelajaran program ekstrakurikuler untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.
2. Peserta diklat dapat merancang berbagai kegiatan pembelajaran program ekstrakurikuler untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi adalah :

1. Berbagai kegiatan pembelajaran melalui program ekstrakurikuler diidentifikasi untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.
2. Berbagai kegiatan pembelajaran melalui program ekstrakurikuler dirancang untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1 :

Macam-macam metode Pembelajaran

1. Metode ceramah

Metode ceramah ini dilakukan dengan cara menyampaikan materi pelajaran kepada peserta didik secara langsung atau dengan cara lisan. Penggunaan metode ini sifatnya sangat praktis dan efisien bagi pemberian pengajaran yang bahannya banyak dan mempunyai banyak peserta didik.

Metode ceramah merupakan cara mengajar yang paling tradisional dan telah lama dijalankan dalam sejarah pendidikan, oleh karena itu metode ini boleh dikatakan sebagai metode pengajaran tradisional karena sejak dulu metode ini digunakan sebagai alat komunikasi guru dalam menyampaikan materi pelajaran.

a. Prinsip-Prinsip Metode Ceramah

1) Berorientasi pada Tujuan

Walaupun penyampaian materi pelajaran merupakan ciri utama dalam strategi pembelajaran ceramah melalui metode ceramah, namun tidak berarti proses penyampaian materi tanpa tujuan pembelajaran. Justru tujuan itulah yang harus menjadi pertimbangan utama dalam penggunaan strategi ini. Karena itu sebelum strategi ini diterapkan terlebih dahulu guru harus merumuskan tujuan pembelajaran secara jelas dan terukur. Seperti kriteria pada umumnya, tujuan pembelajaran harus dirumuskan dalam bentuk tingkah laku yang dapat diukur atau berorientasi pada kompetensi yang harus dicapai oleh siswa.

2) Prinsip Komunikasi

Proses pembelajaran dapat dikatakan sebagai proses komunikasi, yang menunjuk pada proses penyampaian pesan dari seseorang (sumber pesan) kepada seseorang atau sekelompok orang (penerima pesan). Pesan yang ingin disampaikan dalam hal ini adalah materi pelajaran yang diorganisir dan disusun sesuai dengan tujuan tertentu yang ingin dicapai. Dalam proses komunikasi guru berfungsi sebagai sumber pesan dan siswa berfungsi sebagai penerima pesan.

3) Prinsip Kesiapan

Siswa dapat menerima informasi sebagai stimulus yang kita berikan, terlebih dahulu, siswa harus dalam keadaan siap baik secara fisik maupun psikis untuk menerima pelajaran.

Ada beberapa cara dan strategi guru sehingga siswa siap menerima pelajaran. **Pertama**, ciptakan suasana belajar yang nyaman sehingga siswa tidak merasa tertekan dan merasa diwajibkan untuk menghadapi pelajaran. **Kedua**, dalam memberikan apersepsi, guru menyiapkan materi apersepsi yang menarik dan kontekstual sesuai dengan keadaan

lingkungan sekitar siswa. **Ketiga**, guru meminta siswa untuk terlebih dahulu mempersiapkan materi yang akan diajarkan dalam bentuk tugas mandiri yang dapat dikerjakan siswa di rumah dengan mencari informasi dari lingkungan sekitar.

4) Prinsip Berkelanjutan

Proses pembelajaran ceramah harus dapat mendorong siswa untuk mau mempelajari materi pelajaran lebih lanjut. Pembelajaran bukan hanya berlangsung pada saat itu, akan tetapi juga untuk waktu selanjutnya. Ceramah yang berhasil adalah manakala melalui proses penyampaian dapat membawa siswa pada situasi ketidakseimbangan (disequilibrium), sehingga mendorong mereka untuk mencari dan menemukan atau menambah wawasan melalui proses belajar mandiri. Keberhasilan penggunaan strategi ceramah sangat tergantung pada kemampuan guru untuk bertutur atau menyampaikan materi pelajaran.

b. Langkah-Langkah Menggunakan Metode Ceramah

Agar metode ceramah berhasil, maka ada beberapa hal yang harus dilakukan, baik pada tahap persiapan maupun pada tahap pelaksanaan :

1) Tahap Persiapan

Pada tahap ini yang harus dilakukan adalah :

- Merumuskan tujuan yang ingin dicapai.
- Menentukan pokok-pokok materi yang akan diceramahkan.
- Mempersiapkan alat bantu.

2) Tahap Pelaksanaan

Pada tahap ini ada tiga langkah yang harus dilakukan:

- Langkah Pembukaan
- Langkah Penyajian
- Langkah Mengakhiri atau Menutup Ceramah

Metode ceramahnya akan berhasil baik, bila didukung oleh metode-metode lainnya, misalnya tanya jawab, tugas, latihan dan lain-lain. Metode ceramah itu wajar dilakukan bila : (a) ingin mengajarkan topik baru, (b) tidak ada sumber bahan pelajaran pada siswa, (c) menghadapi sejumlah siswa yang cukup banyak.

c. Kelebihan dan Kekurangan Metode Ceramah

• Kelebihan

- 1) Murah dalam arti proses ceramah tidak memerlukan peralatan-peralatanyang lengkap, berbeda dengan metode yang lain seperti demonstrasi atau peragaan. Sedangkan mudah, memang ceramah hanya mengandalkan suara guru, dengan demikian tidak terlalu memerlukan persiapan yang rumit.
- 2) Ceramah dapat menyajikan materi pelajaran yang luas. Artinya, materi pelajaran yang banyak dapat dirangkum atau dijelaskan pokok-pokoknya oleh guru dalam waktu yang singkat.
- 3) Ceramah dapat memberikan pokok-pokok materi yang perlu ditonjolkan. Artinya, guru dapat mengatur pokok-pokok materi yang mana yang perlu ditekankan sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang ingin dicapai.
- 4) Melalui ceramah, guru dapat mengontrol keadaan kelas, oleh karena sepenuhnya kelas merupakan tanggung jawab guru yang memberikan ceramah.
- 5) Organisasi kelas dengan menggunakan ceramah dapat diatur menjadi lebih sederhana. Ceramah tidak memerlukan setting kelas yang beragam, atau tidak memerlukan persiapan-persiapan yang rumit. Asal siswa dapat menempati tempat duduk untuk mendengarkan guru, maka ceramah sudah dapat dilakukan.

• Kelemahan

- a) Materi yang dapat dikuasai siswa sebagai hasil dari ceramah akan terbatas pada apa yang dikuasai guru. Kelemahan ini memang kelemahan yang paling dominan, sebab apa yang diberikan guru adalah apa yang dikuasainya, sehingga apa yang dikuasai siswa pun akan tergantung pada apa yang dikuasai guru.
- b) Ceramah yang tidak disertai dengan peragaan dapat mengakibatkan terjadinya verbalisme.
- c) Guru yang kurang memiliki kemampuan bertutur yang baik, ceramah sering dianggap sebagai metode yang membosankan. Sering terjadi, walaupun secara fisik siswa ada di dalam kelas, namun secara mental siswa sama sekali tidak mengikuti jalannya proses pembelajaran; pikirannya melayang

ke mana-mana, atau siswa mengantuk, oleh karena gaya bertutur guru tidak menarik.

- d) Melalui ceramah, sangat sulit untuk mengetahui apakah seluruh siswa sudah mengerti apa yang dijelaskan atau belum. Walaupun ketika siswa diberikesempatan untuk bertanya, dan tidak ada seorang pun yang bertanya, semua itu tidak menjamin siswa seluruhnya sudah paham.

2. Metode diskusi

Metode diskusi adalah metode pembelajaran yang menghadapkan siswa pada suatu permasalahan. Tujuan utama metode ini adalah untuk memecahkan suatu permasalahan, menjawab pertanyaan, menambah dan memahami pengetahuan siswa, serta untuk membuat suatu keputusan. Karena itu, diskusi bukanlah debat yang bersifat mengadu argumentasi. Diskusi lebih bersifat bertukar pengalaman untuk menentukan keputusan tertentu secara bersama-sama. Selama ini banyak guru yang merasa keberatan untuk menggunakan metode diskusi dalam proses pembelajaran.

a. Prinsip-Prinsip Metode Diskusi

Metode diskusi juga dimaksudkan untuk dapat merangsang siswa dalam belajar secara kritis dan mengeluarkan pendapatnya secara rasional dan objektif dalam pemecahan suatu masalah. Prinsip-prinsip yang perlu dipegangi dalam melakukan diskusi antara lain :

- 1) Melibatkan siswa secara aktif dalam diskusi yang diadakan.
- 2) Diperlukan ketertiban dan keteraturan dalam mengemukakan pendapat secara bergilir dipimpin seorang ketua atau moderator.
- 3) Masalah yang didiskusikan disesuaikan dengan perkembangan dan kemampuan anak.
- 4) Guru berusaha mendorong siswanya yang kurang aktif untuk melakukan atau mengeluarkan pendapatnya.
- 5) Siswa dibiasakan menghargai pendapat orang lain dalam menyetujui atau menentang pendapat.

- 6) Aturan dan jalannya diskusi hendaknya dijelaskan kepada siswa yang masih belum mengenal tatacara berdiskusi agar mereka dapat secara lancer mengikutinya.

Tetapi perlu diingat bahwa tidak semua persoalan dapat didiskusikan, persoalan yang layak didiskusikan ialah mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- 1) Menarik minat siswa yang sesuai dengan tarafnya.
- 2) Mempunyai kemungkinan-kemungkinan jawaban lebih dari sebuah yang dapat dipertahankan kebenarannya.
- 3) Pada umumnya tidak menanyakan “manakah jawaban yang benar”, tetapi lebih mengutamakan hal yang mempertimbangkan dan membandingkan.

b. Langkah-Langkah Penggunaan Metode Diskusi

Agar penggunaan diskusi berhasil dengan efektif, maka perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Langkah Persiapan
 - Merumuskan tujuan yang ingin dicapai, baik tujuan yang bersifat umum maupun tujuan khusus.
 - Menentukan jenis diskusi yang dapat dilaksanakan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.
 - Menetapkan masalah yang akan dibahas.
 - Mempersiapkan segala sesuatu yang berhubungan dengan teknis pelaksanaan diskusi.
- 2) Pelaksanaan Diskusi
 - Memeriksa segala persiapan yang dianggap dapat memengaruhi kelancaran diskusi.
 - memberikan pengarahan sebelum dilaksanakan diskusi. melaksanakan diskusi sesuai dengan aturan main yang telah ditetapkan.
 - memberikan kesempatan yang sama kepada setiap peserta diskusi untuk mengeluarkan gagasan dan ide-idenya.

- Mengendalikan pembicaraan kepada pokok persoalan yang sedang dibahas.
- 3) Menutup Diskusi
- Membuat pokok-pokok pembahasan sebagai kesimpulan sesuai dengan hasil diskusi.
 - me-review jalannya diskusi dengan meminta pendapat dari seluruh peserta sebagai umpan balik untuk perbaikan selanjutnya.

c. Kelebihan dan Kekurangan Metode Diskusi

Ada beberapa kelebihan metode diskusi yang diterapkan dalam kegiatan belajar mengajar :

- 1) Metode diskusi dapat merangsang siswa untuk lebih kreatif khususnya dalam memberikan gagasan dan ide-ide.
- 2) Dapat melatih untuk membiasakan diri bertukar pikiran dalam mengatasi setiap permasalahan.
- 3) Dapat melatih siswa untuk dapat mengemukakan pendapat atau gagasan secara verbal.

Kelemahan metode diskusi diantaranya :

- 1) Sering terjadi pembicaraan dalam diskusi dikuasai oleh dua atau tiga orang siswa yang memiliki keterampilan berbicara.
- 2) Kadang-kadang pembahasan dalam diskusi meluas sehingga kesimpulan menjadi kabur.
- 3) Memerlukan waktu yang cukup panjang yang kadang-kadang tidak sesuai dengan yang direncanakan.

Dalam kondisi sering terjadi kondisi perbedaan pendapat yang bersifat emosional yang tidak terkontrol, akibatnya kadang-kadang ada pihak yang merasa tersinggung sehingga dapat mengganggu iklim pembelajaran.

3. Metode Demonstrasi

Demonstrasi adalah metode yang digunakan untuk membelajarkan peserta dengan cara menceritakan dan memperagakan suatu langkah-langkah pengerjaan sesuatu. Demonstrasi merupakan praktek yang diperagakan

kepada peserta. Karena itu, demonstrasi dapat dibagi menjadi dua tujuan: demonstrasi proses untuk memahami langkah demi langkah; dan demonstrasi hasil untuk memperlihatkan atau memperagakan hasil dari sebuah proses. Biasanya, setelah demonstrasi dilanjutkan dengan praktek oleh peserta didik itu sendiri. Sebagai hasil, peserta didik akan memperoleh pengalaman belajar langsung setelah melihat, melakukan, dan merasakan sendiri.

a. Prinsip-Prinsip Metode Demonstrasi

- 1) Menciptakan suasana/hubungan baik dengan siswa sehingga ada keinginan dan kemauan dari siswa untuk menyaksikan apa yang didemonstrasikan.
- 2) Mengusahakan agar demonstrasi itu dapat jelas bagi siswa yang sebelumnya tidak memahami, mengingat siswa belum tentu dapat memahami apa yang dimaksud dalam demonstrasi karena keterbatasan daya ingat.
- 3) Memikirkan dengan cermat sebelum mendemonstrasikan suatu pokok bahasan/topik tertentu tentang adanya kesulitan yang akan ditemui siswa sambil memikirkan dan mencari cara untuk mengatasinya.

b. Aspek penting dalam metode demonstrasi :

- 1) Demonstrasi akan menjadi metode yang tidak wajar bila alat yang digunakan untuk mendemonstrasikan tidak dapat diamati dengan seksama oleh siswa.
- 2) Demonstrasi menjadi kurang efektif bila tidak diikuti oleh aktivitas di mana siswa sendiri dapat ikut memperhatikan dan menjadikan aktivitas mereka sebagai pengalaman yang berharga;
- 3) Tidak semua hal yang didemonstrasikan di dalam kelas, misal alat terlalu besar.
- 4) Hendaknya dilakukan dalam hal-hal yang bersifat praktis.
- 5) Sebagai pendahuluan, berilah pengertian dan landasan teori dari apa yang akan didemonstrasikan.
- 6) Persiapan dan perencanaan yang matang.

- 7) Metode belajar sebagai tindakan dan langkah konkrit tidak dapat lepas dari filosofi yang mendasarinya.

Dasar filosofi ini bersifat lebih abstrak yang melihat totalitas manusia sebagai pelaksana pendidikan baik sebagai pendidik maupun peserta didik. Sebagai pendidik, manusia mempunyai tanggung jawab untuk mentransfer dan mengembangkan ilmu pengetahuan, sikap, nilai serta keterampilan pada peserta didik.

c. Langkah-Langkah Penggunaan Metode Demonstrasi

1) Tahap Persiapan

- Rumuskan tujuan yang harus dicapai oleh siswa setelah proses demonstrasi berakhir.
- Persiapkan garis besar langkah-langkah demonstrasi yang akan dilakukan.
- Lakukan uji coba demonstrasi.

2) Tahap Pelaksanaan

a) Langkah pembukaan,

Sebelum demonstrasi dilakukan ada beberapa hal yang harus diperhatikan, di antaranya :

- Aturlah tempat duduk yang memungkinkan semua siswa dapat memperhatikan dengan jelas apa yang didemonstrasikan.
- Kemukakan tujuan apa yang harus dicapai oleh siswa.
- Kemukakan tugas-tugas apa yang harus dilakukan oleh siswa, misalnya siswa ditugaskan untuk mencatat hal-hal yang dianggap penting dari pelaksanaan demonstrasi.

b) Langkah pelaksanaan demonstrasi,

- Mulailah demonstrasi dengan kegiatan-kegiatan yang merangsang siswa untuk berpikir, misalnya melalui pertanyaan-pertanyaan yang mengandung teka-teki sehingga mendorong siswa untuk tertarik memperhatikan demonstrasi.
- Ciptakan suasana yang menyejukkan dengan menghindari suasana yang menegangkan.

- Yakinkan bahwa semua siswa mengikuti jalannya demonstrasi dengan memerhatikan reaksi seluruh siswa.
- Berikan kesempatan kepada siswa untuk secara aktif memikirkan lebih lanjut sesuai dengan apa yang dilihat dari proses demonstrasi itu.

c) Langkah mengakhiri demonstrasi,

Apabila demonstrasi selesai dilakukan, proses pembelajaran perlu diakhiri dengan memberikan tugas-tugas tertentu yang ada kaitannya dengan pelaksanaan demonstrasi dan proses pencapaian tujuan pembelajaran. Hal ini diperlukan untuk meyakinkan apakah siswa memahami proses demonstrasi itu atau tidak. Selain memberikan tugas yang relevan, ada baiknya guru dan siswa melakukan evaluasi bersama tentang jalannya proses demonstrasi itu untuk perbaikan selanjutnya.

d. Kelebihan dan Kekurangan Metode Demonstrasi

Kelebihan-kelebihan metode demonstrasi adalah :

- 1) Perhatian murid dapat dipusatkan kepada hal-hal yang dianggap penting oleh guru sehingga hal yang penting itu dapat diamati.
- 2) Dapat membimbing murid ke arah berpikir yang sama dalam satu saluran pikiran yang sama.
- 3) Ekonomis dalam jam pelajaran di sekolah dan ekonomis dalam waktu yang panjang dapat diperlihatkan melalui demonstrasi dengan waktu yang pendek.
- 4) Dapat mengurangi kesalahm-kesalahan bila dibandingkan dengan hanya membaca atau mendengarkan, karena murid mendapatkan gambaran yang jelas dari hasil pengamatannya.
- 5) Karena gerakan dan proses dipertunjukkan maka tidak memerlukan keterangan-keterangan yang banyak.
- 6) Beberapa persoalan yang menimbulkan pertanyaan atau keraguan dapat diperjelas waktu proses demonstrasi.

Kekurangan-kekurangan metode demonstrasi adalah :

- 1) Metode ini memerlukan keterampilan guru secara khusus, karena tanpa ditunjang dengan hal itu, pelaksanaan demonstrasi akan tidak efektif.

- 2) Fasilitas seperti peralatan, tempat, dan biaya yang memadai tidak selalu tersedia dengan baik.
- 3) Demonstrasi memerlukan kesiapan dan perencanaan yang matang di samping memerlukan waktu yang cukup panjang, yang mungkin terpaksa mengambil waktu atau jam pelajaran lain.

4. Metode Tanya Jawab

Metode Tanya jawab adalah penyampaian pesan pengajaran dengan cara mengajukan pertanyaan-pertanyaan dan siswa memberikan jawaban atau sebaliknya siswa diberi kesempatan bertanya dan guru menjawab pertanyaan-pertanyaan. Metode tanya jawab adalah suatu metode dalam pendidikan dan pengajaran dimana guru bertanya dan murid-murid menjawab bahan materi yang diperolehnya. Metode ini memungkinkan terjadinya komunikasi langsung antara pendidik dan peserta didik, bisa dalam bentuk pendidik bertanya dan peserta didik menjawab atau dengan sebaliknya.

a. Langkah-Langkah Penggunaan Metode Tanya Jawab

- 1) Persiapan
 - Menentukan topik
 - merumuskan tujuan pembelajaran khusus (TPK)
 - menyusun pertanyaan-pertanyaan secara tepat sesuai dengan TPK tertentu
 - mengidentifikasi pertanyaan-pertanyaan yang mungkin diajukan siswa
- 2) Pelaksanaan
 - Menjelaskan kepada siswa tujuan pembelajaran khusus (TPK).
 - Mengkomunikasikan penggunaan metode tanya jawab (siswa tidak hanya bertanya tetapi juga menjawab pertanyaan guru maupun siswa yang lain).
 - Guru memberikan permasalahan sebagai bahan apersepsi.
 - Guru mengajukan pertanyaan keseluruhan kelas.
 - Guru harus memberikan waktu yang cukup untuk memikirkan jawabannya, sehingga dapat merumuskan secara sistematis

- Tanya jawab harus berlangsung dalam suasana tenang, dan bukan dalam suasana yang tegang dan persaingan yang tak sehat di antara parasiswa.
- Pertanyaan dapat ditujukan pada seorang siswa atau seluruh kelas, guru perlu menggugah siswa yang pemalu atau pendiam, sedangkan siswa yang pandai dan berani menjawab perlu dikendalikan untuk memberi kesempatan pada yang lain.
- Guru mengusahakan agar setiap pertanyaan hanya berisi satu masalah saja.
- Pertanyaan ada beberapa macam, yaitu pertanyaan pikiran, pertanyaan mengungkapkan kembali pengetahuan yang dikuasai, dan pertanyaan yang meminta pendapat, perasaan, sikap, serta pertanyaan yang hanya mengungkapkan fakta-fakta saja.

Beberapa cara mengajukan pertanyaan :

- Gunakan variasi pertanyaan yang terbuka dan tertutup.
- Gunakan bahasa yang baik dan benar serta pilihlah kata-kata secara cermat.
- Dengarkan baik-baik jawaban anak-anak.
- Sikap mengatakan dengan kata-kata lain pertanyaan-pertanyaan anak dan mengarahkannya kembali.
- Jaga pertanyaan supaya pendek dan sederhana.
- Mulailah dari apa yang sudah diketahui murid-murid.
- Akui bila anda sendiri tidak tahu, tetapi kemudian usahakan mendapatkan jawabannya.
- Angkat tangan dan seorang tiap kali untuk mendapat jawaban.
- Berikan setiap orang kesempatan untuk menjawab pada waktu tertentu.
- Waspada terhadap pengalihan perhatian atau jawaban yang "tidak tepat" dan usahakan untuk meredamnya.
- Gunakan kata-kata yang sederhana dan mudah dimengerti.
- Jagalah agar pertanyaan itu singkat.

b. Kelebihan dan Kekurangan Metode Tanya Jawab

Kelebihan dari metode tanya jawab adalah :

- 1) Pertanyaan menarik dapat menarik dan memusatkan perhatian siswa, sekalipun ketika siswa sedang ribut, yang mengantuk kembali tegar dan hilang kantuknya.
- 2) Merangsang siswa untuk melatih dan mengembangkan cara berpikir, termasuk daya ingatan.
- 3) Mengembangkan keberanian dan keterampilan siswa dalam menjawab dan mengemukakan pendapat.

Adapun kekurangan dari metode tanya jawab ini adalah :

- 1) Siswa merasa takut, apalagi bila kurang dapat mendorong siswa untuk berani, dengan menciptakan suasana yang tidak tegang, melainkan akrab.
- 2) Tidak mudah membuat pertanyaan yang sesuai dengan tingkat berpikir dan mudah dipahami siswa.
- 3) Waktu sering banyak terbuang, terutama apabila siswa tidak dapat menjawab pertanyaan sampai dua atau tiga orang.
- 4) Dalam jumlah siswa yang banyak, tidak mungkin cukup waktu untuk memberikan pertanyaan kepada setiap siswa.

5. Metode Resitasi

Metode Pembelajaran Resitasi adalah suatu metode pengajaran dengan mengharuskan siswa membuat resume dengan kalimat sendiri.

Kelebihan metode resitasi adalah :

- 1) Pengetahuan yang diperoleh peserta didik dari hasil belajar sendiri akan dapat diingat lebih lama.
- 2) Peserta didik memiliki peluang untuk meningkatkan keberanian, inisiatif, bertanggung jawab dan mandiri.

Kelemahan metode resitasi adalah :

- 1) Kadang kala peserta didik melakukan penipuan yakni peserta didik hanya meniru hasil pekerjaan orang lain tanpa mau bersusah payah mengerjakan sendiri.
- 2) Kadang kala tugas dikerjakan oleh orang lain tanpa pengawasan

- 3) Sukar memberikan tugas yang memenuhi perbedaan individual.

6. Metode Eksperimental

Metode pembelajaran eksperimental adalah suatu cara pengelolaan pembelajaran di mana siswa melakukan aktivitas percobaan dengan mengalami dan membuktikan sendiri suatu yang dipelajarinya. Dalam metode ini siswa diberi kesempatan untuk mengalami sendiri atau melakukan sendiri dengan mengikuti suatu proses, mengamati suatu obyek, menganalisis, membuktikan dan menarik kesimpulan sendiri tentang obyek yang dipelajarinya.

7. Metode Study Tour (Karya wisata)

Metode study tour Study tour (karya wisata) adalah metode mengajar dengan mengajak peserta didik mengunjungi suatu objek guna memperluas pengetahuan dan selanjutnya peserta didik membuat laporan dan mendiskusikan serta membukukan hasil kunjungan tersebut dengan didampingi oleh pendidik.

8. Metode Latihan Keterampilan

Metode latihan keterampilan (*drill method*) adalah suatu metode mengajar dengan memberikan pelatihan keterampilan secara berulang kepada peserta didik, dan mengajaknya langsung ketempat latihan keterampilan untuk melihat proses tujuan, fungsi, kegunaan dan manfaat sesuatu (misal: membuat tas dari mute). Metode latihan keterampilan ini bertujuan membentuk kebiasaan atau pola yang otomatis pada peserta didik.

9. Metode Pengajaran Beregu

Metode pembelajaran beregu adalah suatu metode mengajar dimana pendidiknya lebih dari satu orang yang masing-masing mempunyai tugas. Biasanya salah seorang pendidik ditunjuk sebagai kordinator. Cara pengujiannya, setiap pendidik membuat soal, kemudian digabung. Jika ujian lisan maka setiap siswa yang diuji harus langsung berhadapan dengan team pendidik tersebut

10. Peer Teaching Method

Metode Peer Teaching sama juga dengan mengajar sesama teman, yaitu suatu metode mengajar yang dibantu oleh temannya sendiri.

11. Metode Pemecahan Masalah (*problem solving method*)

Metode *problem solving* (metode pemecahan masalah) bukan hanyasekadar metode mengajar, tetapi juga merupakan suatu metode berpikir, sebab dalam *problem solving* dapat menggunakan metode-metode lainnya yang dimulainya mencari data sampai pada menarik kesimpulan.

Metode *problem solving* merupakan metode yang merangsang berfikir dan menggunakan wawasan tanpa melihat kualitas pendapat yang disampaikan oleh siswa. Seorang guru harus pandai-pandai merangsang siswanya untuk mencoba mengeluarkan pendapatnya.

12. Project Method

Project Method adalah metode perancangan adalah suatu metode mengajar dengan meminta peserta didik merancang suatu proyek yang akan diteliti sebagai obyek kajian.

13. Taileren Method

Teileren Method yaitu suatu metode mengajar dengan menggunakan sebagian-sebagian, misalnya ayat per ayat kemudian disambung lagi dengan ayat lainnya yang tentunya berkaitan dengan masalahnya

14. Metode Global (*ganze method*)

Metode Global yaitu suatu metode mengajar dimana siswa disuruh membaca keseluruhan materi, kemudian siswa meresume apa yang dapat mereka serap atau ambil intisari dari materi tersebut.

Bahan Bacaan 2 :

1. Kegiatan ekstrakurikuler

Kegiatan ekstrakurikuler yang sering juga disebut ekstrakurikuler merupakan kegiatan tambahan di suatu lembaga pendidikan, yang dilaksanakan diluar kegiatan kurikuler. Pengembangan diri bukan merupakan mata pelajaran yang harus diajarkan oleh guru. Pengembangan diri bertujuan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan dan mengekspresikan diri sesuai dengan kebutuhan, bakat dan minat setiap peserta didik sesuai dengan kondisi sekolah.

Kegiatan pengembangan diri difasilitasi dan atau dibimbing oleh konselor, guru, atau tenaga kependidikan. Dalam struktur kurikulum pendidikan umum, dijelaskan bahwa pengembangan diri bertujuan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan dan mengekspresikan diri sesuai dengan kebutuhan, bakat dan minat setiap peserta didik sesuai dengan kondisi sekolah.

Pada pendidikan kejuruan kegiatan intrakurikuler bertujuan untuk meningkatkan kecerdasan, pengetahuan, kepribadian, akhlak mulia serta ketrampilan peserta didik untuk hidup mandiri dan mengikuti pendidikan lebih lanjut sesuai dengan program kejuruannya. Agar dapat bekerja secara efektif serta mengembangkan keahlian dan ketrampilan, mereka harus memiliki stamina yang tinggi, menguasai bidang keahliannya dan dasar-dasar ilmu pengetahuan dan teknologi, memiliki etos kerja yang tinggi, dan mampu berkomunikasi sesuai dengan tuntutan pekerjaannya, serta memiliki kemampuan mengembangkan diri.

Adapun format kegiatan ekstra kurikuler di sekolah dilakukan dalam bentuk:

- Individual, yaitu format kegiatan ekstra kurikuler yang diikuti peserta didik secara perorangan.
- Kelompok, yaitu format kegiatan ekstra kurikuler yang diikuti oleh kelompok-kelompok peserta didik.
- Klasikal, yaitu format kegiatan ekstra kurikuler yang diikuti peserta didik dalam satu kelas.
- Gabungan, yaitu format kegiatan ekstra kurikuler yang diikuti peserta didik antar kelas / antar sekolah.

- Lapangan, yaitu format kegiatan ekstra kurikuler yang diikuti seorang atau sejumlah peserta didik melalui kegiatan di luar kelas atau kegiatan lapangan

a. Manfaat dan Prinsip-Prinsip Program Ekstrakurikuler

Kegiatan ekstrakurikuler yang diselenggarakan sekolah, tentunya membawa manfaat, baik bagi siswa, sekolah, pendidikan, maupun bagi masyarakat luas. Secara terinci manfaat kegiatan ekstrakurikuler sebagai berikut :

Manfaat kegiatan ekstrakurikuler bagi siswa :

- 1) Untuk memberikan kesempatan bagi pemantapan ketertarikan yang telah tertanam serta pembangunan ketertarikan yang baru.
- 2) Untuk memeberikan pendidikan sosial melalui pengalaman dan pengamatan, terutama dalam hal perilaku kepemimpinan, persahabatan, kerjasama, dan kemandirian.
- 3) Untuk membangun semangat dan mentalitas bersekolah.
- 4) Untuk memberikan kepuasan bagi perkembangan jiwa anak atau pemuda.
- 5) Untuk mendorong pembangunan jiwa dan moralitas.
- 6) Untuk menguatkan kekuatan mental dan jiwa siswa.
- 7) Untuk memberikan kesempatan bergaul bagi siswa.
- 8) Untuk memperluas interaksi siswa.
- 9) Untuk memberikan kesempatan kepada siswa dalam melatih kapasitas kreativitas mereka lebih mendalam.

Manfaat kegiatan ekstrakurikuler bagi pengembangan kurikulum :

- 1) Untuk memberikan tambahan pengayaan pengalaman di kelas.
- 2) Untuk mengeksplorasi pengalaman belajar yang baru yang mungkin menunjang kurikulum.
- 3) Untuk memberikan tambahan kesempatan dalam bimbingan kelompok ataupun individu.
- 4) Untuk memberikan motivasi dalam proses pembelajaran di kelas.

Manfaat kegiatan ekstrakurikuler bagi masyarakat :

- 1) Untuk mempromosikan sekolah yang lebih baik dan hubungan masyarakat.
- 2) Untuk meningkatkan ketertarikan yang besar pada masyarakat dan dorongan mereka kepada sekolah.

Manfaat kegiatan ekstrakurikuler bagi sekolah :

- 1) Untuk membantu perkembangan kerjasama kelompok yang lebih efektif antara personel dan penanggung jawab akademis siswa.
- 2) Untuk mengintegrasikan lebih dekat beberapa devisi di sekolah.
- 3) Untuk menyediakan sedikit peluang yang dirancang untuk membantu siswa dalam memanfaatkan situasi guna memecahkan masalah yang dihadapi.

b. Prinsip-Prinsip Program Ekstrakurikuler

Dengan berpedoman kepada tujuan dan maksud kegiatan ekstrakurikuler di sekolah dapat ditetapkan prinsip-prinsip program ekstrakurikuler. Profesional prinsip program ekstrakurikuler adalah :

- a. Semua murid, guru, dan personel administrasi hendaknya ikut serta dalam usaha meningkatkan program.
- b. Kerjasama dalam tim adalah fundamental.
- c. Pembatasan-pembatasan untuk partisipasi hendaknya dihindarkan.
- d. Proses adalah lebih penting daripada hasil.
- e. Program hendaknya cukup komprehensif dan seimbang dapat memenuhi kebutuhan dan minat semua siswa.
- f. Program hendaknya memperhitungkan kebutuhan khusus sekolah.
- g. Program harus dinilai berdasarkan sumbangannya kepada nilai-nilai pendidikan di sekolah dan efisiensi pelaksanaannya.
- h. Kegiatan ini hendaknya menyediakan sumber-sumber motivasi yang kaya bagi pengajaran kelas, sebaliknya pengajaran kelas hendaknya juga menyediakan sumber motivasi yang kaya bagi kegiatan murid.
- i. Kegiatan ekstrakurikuler ini hendaknya dipandang sebagai integral dari kesekuruhan program pendidikan di sekolah, tidak sekedar tambahan atau sebagai kegiatan yang berdiri sendiri.

Dalam usaha membina dan mengembangkan program ekstrakurikuler ada hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu diantaranya sebagai berikut :

- a. Materi kegiatan yang dapat memberikan pengayaan bagi siswa.
- b. Sejauh mana mungkin tidak terlalu membebani siswa.
- c. Memanfaatkan potensi alam lingkungan.
- d. Memanfaatkan kegiatan-kegiatan industri dan dunia usaha.

Pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler di sekolah akan memberikan banyak manfaat tidak hanya terhadap siswa tetapi juga bagi efektivitas penyelenggaraan pendidikan di sekolah.

Begitu banyak fungsi dan makna kegiatan ekstrakurikuler dalam menunjang tercapainya tujuan pendidikan. Hal ini akan terwujud, apabila pengelolaan kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan sebaik-baiknya khususnya pengaturan siswa, peningkatan disiplin siswa dan semua petugas.

Biasanya mengatur siswa di luar jam-jam pelajaran lebih sulit dari mengatur mereka di dalam kelas. Oleh karena itu, pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler melibatkan banyak pihak, memerlukan peningkatan administrasi yang lebih tinggi. Dalam beberapa kegiatan ekstrakurikuler guru terlibat langsung dalam pelaksanaannya. Keterlibatan ini dimaksudkan untuk memberikan pengarahan dan pembinaan juga menjaga agar kegiatan tersebut tidak mengganggu atau merugikan aktivitas akademis. Yang dimaksud dengan pembina ekstrakurikuler adalah guru atau petugas khusus yang ditunjuk oleh kepala sekolah untuk membina kegiatan ekstrakurikuler.

c. Pengelolaan Ekstrakurikuler Siswa

Didalam Pasal 3 Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional menyebutkan bahwa pendidikan nasional bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.

Pengembangan potensi peserta didik sebagaimana dimaksud dalam tujuan pendidikan nasional tersebut dapat diwujudkan melalui kegiatan ekstrakurikuler yang merupakan salah satu kegiatan dalam program

kurikuler. Kegiatan ekstrakurikuler merupakan program kurikuler yang alokasi waktunya tidak ditetapkan dalam kurikulum. Jelasnya bahwa kegiatan ekstrakurikuler merupakan perangkat operasional (*supplement dan complements*) kurikulum, yang perlu disusun dan dituangkan dalam rencana kerja tahunan/kalender pendidikan satuan pendidikan.

Ekstrakurikuler merupakan kegiatan yang baik dan penting karena memberikan nilai tambah bagi para siswa dan dapat menjadi barometer perkembangan/kemajuan sekolah yang sering kali diamati oleh orangtua siswa maupun masyarakat dengan adanya kegiatan ekstra tersebut diharapkan suasana sekolah menjadi lebih hidup.

d. Tujuan, Fungsi dan Ruang Lingkup Kegiatan Ekstrakurikuler

1) Tujuan

Tujuan dari pelaksanaan ekstrakurikuler menurut Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan adalah;

- Meningkatkan kemampuan siswa beraspek kognitif, efektif dan psikomotor.
- Mengembangkan bakat dan minat siswa dalam upaya pembinaan pribadi menuju pembinaan manusia seutuhnya yang positif.
- Dapat mengetahui, mengenal serta membedakan antara hubungan satu pelajaran dengan mata pelajaran lainnya.

Ruang lingkup kegiatan ekstrakurikuler harus berpangkal pada kegiatan yang dapat menunjang serta dapat mendukung program intrakurikuler dan program kurikuler.

2) Fungsi

Fungsi dari kegiatan ekstrakurikuler dalam satuan pendidikan adalah:

- Fungsi pengembangan,
yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler berfungsi untuk mendukung perkembangan personal peserta didik melalui perluasan minat, pengembangan potensi, dan pemberian kesempatan untuk pembentukan karakter dan pelatihan kepemimpinan.
- Fungsi sosial,
yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler berfungsi untuk mengembangkan kemampuan dan rasa tanggung jawab sosial peserta didik. Kompetensi sosial dikembangkan dengan memberikan

kesempatan kepada peserta didik untuk memperluas pengalaman sosial, praktek keterampilan sosial, dan internalisasi nilai moral dan nilai sosial.

- Fungsi rekreatif,
yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilakukan dalam suasana rileks, menggembirakan, dan menyenangkan sehingga menunjang proses perkembangan peserta didik. Kegiatan ekstrakurikuler harus dapat menjadikan kehidupan atau atmosfer sekolah lebih menantang dan lebih menarik bagi peserta didik.
- Fungsi persiapan karir,
yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler berfungsi untuk mengembangkan kesiapan karir peserta didik melalui pengembangan kapasitas.

3) Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari kegiatan ekstrakurikuler adalah:

- Pengembangan pengetahuan dan kemampuan penalaran siswa.
- Pengembangan keterampilan melalui hobi dan minat siswa.
- Pengembangan sikap yang menunjang program kurikuler dan kokurikuler.

e. Prinsip Kegiatan Ekstrakurikuler

Kegiatan ekstrakurikuler pada satuan pendidikan dikembangkan dengan prinsip sebagai berikut:

- 1) Individual,
yaitu prinsip kegiatan ekstra kurikuler yang sesuai dengan potensi, bakat dan minat peserta didik masing-masing.
- 2) Pilihan,
yaitu prinsip kegiatan ekstrakurikuler yang sesuai dengan keinginan dan diikuti secara sukarela oleh peserta didik.
- 3) Keterlibatan aktif,
yaitu prinsip kegiatan ekstrakurikuler yang menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh.
- 4) Menyenangkan,

yaitu prinsip kegiatan ekstrakurikuler dalam suasana yang disukai dan mengembirakan peserta didik.

- 5) Etos kerja,
yaitu prinsip kegiatan ekstrakurikuler yang membangun semangat peserta didik untuk bekerja dengan baik dan berhasil.
- 6) Kemanfaatan sosial,
yaitu prinsip kegiatan ekstrakurikuler yang dilaksanakan untuk kepentingan masyarakat.

f. Jenis Kegiatan Ekstrakurikuler

Kegiatan ekstrakurikuler dapat berbentuk:

- 1) Krida, meliputi Kepramukaan, Latihan Dasar Kepemimpinan Siswa (LDKS), Palang Merah Remaja (PMR), Pasukan Pengibar Bendera Pusaka (PASKIBRAKA).
- 2) Karya ilmiah, meliputi Kegiatan Ilmiah Remaja (KIR), kegiatan penguasaan keilmuan dan kemampuan akademik, penelitian.
- 3) Latihan/lomba keberbakatan/prestasi, meliputi pengembangan bakat olah raga, seni dan budaya, cinta alam, jurnalistik, teater, keagamaan
- 4) Seminar, lokakarya, dan pameran/bazar, dengan substansi antara lain karir, pendidikan, kesehatan, perlindungan HAM, keagamaan, seni budaya.

Kegiatan ekstrakurikuler dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- a. Kegiatan yang bersifat sesaat, misalnya: karyawisata, bakti sosial.
- b. Kegiatan yang bersifat kelanjutan, misalnya: pramuka , PMR, dan sebagainya.

g. Format Kegiatan

Format kegiatan ekstrakurikuler dapat berbentuk sebagai berikut:

- 1) Individual, yaitu format kegiatan ekstrakurikuler yang diikuti peserta didik secara perorangan.
- 2) Kelompok, yaitu format kegiatan ekstrakurikuler yang diikuti oleh kelompok-kelompok peserta didik.
- 3) Klasikal, yaitu kegiatan ekstrakurikuler yang diikuti peserta didik dalam satu kelas.

- 4) Gabungan, yaitu format kegiatan ekstrakurikuler yang diikuti peserta didik antar kelas/antar sekolah/madrasah.
- 5) Lapangan, yaitu kegiatan ekstrakurikuler dapat dilakukan dalam format yang diikuti oleh seorang atau sejumlah peserta didik melalui kegiatan di luar sekolah atau kegiatan lapangan.

h. Perencanaan Kegiatan Ekstrakurikuler

Program kegiatan ekstrakurikuler pada prinsipnya didasarkan pada kebijakan yang berlaku dan kemampuan sekolah, kemampuan para orang tua/masyarakat dan kondisi lingkungan sekolah.

Sekolah dapat mengembangkan alternatif program kegiatan ekstrakurikuler, melalui cara:

- a. Alternatif -1 Top-Down : sekolah menyediakan/menyelenggarakan program kegiatan ekstrakurikuler dalam bentuk paket-paket (jenis-jenis kegiatan) yang diperkirakan dibutuhkan siswa.
- b. Alternatif -2 Bottom-Up : sekolah mengakomodasikan keragaman potensi, keinginan, minat, bakat, motivasi dan kemampuan seorang atau kelompok siswa untuk kemudian menetapkan/menyelenggarakan program kegiatan ekstrakurikuler.
- c. Alternatif -3: Variasi dari alternatif-1 dan alternatif-2.

Alternatif manapun hendaknya di pertimbangkan tenaga, biaya, sumber/bahan/fasilitas. Sekolah sebaiknya melakukan penelusuran atau seleksi atas potensi, keinginan, minat, bakat, motivasi dan kemampuan siswa sebagaimana dipertimbangkan adanya quota atas peserta untuk setiap jenis kegiatan ekstrakurikuler yang ditawarkan/akan diselenggarakan. Seleksi dapat ditempuh melalui suatu test, kuesioner, wawancara/penawaran tertentu sekaligus dimaksudkan untuk mengetahui siswa/kelompok siswa yang karena berbagai hal tidak dapat melanjutkan studi sehingga perlu mendapat perhatian khusus dalam layanan program kegiatan ekstrakurikuler.

Selanjutnya sekolah melakukan pengelompokkan siswa dengan jumlah tertentu (sesuai quota) yang dipandang layak mengikuti satu/beberapa jenis kegiatan ekstrakurikuler yang akan diselenggarakan. Sebagaimana jumlah

peserta telah ditetapkan, suatu perencanaan kegiatan ekstrakurikuler hendaknya menetapkan tujuan yang jelas untuk setiap jenis program kegiatan ekstrakurikuler yang disediakan sejalan pula dengan visi sekolah yang telah ditetapkan.

Melalui penetapan tujuan dan jenis kegiatan serta peserta (sebagai sasaran) yang ditetapkan, perencanaan hendaknya menetapkan rencana strategi pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler.

Dengan struktur organisasi sekolah yang ada, rencana strategi pelaksanaan hendaknya menjelaskan siapa yang bertanggung baik terhadap keseluruhan program kegiatan ekstrakurikuler ataupun terhadap jenis kegiatan ekstrakurikuler tertentu yang akan dilaksanakan. Perencanaan strategi ini mencakup pula, perencanaan waktu, tempat, fasilitas/sumber/bahan, jaringan/tenaga lainnya, dan besarnya alokasi dan sumber biaya.

i. Pelaksanaan Dan Penilaian Kegiatan Ekstrakurikuler

1) Pelaksanaan

Peserta didik harus mengikuti program ekstrakurikuler wajib (kecuali bagi yang terkendala), dan dapat mengikuti suatu program ekstrakurikuler pilihan baik yang terkait maupun yang tidak terkait dengan suatu mata pelajaran di satuan pendidikan tempatnya belajar.

Penjadwalan waktu kegiatan ekstrakurikuler sudah harus dirancang pada awal tahun atau semester dan di bawah bimbingan kepala sekolah atau wakil kepala sekolah bidang kurikulum dan peserta didik. Jadwal waktu kegiatan ekstrakurikuler diatur sedemikian rupa sehingga tidak menghambat pelaksanaan kegiatan kurikuler atau dapat menyebabkan gangguan bagi peserta didik dalam mengikuti kegiatan kurikuler.

1. Kegiatan ekstrakurikuler yang bersifat rutin, spontan dan keteladanan dilaksanakan secara langsung oleh guru konselor dan tenaga kependidikan disekolah/madrasah.
2. Kegiatan ekstrakurikuler yang terprogram dilaksanakan sesuai dengan sasaran, substansi, jenis kegiatan, waktu, tempat dan pelaksanaan sebagaimana telah direncanakan.

2) Penilaian

Penilaian perlu diberikan terhadap kinerja peserta didik dalam kegiatan ekstrakurikuler. Kriteria keberhasilan lebih ditentukan oleh proses dan keikutsertaan peserta didik dalam kegiatan ekstrakurikuler yang dipilihnya. Penilaian dilakukan secara kualitatif dan dilaporkan kepada pimpinan sekolah/madrasah dan pemangku kepentingan lainnya oleh penanggung jawab kegiatan.

Peserta didik diwajibkan untuk mendapatkan nilai memuaskan pada kegiatan ekstrakurikuler wajib pada setiap semester. Nilai yang diperoleh pada kegiatan ekstrakurikuler wajib Kepramukaan berpengaruh terhadap kenaikan kelas peserta didik. Nilai di bawah memuaskan dalam dua semester atau satu tahun memberikan sanksi bahwa peserta didik tersebut harus mengikuti program khusus yang diselenggarakan bagi mereka.

Persyaratan demikian tidak dikenakan bagi peserta didik yang mengikuti program ekstrakurikuler pilihan. Meskipun demikian, penilaian tetap diberikan dan dinyatakan dalam buku rapor.

Penilaian didasarkan atas keikutsertaan dan prestasi peserta didik dalam suatu kegiatan ekstrakurikuler yang diikuti. Hanya nilai memuaskan atau di atasnya yang dicantumkan dalam buku rapor.

Satuan pendidikan dapat dan perlu memberikan penghargaan kepada peserta didik yang memiliki prestasi sangat memuaskan atau cemerlang dalam satu kegiatan ekstrakurikuler wajib atau pilihan. Penghargaan tersebut diberikan untuk pelaksanaan kegiatan dalam satu kurun waktu akademik tertentu; misalnya pada setiap akhir semester, akhir tahun, atau pada waktu peserta didik telah menyelesaikan seluruh program pembelajarannya.

Penghargaan tersebut memiliki arti sebagai suatu sikap menghargai prestasi seseorang. Kebiasaan satuan pendidikan memberikan penghargaan terhadap prestasi baik akan menjadi bagian dari diri peserta didik setelah mereka menyelesaikan pendidikannya.

j. Pelaporan/Pertanggungjawaban Kegiatan Ekstrakurikuler

Sekolah hendaknya membuat laporan, baik laporan untuk keseluruhan program kegiatan ekstrakurikuler dan untuk setiap jenis kegiatan

ekstrakurikuler ataupun pertanggungjawabn keuangan yang telah dialokasikan/digunakan untuk kegiatan yang dimaksudkan.

Untuk laporan kegiatan, hendaknya dibuat format yang sederhana tetapi cukup komprehensif dan mudah dipahami, misalnya mencakup: kata pengantar, daftar isi, latar belakang, pengertian dari jenis kegiatan ekstrakurikuler, tujuan, sasaran, hasil yang diharapkan; penyelenggaraan kegiatan yang meliputi persyaratan peserta, bentuk dan materi kegiatan, organisasi penyelenggaraan, jadwal dan mekanisme pelaksanaan, bentuk penghargaan, hasil yang diperoleh, kesulitan yang dijumpai dan usaha mengatasi kesulitan itu, kesimpulan keseluruhan dan saran-saran yang diajukan, serta lampiran-lampiran yang diperlukan.

k. Evaluasi Kegiatan Ekstrakurikuler

Evaluasi program kegiatan ekstrakurikuler dimaksudkan untuk mengumpulkan data atau informasi mengenai tingkat keberhasilan yang dicapai siswa. Penilaian dapat dilakukan sewaktu-waktu untuk menetapkan tingkat keberhasilan siswa pada tahap-tahap tertentu dan untuk jangka waktu tertentu berkenaan dengan proses dan hasil kegiatan ekstrakurikuler.

l. Perbedaan Kegiatan Ekstrakurikuler dan Kegiatan Kurikuler (Intrakurikuler)

Kegiatan ekstrakurikuler berbeda dengan kegiatan kurikuler (intrakurikuler). Perbedaan keduanya ini dapat dilihat dari beberapa aspek, antara lain:

1) Sifat kegiatan,

Kegiatan kurikuler merupakan kegiatan yang wajib diikuti oleh setiap siswa. Kegiatan kurikuler bersifat mengikat. Program kurikuler berisi berbagai kemampuan dasar dan kemampuan minimal yang harus dimiliki siswa di suatu tingkat sekolah (lembaga pendidikan). Oleh karena itu maka keberhasilan pendidikan ditentukan oleh pencapaian siswa pada tujuan kegiatan kurikuler.

Sebaliknya, kegiatan ekstrakurikuler lebih bersifat sebagai kegiatan penunjang untuk mencapai program kegiatan kurikuler serta untuk mencapai tujuan pendidikan yang lebih luas. Sebagai kegiatan

penunjang, maka kegiatan ekstrakurikuler sifatnya lebih luwes dan tidak terlalu mengikat. Keikutsertaan siswa dalam kegiatan ekstrakurikuler yang diprogramkan lebih bergantung pada bakat, minat, dan kebutuhan siswa itu sendiri.

2) Waktu pelaksanaan,

Kalau ditinjau dari waktu pelaksanaan, waktu untuk kegiatan kurikuler pasti dan tetap, dilaksanakan sekolah secara terus-menerus setiap hari sesuai dengan kalender akademik. Sedangkan waktu pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler sangat bergantung pada sekolah yang bersangkutan, lebih bersifat fleksibel dan dinamis.

3) Sasaran dan tujuan program,

Sebagai kegiatan inti persekolahan yang wajib diikuti oleh seluruh siswa, kegiatan kurikuler memiliki sasaran dan tujuan yang berbeda dengan kegiatan ekstrakurikuler. Kegiatan kurikuler berhubungan dengan kegiatan untuk menumbuhkan kemampuan akademik siswa, sementara kegiatan ekstrakurikuler lebih menumbuhkan pengembangan aspek-aspek lain seperti pengembangan minat, bakat, kepribadian, dan kemampuan sebagai makhluk sosial, disamping tentu saja, sebagai pembantu pencapaian tujuan kegiatan kurikuler.

4) Teknis pelaksanaan,

Teknis pelaksanaan kegiatan kurikuler, sebagai kegiatan inti persekolahan, sangatlah ketat dan teratur, dengan struktur program yang pasti sesuai kalender akademik. Kegiatan kurikuler berada di bawah tanggungjawab guru bidang studi atau guru kelas.

Sementara itu kegiatan ekstrakurikuler, penanggung jawabnya dapat guru kelas, guru bidang studi yang mungkin lebih bersifat team work, sesuai dengan keahlian para guru tersebut untuk bidang-bidang tertentu. Bahkan tak jarang sekolah mempekerjakan tenaga dari luar untuk melaksanakan kegiatan ekstrakurikuler, di mana tenaga luar tersebut memiliki keahlian-keahlian khusus yang diprogramkan pada kegiatan ekstrakurikuler.

5) Evaluasi dan kriteria keberhasilan,

Keberhasilan kegiatan kurikuler ditentukan oleh keberhasilan siswa dalam menguasai kompetensi yang sesuai dengan kurikulum yang diberlakukan

oleh sekolah. Evaluasi keberhasilan pencapaian ditentukan dengan menggunakan tes.

Pada kegiatan ekstrakurikuler, kriteria keberhasilan lebih ditentukan oleh proses dan keikutsertaan dalam kegiatan itu. Analisis dan evaluasi keberhasilan dilakukan secara kualitatif.

2. Prestasi Peserta Didik

Prestasi belajar banyak diartikan sebagai seberapa jauh hasil yang telah dicapai siswa dalam penguasaan tugas-tugas atau materi pelajaran yang diterima dalam jangka waktu tertentu. Prestasi belajar pada umumnya dinyatakan dalam angka atau huruf sehingga dapat dibandingkan dengan satu kriteria.

Prestasi belajar kemampuan seorang dalam pencapaian berfikir yang tinggi. Prestasi belajar harus memiliki tiga aspek, yaitu kognitif, affektif dan psikomotor.

Semua pelaku pendidikan (siswa, orang tua dan guru) pasti menginginkan tercapainya sebuah prestasi belajar yang tinggi, karena prestasi belajar yang tinggi merupakan salah satu indikator keberhasilan proses belajar. Namun kenyataannya tidak semua siswa mendapatkan prestasi belajar yang tinggi dan terdapat siswa yang mendapatkan prestasi belajar yang rendah. Tinggi dan rendahnya prestasi belajar yang diperoleh siswa dipengaruhi banyak faktor.

a. Faktor-faktor yang mempengaruhi prestasi belajar

Prestasi belajar merupakan ukuran keberhasilan yang diperoleh siswa selama proses belajarnya. Keberhasilan itu ditentukan oleh berbagai faktor yang saling berkaitan yaitu sebagai berikut :

- **Faktor Internal**

Faktor internal adalah faktor yang berasal dari dalam diri siswa itu sendiri, yang terdiri dari N. Ach (Need For Achievement) yaitu kebutuhan atau dorongan atau motif untuk berprestasi.

- **Faktor Eksternal**

Faktor eksternal adalah faktor yang berasal dari luar si pelajar. Hal ini dapat berupa sarana prasarana, situasi lingkungan baik itu lingkungan keluarga, sekolah maupun lingkungan masyarakat.

Faktor yang mempengaruhi prestasi belajar adalah faktor yang berasal dari peserta didik dan berasal dari pendidik. Kedua faktor tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Faktor yang berasal dari si pelajar (siswa)
Faktor ini meliputi motivasi, perhatian pada mata pelajaran yang berlangsung, tingkat penerimaan dan pengingatan bahan, kemampuan menerapkan apa yang dipelajari, kemampuan mereproduksi dan kemampuan menggeneralisasi.
- Faktor yang berasal dari si pengajar (Guru)
Faktor ini meliputi kemampuan membangun hubungan dengan si pelajar, kemampuan menggerakkan minat pelajaran, kemampuan memberikan penjelasan, kemampuan menyebutkan pokok-pokok masalah yang diajarkan, kemampuan mengarahkan perhatian pada pelajaran yang sedang berlangsung, kemampuan memberikan tanggapan terhadap reaksi.

Pendapat lain mengenai faktor dari luar dan faktor dari dalam yang mempengaruhi prestasi belajar itu adalah sebagai berikut :

- Faktor dari luar
Faktor dari luar ini merupakan faktor yang berasal dari luar si pelajar (siswa) yang meliputi :
 - a. lingkungan alam dan lingkungan sosial
 - b. instrumentasi yang berupa kurikulum, guru atau pengajar, sarana dan fasilitas serta administrasi.
- Faktor dari dalam
Faktor dari dalam ini merupakan faktor yang berasal dalam diri si pelajar (siswa) itu sendiri yang meliputi :
 - a. fisiologi yang berupa kondisi fisik dan kondisi pancaindra,
Secara umum kondisi fisiologis, seperti kesehatan yang prima, tidak dalam keadaan lelah dan capek, tidak dalam keadaan cacat jasmani dan sebagainya. Hal tersebut dapat mempengaruhi peserta didik dalam menerima materi pelajaran.
Keletihan fisik pada siswa berpengaruh juga dalam prestasi belajarnya. Keletihan siswa dapat dikategorikan menjadi tiga macam faktor, yaitu:
 - b. Keletihan indera siswa
Keletihan indera dalam hal ini, lebih mudah dihilangkan dengan cara istirahat yang cukup, tidur dengan nyenyak.

c. Kelelahan fisik siswa

Kelelahan fisik siswa berkesinambungan dengan kelelahan indera siswa, yakni cara menghilangkannya relative lebih mudah, salah satunya dengan cara mengkonsumsi makanan dan minuman yang bergizi, menciptakan pola makan yang teratur, merelaksasikan otot-otot yang tegang.

d. Kelelahan mental siswa

Kelelahan mental siswa ini dipandang sebagai faktor utama penyebab adanya kejenuhan dalam belajar, sehingga cara mengatasinya pun cukup sulit. Penyebab timbulnya kelelahan mental ini diakibatkan karena kecemasan siswa terhadap dampak yang ditimbulkan oleh kelelahan itu sendiri, kecemasan siswa terhadap standar nilai pada pelajaran yang dianggap terlalu tinggi, kecemasan siswa ketika berada pada keadaan yang ketat dan menuntut kerja intelek yang berat, kecemasan akan konsep akademik yang optimum sedangkan siswa menilai belajarnya sendiri hanya berdasarkan ketentuan yang ia bikin sendiri (self-imposed).

e. Psikologi yang berupa bakat, minat, kecerdasan, motivasi dan kemampuan kognitif. Dari beberapa pendapat para ahli tersebut di atas maka dapat diambil kesimpulan bahwa prestasi belajar siswa secara umum dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor yang pertama berasal dari dalam diri siswa itu sendiri dan faktor yang kedua berasal dari luar diri siswa yang sedang melakukan proses kegiatan belajar.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran dimulai dengan membaca seluruh bagian dari kegiatan pembelajaran ini, disarankan anda membaca secara berurutan, sehingga anda mengetahui tujuan dan indikator capaian kompetensi. Belajar dengan menggunakan modul ini dituntut kemandirian dan kejujuran anda terhadap diri sendiri. Beberapa kegiatan yang juga harus anda lakukan:

1. Membaca dan mempelajari bahan referensi sebagai penunjang materi yang akan diberikan.

2. Apabila ada bagian-bagian yang belum anda kuasai sesuai yang diharapkan, ulangi kembali dengan tidak tergesa-gesa.
3. Jawablah pertanyaan pada bagian Latihan/Kasus/Tugas pada lembar jawaban dan lembar kerja yang sudah disediakan
4. Jika saudara dapat menjawab pertanyaan pada bagian Latihan/Kasus/Tugas dengan baik, maka saudara dapat melanjutkan pembelajaran ke kegiatan pembelajaran 2.

Aktifitas 1. mengidentifikasi program ekstrakurikuler untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.

Setelah Saudara membaca Bahan Bacaan 1 dan 2, diskusikan hasil bacaan dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya isilah tabel pada LK-01 dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Mengapa diperlukan kegiatan / program ekstrakurikuler? Tuliskan!,
2. Kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk melaksanakan program ekstrakurikuler? Jelaskan !
3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan dalam membimbing peserta didik dalam program ekstrakurikuler untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal ?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan.

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

1. Pernyataan di bawah ini yang merupakan macam-macam metode kegiatan pembelajaran, pernyataan yang benar adalah.....
 1. Metode diskusi
 2. Metode eksperimental
 3. Metode pengajaran beregu
 4. Semuanya benar

2. Perhatikan pernyataan-pernyataan berikut ini :
 1. memberikan kesempatan bagi pemantapan ketertarikan yang telah tertanam serta pembangunan ketertarikan yang baru.
 2. memeberikan pendidikan sosial melalui pengalaman dan pengamatan, terutama dalam hal perilaku kepemimpinan, persahabatan, kerjasama, dan kemandirian.
 3. Pengetahuan dibangun sedikit demi sedikit hasilnya diperluas melalui konteks yang terbatas.
 4. Kegiatan pembelajarn dipilih atas dasar minat siswaDari pernyataan di atas yang merupakan karakteristik teori belajar tingkah laku behavioristik adalah....
 - a. 1 dan 3
 - b. 1 dan 2
 - c. 2 dan 3
 - d. 3 dan 4
3. Kegiatan ekstrakurikuler pada satuan pendidikan dikembangkan dengan prinsip sebagai berikut, kecuali
 1. individual
 2. keterlibatan aktif
 3. kemanfaatan sosial
 4. dominasi pengamatan bersifat
4. Tugas utama guru dalam membantu siswa untuk memperoleh pengetahuan :
 1. Mengorganisasi bahan belajar
 2. Memberikan advance kepada siswa yang akan membantu siswa dalam mencapai pembelajaran baru
 3. Membantu siswa untuk membantu mengambil ingatan jangka panjang
 4. Mernbantu siswa rnerneri jawaban saat tes berlangsung

5. Perhatikan pernyataan-pernyataan di bawah ini :

1. Pertanyaan menarik dapat menarik dan memusatkan perhatian siswa, sekalipun ketika siswa sedang ribut, yang mengantuk kembali tegar dan hilang kantuknya.
2. Merangsang siswa untuk melatih dan mengembangkan cara berpikir, termasuk daya ingatan.
3. Mengembangkan keberanian dan keterampilan siswa dalam menjawab dan mengemukakan pendapat.

Pernyataan di atas merupakan kelebihan dari metode pembelajaran...

1. Metode ceramah
2. Metode eksperimental
3. Metode tanya jawab
4. Metode diskusi

6. Metode pengajaran dengan mengharuskan siswa membuat resume dengan kalimat sendiri, merupakan penerapan dari metode :

1. Metode resitasi
2. Metode latihan keterampilan
3. Metode pengajaran beregu
4. Metode pemecahan masalah

7. Kreativitas merupakan salah satu karakteristik perkembangan intelektual siswa SMK, yang artinya kemampuan untuk

1. Memecahkan masalah-masalah dalam kehidupan sehari-hari yang sering dilakukan dan menghasilkan kepuasan kepada dirinya sendiri dan orang lain
2. penalaran yang menggunakan logika-logika yang dapat diterima oleh semua orang dan menghasilkan penyelesaian persoalan untuk mengambil keputusan
3. berfikir tentang sesuatu dengan suatu cara yang baru dan tidak biasa serta menghasilkan penyelesaian yang unik terhadap berbagai persoalan

4. mengembangkan ide-ide secara cerdas dalam rangka penyelesaian masalah-masalah yang dihadapi dalam kehidupan masa sekarang maupun masa yang akan datang

F. Rangkuman

1. Guru sebagai pembimbing dan pendidik harus mempunyai bermacam-macam kemampuan, melalui kegiatan-kegiatan sebagai berikut:
Mengobservasi peserta didik dalam berbagai situasi, baik di kelas maupun di luar kelas, Menyediakan waktu untuk mengadakan pertemuan dengan peserta didiknya, sebelum , selama dan setelah sekolah , Mencatat dan mengecek seluruh pekerjaan peserta didik, dan memberikan komentar yang konstruktif, Mempelajari catatan peserta didik yang dekat, Membuat tugas dan latihan untuk kelompok, Memberikan kesempatan khusus bagi peserta didik yang memiliki kemampuan yang berbeda.
2. Selain tugas dan peranan mengajar atau (*instructional*) dan mendidik (*educational*), seorang guru juga memimpin kelasnya (*manajerial*). Memimpin kelas tidak hanya terbatas di dalam kelas tetapi juga di luar kelas. Kegiatan guru di dalam kelas menyangkut personal peserta didik, material (alat-alat perlengkapan) dan operasional (tindakan-tindakannya). Dengan kata lain, peranan manajerial guru dalam kelas, yakni membina disiplin dan menyelenggarakan tata usaha kelas.
3. Kegiatan pengembangan diri difasilitasi dan atau dibimbing oleh konselor, guru, atau tenaga kependidikan. Dalam struktur kurikulum pendidikan umum, dijelaskan bahwa pengembangan diri bertujuan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan dan mengekspresikan diri sesuai dengan kebutuhan, bakat dan minat setiap peserta didik sesuai dengan kondisi sekolah.
4. pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler melibatkan banyak pihak, memerlukan peningkatan administrasi yang lebih tinggi. Dalam beberapa kegiatan ekstrakurikuler guru terlibat langsung dalam pelaksanaannya. Keterlibatan ini dimaksudkan untuk memberikan pengarahan dan pembinaan juga menjaga agar kegiatan tersebut tidak mengganggu atau

merugikan aktivitas akademis. Yang dimaksud dengan pembina ekstrakurikuler adalah guru atau petugas khusus yang ditunjuk oleh kepala sekolah untuk membina kegiatan ekstrakurikuler.

5. Ekstrakurikuler merupakan kegiatan yang baik dan penting karena memberikan nilai tambah bagi para siswa dan dapat menjadi barometer perkembangan/kemajuan sekolah yang sering kali diamati oleh orangtua siswa maupun masyarakat dengan adanya kegiatan ekstra tersebut diharapkan suasana sekolah menjadi lebih hidup.
6. Prestasi belajar dari peserta didik adalah hasil yang telah dicapai oleh siswa yang didapat dari proses pembelajaran. Prestasi belajar adalah hasil pencapaian maksimal menurut kemampuan anak pada waktu tertentu terhadap sesuatu yang dikerjakan, dipelajari, difahami dan diterapkan. Semua pelaku pendidikan (siswa, orang tua dan guru) pasti menginginkan tercapainya sebuah prestasi belajar yang tinggi, karena prestasi belajar yang tinggi merupakan salah satu indikator keberhasilan proses belajar. Namun kenyataannya tidak semua siswa mendapatkan prestasi belajar yang tinggi dan terdapat siswa yang mendapatkan prestasi belajar yang rendah. Tinggi dan rendahnya prestasi belajar yang diperoleh siswa dipengaruhi banyak faktor.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik :

1. Dapat mengidentifikasi berbagai kegiatan pembelajaran program ekstrakurikuler untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.
2. Dapat merancang berbagai kegiatan pembelajaran program ekstrakurikuler untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal

Tindak Lanjut :

1. Penguatan dan penghargaan diberikan kepada peserta diklat yang telah memenuhi standar
2. Teguran yang bersifat mendidik dan memotivasi diberikan kepada peserta diklat yang belum memenuhi standar
3. Peserta diklat diberi kesempatan untuk mengikuti diklat lebih lanjut.

LEMBAR KERJA KB-1

LK - 1

1. Mengapa diperlukan kegiatan / program ekstrakurikuler? Tuliskan!,

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

2. Kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk melaksanakan program ekstrakurikuler? Jelaskan !

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

3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan dalam membimbing peserta didik dalam program ekstrakurikuler untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal ?

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

Kegiatan Pembelajaran 2

Kegiatan Pembelajaran KB-2 Jenis-Jenis Motor Listrik

A. Tujuan

1. Peserta diklat dapat mengidentifikasi jenis-jenis motor listrik sesuai standar industri
2. Peserta diklat dapat menganalisis nameplat motor listrik
3. Peserta diklat dapat menentukan konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor listrik.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

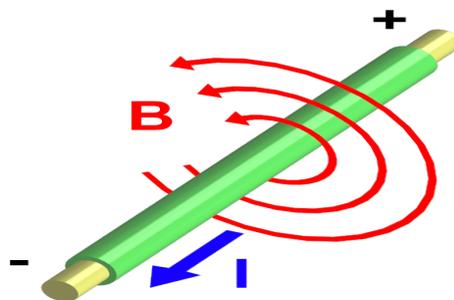
1. Mengidentifikasi jenis-jenis motor listrik sesuai standar industri
2. Menganalisis nameplat motor listrik.
3. Menentukan konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor listrik.

C. Uraian Materi

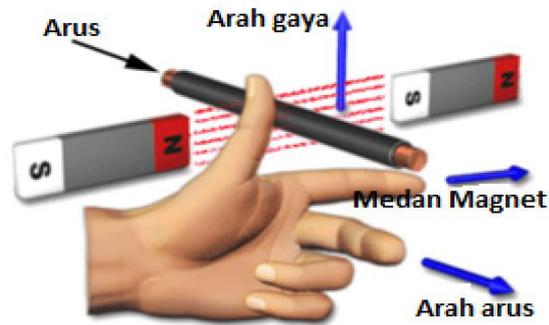
Bahan Bacaan 1 :

1. Pengertian Motor Listrik

Motor listrik adalah mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Prinsip kerjanya berdasarkan hukum gaya lorentz dan kaidah tangan kiri Fleming, yang menyatakan bahwa: Apabila sebatang konduktor yang dialiri arus listrik ditempatkan didalam medan magnet maka konduktor tersebut akan mengalami gaya, lihat gambar 1.



Gambar 1a. Batang penghantar yang dialir arus listrik



Gambar 1b. Kaidah tangan kiri Fleming

Arah dari gaya yang dialami oleh konduktor tersebut ditunjukkan oleh kaidah tangan kiri Fleming. Gaya tersebut dialami oleh setiap batang konduktor pada rotor, sehingga menghasilkan putaran dengan torsi yang cukup untuk memutar beban yang dikopel dengan motor. Kecepatan putaran dan besarnya torsi juaah yang menentukan sesuatu motor itu sesuai untuk pekerjaan.

2. Jenis-jenis motor listrik

Motor listrik berdasarkan jenis sumber tegangannya dibagi dalam:

a. Motor arus searah (DC *Direct Current*)

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. Pada prinsip pengoperasiannya, motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan torque yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.



Gambar 2. Motor *Direct Current*

Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika

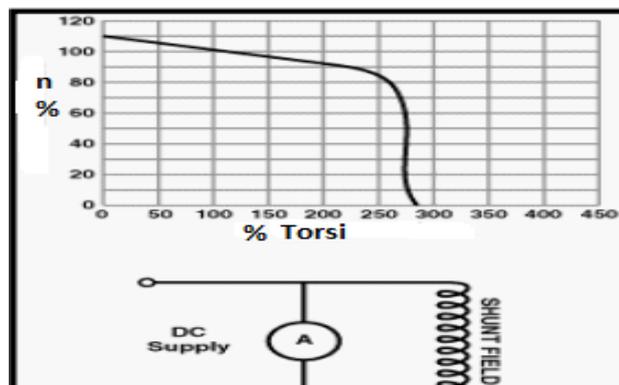
terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

1) Motor Penguatan Terpisah / *separately excited*

Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah / *separately excited*.

2) Motor Shunt / *Self Excited*

Pada motor shunt, gulungan medan (medan shunt) disambungkan secara paralel dengan gulungan dinamo, seperti diperlihatkan dalam gambar 3. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dinamo.



Gambar 3. Karakteristik Motor DC Shunt

Berikut tentang kecepatan motor shunt :

- a. Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga torque tertentu setelah kecepatannya berkurang), oleh karena itu, cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin.
- b. Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan dinamo (kecepatan berkurang) atau

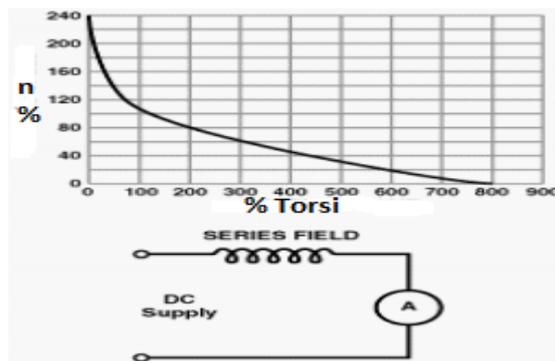
dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah).

3) Motor Seri

Dalam motor seri, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara seri dengan gulungan dinamo seperti ditunjukkan dalam gambar 5. Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus dinamo. Berikut tentang kecepatan motor seri :

- a. Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM
- b. Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban sebab motor akan mempercepat tidak terkendali.

Motor-motor seri cocok untuk penggunaan yang memerlukan *torque* penyalaaan awal yang tinggi, seperti derek dan alat pengangkat *hoist* (lihat Gambar 4).



Gambar 4. Karakteristik Motor DC Seri

4) Motor Kompon / Gabungan

Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan shunt. Pada motor kompon, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan dinamo seperti yang ditunjukkan dalam gambar 6. Sehingga, motor kompon memiliki torsi penyalaaan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torsi penyalaaan awal yang dapat ditangani oleh motor ini.

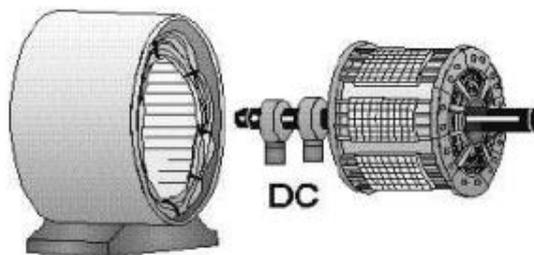
b. Motor arus bolak-balik (AC Alternating Current)

Motor arus bolak-balik (motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah energi listrik arus bolak-balik menjadi energi gerak atau energi mekanik berupa putaran rotor.

1) Motor Tiga Fasa

a) Motor Sinkron

Motor Sinkron adalah mesin sinkron yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Mesin sinkron mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan medan pada rotor. Kumparan jangkarnya berbentuk sama dengan mesin induksi, sedangkan kumparan medan mesin sinkron dapat berbentuk kutub sepatu (*salient*) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder). Arus searah (DC) untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dialirkan ke rotor melalui cincin dan sikat. Jadi konstruksi motor sinkron ini adalah sama dengan generator sinkron, bedanya hanya bahwa generator sinkron rotornya diputar untuk menghasilkan tegangan, sedangkan motor sinkron statornya diberi tegangan agar rotornya berputar.

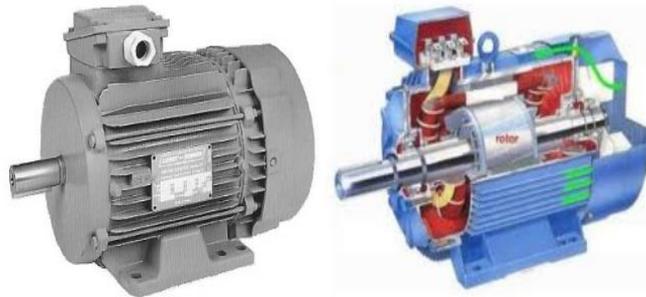


Gambar 5. Motor Sinkron

b) Motor Induksi (*Asynkron*)

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Motor induksi 1-fase dioperasikan pada sistem tenaga 1-fase dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi 1-fase mempunyai daya keluaran yang rendah. Bentuk gambaran motor induksi 3-fasa diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Motor Induksi 3 fasa

Penggunaan motor induksi yang banyak dipakai di kalangan industri mempunyai keuntungan sebagai berikut :

1. Bentuknya yang sederhana dan memiliki konstruksi yang kuat.
2. Harga relatif murah dan dapat diandalkan.
3. Efisiensi tinggi pada keadaan berputar normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi – rugi daya yang dari gesekan dapat dikurangi.
4. Perawatan waktu mulai beroperasi tidak memerlukan *starting* tambahan khusus dan tidak harus sinkron.

Namun disamping hal tersebut diatas, terdapat pula faktor – faktor kerugian yang tidak menguntungkan dari motor induksi yaitu sebagai berikut :

1. Pengaturan kecepatan dari motor induksi sangat mempengaruhi efesiansinya.

2. Kecepatan motor induksi akan menurun seiring dengan bertambahnya beban, tidak seperti motor DC atau motor shunt.
3. Kopel awal mutunya rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.

2) Motor Satu Fasa

a) Motor Induksi Satu fasa

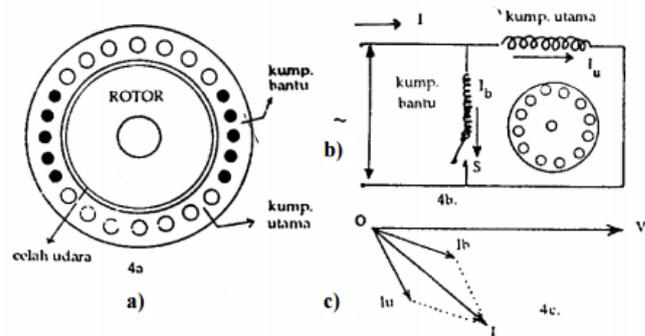
Motor induksi satu fasa mempunyai problem – problem yang tidak terdapat pada motor induksi tiga fasa. Pada motor induksi tiga fasa mempunyai medan berputar, tetapi pada motor induksi satu fasa tidak mempunyai medan tersebut. Motor induksi satu fasa, semua kutub – kutub medan mengubah polarisasi kutubnya pada saat yang sama. Jadi medan itu hanya tinggal mengubah arahnya saja. Medan yang bergerak maju mundur ini tidak menimbulkan “**starting torque**” untuk rotornya. Meskipun demikian, apabila rotor itu berputar, mengikuti perubahan kutub (*polarity*) dari stator dan akan menghasilkan putaran (*torque*).

Sifat utama dari motor induksi AC satu fasa antara lain :

1. Medan Magnet berbalik tapi tidak berputar
2. Memerlukan sebuah alat stater.
3. Menghasilkan torque yang rendah bila dibandingkan dengan motor induksi tiga fasa

(1) Motor fase belah/fase bagi (*split phase motor*)

Motor fase belah mempunyai kumparan utama dan kumparan bantu yang tersambung paralel dan mempunyai perbedaan fasa antara keduanya mendekati 90° listrik. Gambaran konstruksi dan bentuk rangkaian sederhana pemasangan kumparannya diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Bentuk konstruksi dan hubungan kumparan motor induksi fase belah

Gambar 7 memperlihatkan letak kumparan utama dan kumparan bantu yang diatur berjarak 90° listrik, dan memperlihatkan hubungan arus dan tegangan yang terjadi pada kumparan motor induksi fase belah. Di dalam prakteknya diusahakan antara arus kumparan bantu dan kumparan utamanya berbeda fasa mendekati 90° listrik. Dengan cara ini maka kumparan motor menjadi seolah-olah seperti motor induksi dua fase yang akan dapat menghasilkan medan magnet yang seolah-olah berputar sehingga motor induksi ini dapat berputar sendiri (*self starting*).

Pada motor fase belah, “kumparan utama” mempunyai tahanan murni rendah dan reaktansi tinggi, sebaliknya “kumparan bantu” mempunyai tahanan murni yang tinggi tetapi reaktansinya rendah. Tahanan murni kumparan bantu dapat dipertinggi dengan menambah R yang disambung secara seri (disebut motor resistor) dengan menggunakan kumparan kawat yang diameternya sangat kecil. Bila pada kumparan bantu diberi kapasitor, maka motor ini disebut motor kapasitor (*capacitor motor*). Motor fase belah ini biasanya sering disebut motor resistor, sedangkan untuk motor kapasitor jarang disebut sebagai motor fase belah karena walaupun prinsipnya adalah membagi dua fasa tetapi nilai perbedaannya hampir mendekati 90° , sehingga kerjanya mirip dengan motor induksi 2-fasa dan umumnya disebut motor kapasitor.

Untuk memutuskan arus, kumparan bantu dilengkapi dengan saklar pemutus ‘S’ yang dihubungkan seri terhadap kumparan bantu. Alat ini secara otomatis akan memutuskan setelah motor mencapai kecepatan 75% dari kecepatan penuh. Pada motor fase belah yang

dilengkapi saklar pemutus kumparan bantu biasanya yang dipakai adalah saklar sentrifugal. Khusus untuk penerapan motor fase belah ini pada lemari es biasanya digunakan rele.

(2) **Motor Kapasitor**

Motor kapasitor merupakan bagian dari motor fasa belah, namun yang membedakan kedua motor tersebut adalah pada saat kondisi *start* motor. Motor kapasitor ini menggunakan kapasitor pada saat *start*nya yang dipasang secara seri terhadap kumparan bantu. Motor kapasitor ini umumnya digunakan pada kipas angin, kompresor pada kulkas (lemari es), motor pompa air, dan sebagainya. Bentuk fisik motor ini diperlihatkan pada Gambar 8.

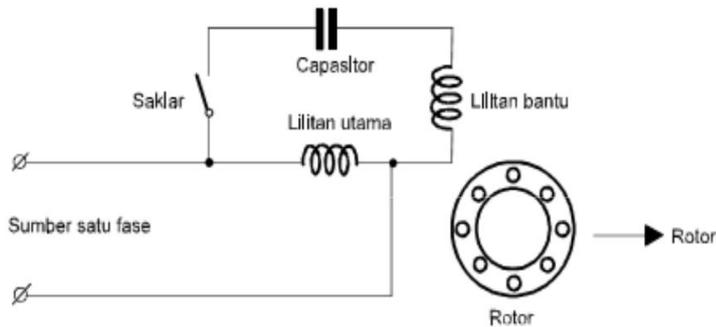


Gambar 8. Bentuk motor kapasitor

Berdasarkan penggunaan kapasitor pada motor kapasitor, maka motor kapasitor ini dapat dibagi dalam hal sebagai berikut di bawah ini.

(a) Motor kapasitor *start* (*capacitor start motor*)

Pada motor kapasitor, pergeseran fase antara arus kumparan utama (I_u) dan arus kumparan bantu (I_b) didapatkan dengan memasang sebuah kapasitor yang dipasang seri terhadap kumparan bantunya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9



Gambar 9. Rangkaian motor kapasitor *start*

Motor kapasitor *start* merupakan motor fase belah tetapi pada saat *distart* perbedaan fase antara kedua arus diperoleh melalui sebuah kapasitor yang dipasang seri dengan kumparan bantu. Dengan adanya kapasitor, diperoleh torsi awal yang lebih besar jika dibandingkan dengan motor fase belah. Motor kapasitor *start* banyak digunakan terutama: fan, AC, pompa, peralatan pendingin, mesin cuci, dan penggerak kompresor.

(b) Motor kapasitor *start* dan jalan (*capacitor start-capacitor run motor*)

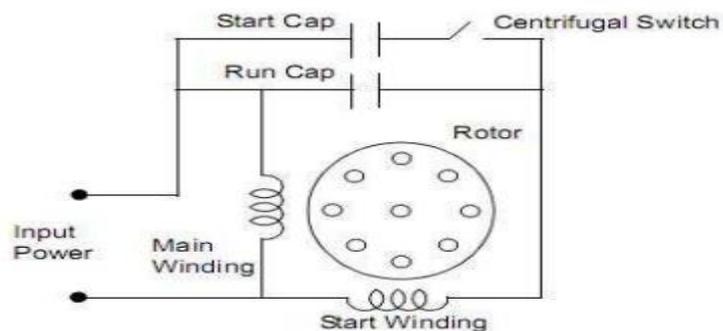
Pada dasarnya motor ini sama dengan *capacitor start motor*, hanya saja pada motor jenis ini kumparan bantu mempunyai 2 macam kapasitor dan salah satu kapasitornya selalu dihubungkan dengan sumber tegangan (tanpa saklar otomatis). Motor ini menggunakan nilai kapasitansi yang berbeda untuk kondisi *start* dan jalan. Dalam susunan pensaklaran yang biasa, kapasitor *start* yang seri dengan saklar *start* dihubungkan secara paralel dengan kapasitor jalan dan kapasitor yang diparalelkan itu diserikan dengan kumparan bantu.

Penggunaan kapasitor *start* dan *run/jalan* yang terpisah memungkinkan perancangan motor memilih ukuran optimum, yang menghasilkan kopel *start* yang sangat baik. Tipe kapasitor yang digunakan pada motor kapasitor ini adalah tipe elektrolit dan tipe berisi minyak. Rancangan motor ini biasanya hanya digunakan untuk penggunaan motor satu fasa yang lebih besar dimana khususnya diperlukan untuk kopel *start* yang tinggi.

Keuntungan dari motor jenis ini adalah :

1. Mempertinggi kemampuan motor dari beban lebih
2. Memperbesar $\cos \phi$ (faktor daya)
3. Memperbesar torsi start
4. Motor bekerja lebih baik (putaran motor halus).

Motor jenis ini bekerja dengan menggunakan kapasitor dengan nilai yang tinggi (besar) pada saat *start*-nya, dan setelah rotor berputar mencapai kecepatan 75% dari kecepatan nominalnya, maka kapasitor *start*-nya dilepas dan selanjutnya motor bekerja dengan menggunakan kapasitor *run* dengan nilai kapasitor yang lebih rendah (kapasitas kecil) agar motor dapat bekerja dengan lebih baik.



Gambar 10. Rangkaian motor kapasitor *start/run*

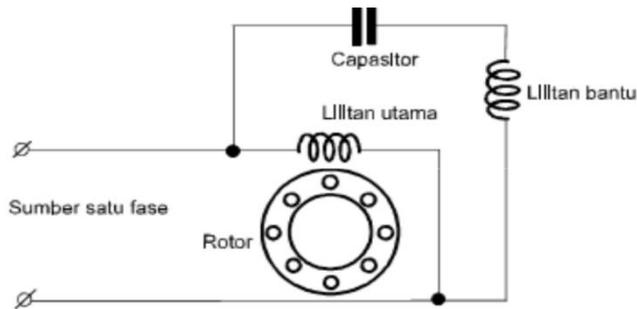
Motor kapasitor *start/run* dapat dirancang untuk menurunkan beban penuh dan efisiensi yang lebih tinggi. Hal ini dapat menangani aplikasi untuk motor fase tunggal. Contoh motor kapasitor *start/run* adalah kompresor udara, tekanan tinggi pompa air, pompa vakum dan torsi tinggi lainnya aplikasi yang memerlukan 1-10 hp.

(c) Motor kapasitor tetap / *permanent capacitor motor*

Pada motor ini terdapat kapasitor yang dipasang tetap sebagaimana yang dapat dilihat pada gambar di atas Torsi awal motor kapasitor sangat sukar diukur namun demikian terdapat suatu pendekatan untuk menafsirkan besarnya torsi awal tersebut. Misalnya untuk memperoleh jumlah putaran motor yang sangat lambat dibutuhkan sumber V_1 dan menghasilkan torsi keluaran T_1 .

Maka untuk tegangan sumber V_2 , torsi awal motor dapat ditafsirkan dengan perhitungan sebagai berikut:

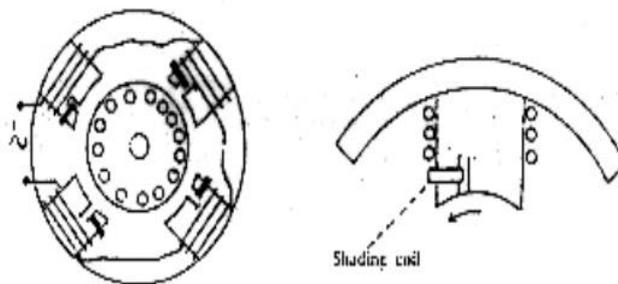
$$T_{start\ pada\ T2} = \frac{V_2^2}{V_1^2} T_1 \quad Nm$$



Gambar 11. Rangkaian motor kapasitor tetap/permanen

(3) Motor kutub bayangan (*Shaded Pole Motor*)

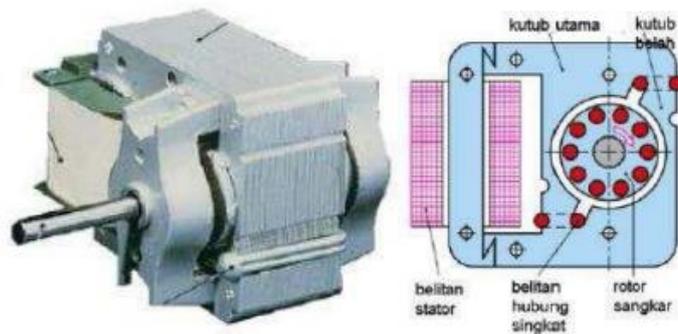
Motor kutub bayangan (*Shaded pole*) ini menggunakan kutub magnet stator yang dibelah dan diberi cincin pada bagian kutub yang kecil yang disebut kutub bayangan, dan sisi kutub yang besar disebut kutub pokok (*Un shaded pole*) dengan rotor yang biasa digunakan adalah rotor sangkar tupai seperti yang diperlihatkan pada Gambar 12. Motor kutub bayangan ini biasanya diterapkan untuk kapasitas yang kecil dan sering dijumpai pada motor-motor kipas angin yang kecil.



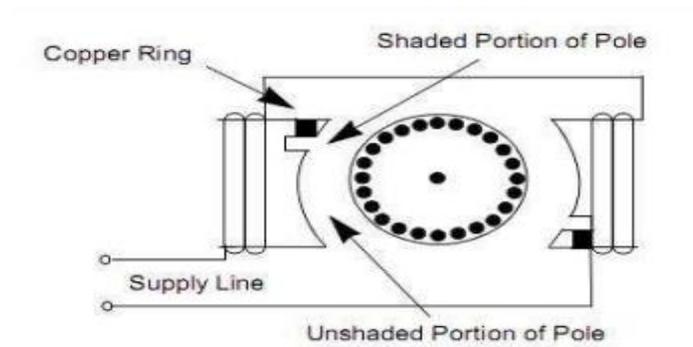
Gambar 12. Kutub utama dan kutub bayangan motor *shaded pole*

Gambar 12 menunjukkan sebuah kutub dari motor *shaded pole*, kira-kira 1/3 dari kutub diberi alur yang selanjutnya dilingkari (diberi cincin) dengan satu lilitan hubung singkat dan dikenal dengan kumparan bayangan (*shading coil*). Kutub yang diberi cincin ini dikenal dengan

nama kutub bayangan. Medan putar yang dihasilkan motor *shaded pole* karena adanya induksi pada cincin, hubung singkat yang terdapat pada kutub bayangan berasal dari pengaruh induksi magnet pada kutup yang lainnya, sehingga motor ini menghasilkan fluks magnet yang berputar. Bentuk dan rangkaian motor *shaded pole* dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14

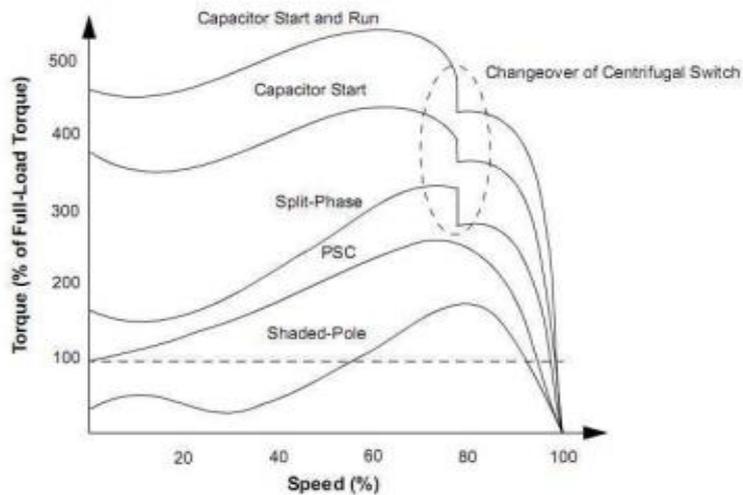


Gambar 13. Bentuk motor *shaded pole*



Gambar 14. Rangkaian motor *shaded pole*

Perbandingan karakteristik motor induksi satu fasa berdasarkan prinsip kerjanya dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Kurva perbandingan karakteristik motor motor induksi 1- fasa

b) Motor Non-induksi satu fasa

(1) Motor Universal

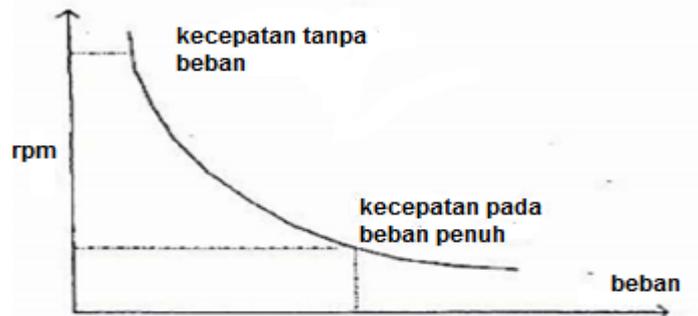
Motor universal merupakan suatu motor seri yang mempunyai kemampuan untuk bekerja dengan sumber tegangan AC ataupun DC. Hal ini disebabkan sudut moment kaks dibuat tetap oleh kedudukan sikat dan biasanya pada nilai optimum 90° .

Daya motor universal umumnya berkisar antara 10 sampai 300 Watt. Motor universal termasuk dalam motor 1 fasa karena pada motor tersebut dimasukan tegangan satu fasa. Namun dalam praktik, sering dijumpai motor satu fasa dengan lilitan 2 fasa. Hal ini karena didalam motor satu fasa lilitan statornya terdiri atas 2 jenis lilitan, yaitu lilitan utama dan lilitan bantu. Kedua jenis lilitan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga arus yang mengalir pada masing-masing lilitan mempunyai perbedaan fasa. Dengan kata lain, arus yang mengalir pada lilitan utama dan lilitan bantu tidak sefasa.

Karakteristik motor universal

Motor universal mempunyai karakteristik seri karena berputar pada kecepatan rata-rata bila bebannya juga rata-rata, dan apabila bebannya dikurangi maka kecepatannya akan naik. Motor ini mempunyai sifat sifat-sifat yang sama seperti motor DC seri. Pada pembebanan ringan motor berputar dengan cepat dan menghasilkan

kopel yang kecil. Tetapi pada keadaan pembebanan yang berat, maka motornya berputar secara perlahan-lahan dengan torsi yang besar. Jadi, motor mengatur kecepatannya sesuai dengan beban yang dihubungkan ke motor tersebut. Motor jenis ini banyak ditemui antara lain pada: dinamo mesin jahit rumah, mesin bor, mixer, dan lainnya.



Gambar 16. Karakteristik kecepatan motor universal

Untuk motor yang sama bila dihubungkan sumber tegangan AC umumnya didapatkan putaran lebih tinggi. Putaran motor universal biasanya tinggi, apalagi dalam keadaan tanpa beban (lihat Gambar 16). Biasanya motor universal dihubungkan langsung dengan beban sehingga putaran motor yang tinggi bisa berkurang dengan pembebanan tersebut, persamaan torsinya adalah:

$$T = k I_a \phi$$

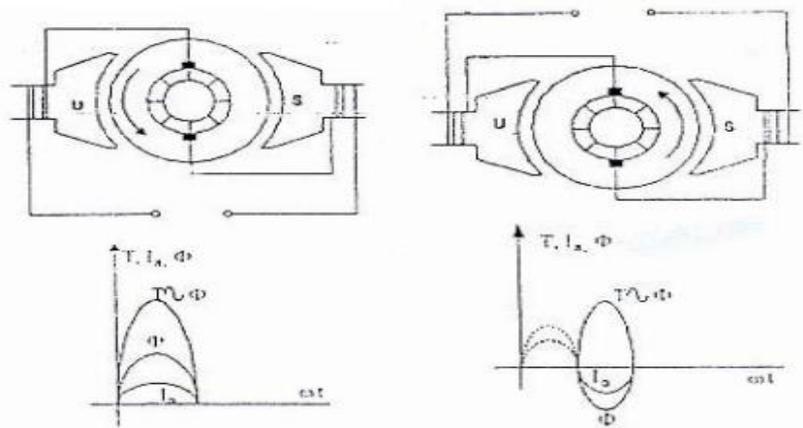
dengan :

T = momen koperl (Nm)

k = angka konstanta perbandingan

I_a = arus jangkar (A)

Φ = fluks magnet (kg/A.s² atau Tesla)

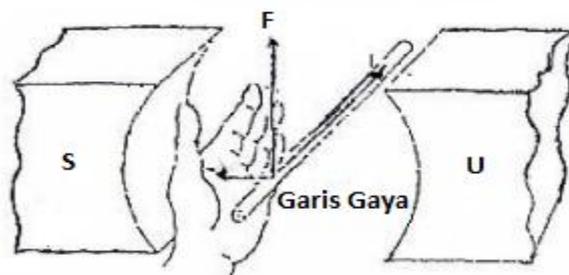


(a) saat $\frac{1}{2}$ periode positif

(b) saat $\frac{1}{2}$ periode negatif

Gambar 17. Motor dihubungkan dengan tegangan AC

Bila motor dihubungkan dengan sumber tegangan AC, pada saat $\frac{1}{2}$ periode positif (Gambar17a), motor berputar berlawanan dengan arah putaran jarum jam. Pada $\frac{1}{2}$ periode negatif (Gambar17b), dan menurut "hukum tangan kiri" dinyatakan: apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, maka garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus didalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, sehingga kawat tersebut akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan ibu jari, seperti terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Hukum tangan kiri

Motor tetap berputar berlawanan dengan arah putaran jarum jam, karena perubahan arah arus pada kumparan penguat bersamaan dengan perubahan arah arus pada rotor. Dalam hal ini arus jangkar menjadi negatif ($-I_a$) dan fluks magnet menjadi ($-\Phi$).

Jadi $T = k (-I_a) (-\phi)$ nilainya tetap sama dengan keadaan pertama (positif). Dengan demikian, meskipun dihubungkan dengan sumber tegangan AC, arah putaran tidak berubah.

Bila arus bolak balik diberikan pada motor universal, kuat medan stator dan rotor akan berubah-ubah dalam fasa waktu yang tepat. Keduanya akan berubah arah pada saat yang sama, akibatnya torsi akan selalu pada arah yang sama meskipun terjadi pembentukan sinyal magnetis dua kali frekuensi jala-jala listrik. Torsi rata-rata akan dihasilkan, dan penampilan motor universal AC umumnya akan serupa dengan motor universal jenis DC.

1. Pengaturan putaran motor universal

Pengaturan kecepatan motor universal adalah dengan cara mengatur besar tegangan yang diberikan kepada motor ini. Motor universal merupakan motor yang dapat bekerja dengan sumber tegangan AC maupun DC, sehingga pengaturan tegangannya pun dapat dilakukan dengan dua macam yaitu pengaturan dalam bentuk sumber tegangan AC dan pengaturan dalam bentuk sumber tegangan DC.

Semakin besar tegangan yang diberikan kepada motor universal ini, maka semakin besar pula kecepatan putarnya. Dan sebaliknya, semakin kecil tegangan yang diberikan kepadanya, maka semakin kecil pula kecepatannya. Pengaturan motor jenis ini termasuk dalam pengaturan motor solid state yaitu dengan menggunakan thyristor (Triac) sebagai pengatur tegangan.

Bahan Bacaan 2 :

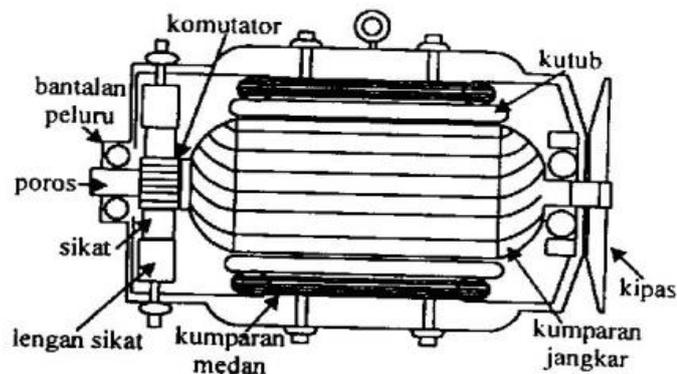
Konstruksi dan Fungsi Bagian-Bagian Motor

a. Motor arus searah (DC *Direct Current*)

Berdasarkan fisiknya motor arus searah secara umum terdiri atas bagian yang diam dan bagian yang berputar. Pada bagian yang **diam (stator)** merupakan tempat diletakkannya kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet sedangkan pada bagian yang **berputar (rotor)** ditempati oleh rangkaian jangkar seperti kumparan jangkar, komutator dan sikat.

Motor arus searah bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetik. Dimana kumparan medan akan menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan dan kumparan jangkar akan menghasilkan fluksi magnet yang melingkar. Interaksi antara kedua fluksi magnet ini menimbulkan suatu gaya sehingga akan menimbulkan momen puntir atau torsi.

Konstruksi motor arus searah dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Konstruksi motor arus searah (motor DC)

1. Badan motor (rangka)

Rangka (*frame* atau *yoke*) mesin arus searah seperti juga mesin-mesin listrik lainnya secara umum memiliki dua fungsi, yaitu:

- a. Merupakan sarana pendukung mekanik untuk mesin secara keseluruhan.
- b. Untuk membawa fluks magnetik yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet.

Untuk mesin kecil, pertimbangan harga lebih dominan dari pada beratnya, biasanya rangkanya terbuat dari besi tuang (*cast iron*), tetapi untuk mesin-mesin besar umumnya terbuat dari baja tuang (*cast steel*) atau lembaran baja (*rolled steel*). Rangka ini pada bagian dalam dilaminasi untuk mengurangi rugi-rugi inti, selain itu rangka ini juga harus memiliki permeabilitas yang tinggi, disamping kuat secara mekanik.

Biasanya pada motor terdapat papan nama (*name plate*) yang bertuliskan spesifikasi umum atau data-data teknik dari mesin, juga terdapat kotak ujung yang merupakan tempat-tempat ujung-ujung belitan penguat medan dan lilitan jangkar.

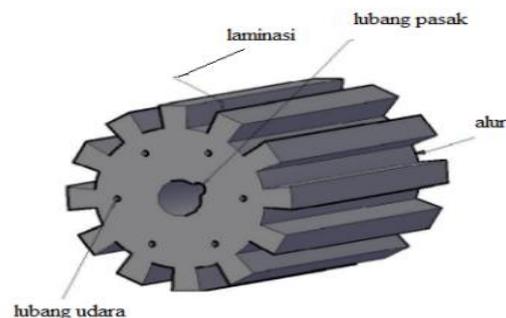
2. Kutub

Kutub medan terdiri atas inti kutub dan sepatu kutub. Sepatu kutub yang berdekatan dengan celah udara dibuat lebih besar dari badan inti. Adapun fungsi dari sepatu kutub adalah :

- a. Sebagai pendukung secara mekanis untuk kumparan medan
- b. Menghasilkan distribusi fluksi yang lebih baik yang tersebar di seluruh jangkar dengan menggunakan permukaan yang melengkung.

3. Inti Jangkar

Inti jangkar yang umum digunakan dalam motor arus searah adalah berbentuk silinder yang diberi alur-alur pada permukaannya untuk tempat melilitkan kumparan-kumparan tempat terbentuknya GGL induksi. Inti jangkar yang terbuat dari bahan ferromagnetik, dengan maksud agar komponen-komponen (lilitan jangkar) terletak dalam daerah yang induksi magnetnya besar, supaya ggl induksi dapat bertambah besar. Seperti halnya inti kutub magnet maka jangkar dibuat dari bahan berlapis- lapis tipis untuk mengurangi panas yang terbentuk karena adanya arus linier ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20. Inti jangkar yang berlapis-lapis

Bahan yang digunakan untuk jangkar ini sejenis campuran baja silikon. Pada umumnya alur tidak hanya diisi satu kumparan yang tersusun secara berlapis.

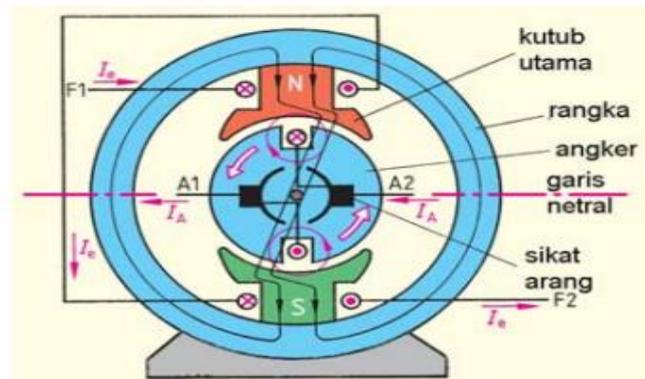
4. Kumparan jangkar

Kumparan jangkar pada motor arus searah merupakan tempat dibangkitkannya ggl induksi. Pada motor DC penguatan kompon panjang kumparan medannya diserikan terhadap kumparan jangkar, sedangkan pada motor DC penguatan kompon pendek kumparan medan serinya diparalel terhadap kumparan jangkar.

5. Kumparan medan

Kumparan medan adalah susunan konduktor yang dibelitkan pada inti kutub.

Rangkaian medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi utama dibentuk dari kumparan pada setiap kutub. Pada aplikasinya rangkaian medan dapat dihubungkan dengan kumparan jangkar baik seri maupun paralel dan juga dihubungkan tersendiri langsung kepada sumber tegangan sesuai dengan jenis penguatan pada motor.



Gambar 21. Hubungan belitan penguat medan dan jangkar motor DC

Belitan stator merupakan elektromagnet, dengan penguat magnet terpisah F1-F2. Belitan jangkar ditopang oleh poros dengan ujung-ujungnya terhubung ke komutator dan sikat arang A1-A2 gambar 3.3. Arus listrik DC pada penguat magnet mengalir dari F1 menuju F2 menghasilkan medan magnet yang memotong belitan jangkar. Belitan jangkar diberikan listrik DC dari A2 menuju ke A1. Sesuai kaidah tangan kiri jangkar akan berputar berlawanan jarum jam.

6. Komutator

Untuk memperoleh tegangan searah diperlukan alat penyearah yang disebut komutator dan sikat. Komutator terdiri dari sejumlah segmen tembaga yang berbentuk lempengan-lempengan yang dirakit ke dalam silinder yang terpasang pada poros. Di mana tiap-tiap lempengan atau segmen-segmen komutator terisolasi dengan baik antara satu sama lainnya.

7. Sikat

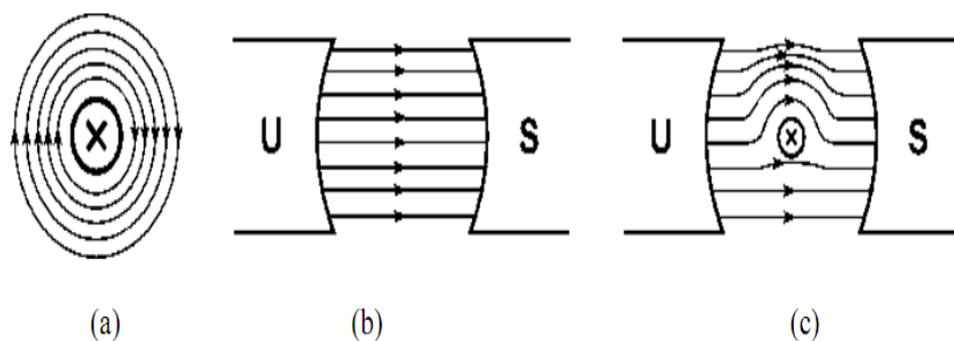
Sikat ini berfungsi sebagai jembatan bagi aliran arus ke kumparan jangkar. Dimana permukaan sikat ditekan ke permukaan segmen komutator untuk menyalurkan arus listrik. Besarnya tekanan pegas dapat diatur sesuai dengan keinginan. Disamping itu sikat memegang peranan penting untuk terjadinya komutasi. Karbon yang ada diusahakan memiliki konduktivitas yang tinggi untuk mengurangi rugi-rugi listrik. Agar gesekan antar komutator-komutator dan sikat tidak mengakibatkan ausnya komutator. Maka sikat harus lebih lunak dari pada komutator.

8. Celah udara

Celah udara merupakan ruang atau celah antara permukaan jangkar dengan permukaan sepatu kutub yang menyebabkan jangkar tidak bergesekan dengan sepatu kutub. Fungsi dari celah udara adalah sebagai tempat mengalirnya fluksi yang dihasilkan oleh kutub-kutub medan.

1) Prinsip Kerja motor DC

Sebuah konduktor yang dialiri arus mempunyai medan magnet disekelilingnya. Pada saat konduktor yang dialiri arus listrik yang ditempatkan pada suatu medan magnet maka konduktor akan mengalami gaya mekanik, seperti diperlihatkan pada Gambar 22.



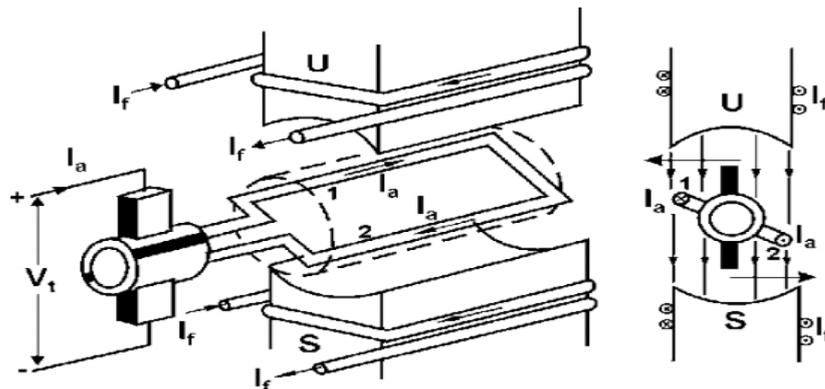
Gambar 22. Pengaruh penempatan konduktor ber-arus dalam medan magnet

Pada Gambar 22(a) menggambarkan sebuah konduktor yang dialiri arus listrik menghasilkan medan magnet disekelilingnya. Arah medan magnet yang dihasilkan oleh konduktor dapat diperoleh dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Kuat medan tergantung pada besarnya arus yang mengalir pada konduktor.

Gambar 22(b) menunjukkan sebuah medan magnet yang arah medan magnetnya adalah dari kutub utara menuju kutub selatan. Pada saat konduktor dengan arah arus menjauhi pembaca ditempatkan didalam medan magnet seragam, maka medan gabungannya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22(c) daerah di atas konduktor, medan yang ditimbulkan konduktor adalah dari kiri ke kanan, atau pada arah yang sama dengan medan utama. Hasilnya adalah memperkuat medan atau menambah kerapatan fluksi di atas konduktor dan melemahkan medan atau mengurangi kerapatan fluksi di bawah konduktor.

Dalam keadaan ini, fluksi di daerah di atas konduktor yang kerapatannya bertambah akan mengusahakan gaya ke bawah kepada konduktor, untuk mengurangi kerapatannya. Hal ini menyebabkan konduktor mengalami gaya berupa dorongan ke arah bawah. Begitu juga halnya jika arah arus dalam konduktor dibalik. Kerapatan fluksi yang berada di bawah konduktor akan bertambah sedangkan kerapatan fluksi di atas konduktor berkurang. Sehingga konduktor akan mendapatkan gaya tolak ke arah atas. Konduktor yang mengalirkan arus dalam medan magnet cenderung bergerak tegak lurus terhadap medan.

Prinsip kerja sebuah motor arus searah dapat dijelaskan dengan gambar 23.



Gambar 23. Prinsip pemutaran motor DC

Pada saat kumparan medan dihubungkan dengan sumber tegangan, mengalir arus medan pada kumparan medan karena rangkaian tertutup sehingga menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan. Selanjutnya ketika kumparan jangkar dihubungkan kesumber tegangan, pada kumparan jangkar mengalir arus jangkar. Arus yang

mengalir pada konduktor-konduktor kumparan jangkar menimbulkan fluksi magnet yang melingkar. Fluksi jangkar ini memotong fluksi dari kutub medan, sehingga menyebabkan perubahan kerapatan fluksi dari medan utama. Hal ini menyebabkan jangkar mengalami gaya sehingga menimbulkan torsi.

Gaya yang dihasilkan pada setiap konduktor dari sebuah jangkar, merupakan akibat aksi gabungan medan utama dan medan disekeliling konduktor. Gaya yang dihasilkan berbanding lurus dengan besar fluksi medan utama dan kuat medan di sekeliling konduktor. Medan di sekeliling masing-masing konduktor jangkar tergantung pada besarnya arus jangkar yang mengalir pada konduktor tersebut. Arah gaya ini dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri.

Besarnya gaya $F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \theta$, karena arus jangkar (I) tegak lurus dengan arah induksi magnetik (B) maka besar gaya yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada konduktor jangkar yang ditempatkan dalam suatu medan magnet adalah :

$$F = B \cdot I \cdot \ell \quad \text{Newton}$$

Dimana :

- F = Gaya lorenz (Newton)
- I = Arus yang mengalir pada konduktor jangkar (Ampere)
- B = Kerapatan fluksi (Weber/m²)
- ℓ = Panjang konduktor jangkar (m)

Sedangkan torsi yang dihasilkan motor dapat ditentukan dengan:

$$T = F \cdot r$$

Bila torsi yang dihasilkan motor lebih besar dari pada torsi beban maka motor akan berputar. Besarnya torsi beban dapat dituliskan dengan:

$$T = K \cdot \phi \cdot I_a$$

$$K = \frac{P \cdot Z}{2 \pi a}$$

Dimana :

- T = torsi (N-m)
- r = jari-jari rotor (m)
- K = konstanta (bergantung pada ukuran fisik motor)
- ϕ = fluksi setiap kutub
- I_a = arus jangkar (A)

P = jumlah kutub
z = jumlah konduktor
a = cabang parallel

2) GGL lawan pada motor DC

Ketika jangkar motor berputar konduktornya juga berputar dan memotong fluksi utama. Sesuai dengan hukum faraday, akibat gerakan konduktor di dalam suatu medan magnetik maka pada konduktor tersebut akan timbul GGL induksi yang diinduksikan pada konduktor tersebut dimana arahnya berlawanan dengan tegangan yang diberikan pada motor. Karena arahnya melawan, maka hal tersebut disebut GGL lawan.

Besarnya tegangan yang diinduksikan tersebut sesuai dengan persamaan berikut:

$$E_b = \frac{P}{a} \frac{z}{60} n \cdot \phi \quad (Volt)$$

Persamaan tegangan secara umum dapat ditulis sebagai berikut:

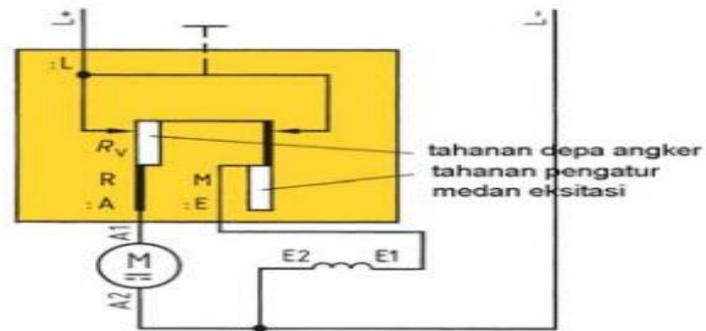
$$E_b = K' \cdot n \cdot \phi$$

Dimana :

$$K' = konstanta = \frac{P}{a} \frac{z}{60}$$

3) Starting Motor DC

Belitan jangkar nilai tahanan sangat kecil, saat starting arus starting akan besar sekali mengalir pada rangkaian jangkar. Hal ini akan merusak belitan jangkar A1-A2, komutator dan sikat arang. Agar arus starting kecil, maka ditambahkan tahanan awal pada rangkaian jangkar RV Gambar 24. Setelah motor berputar sampai dicapai putaran nominalnya tahanan awal RV tidak difungsikan.

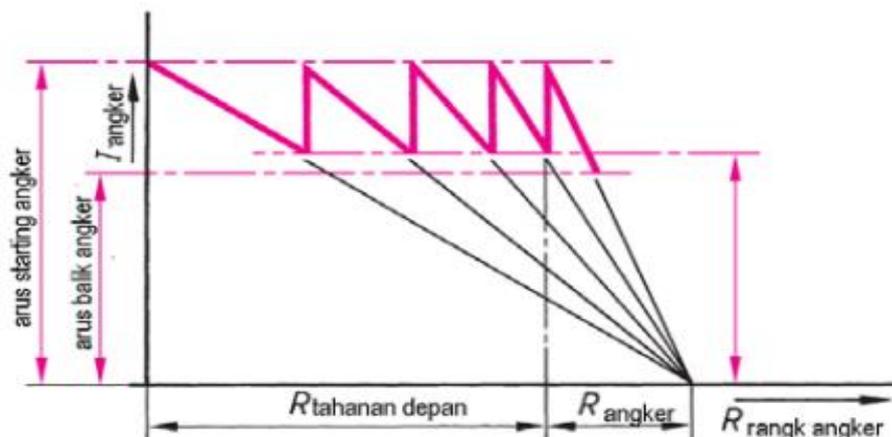


Gambar 24. Starting motor DC dengan tahanan depan jangkar

Untuk mengatur putaran motor DC dilakukan dengan mengatur arus eksitasi penguat medan magnet dengan tahanan geser yang dipasang seri dengan belitan penguat Shunt E1-E2. Pengatur Starting dan pengatur putaran motor DC merupakan satu perangkat yang dipasang pada sebagai pengendali motor DC.

Tahanan pengendali motor DC disambungkan seri dengan jangkar motor DC, tahanan totalnya sebesar $(R_v + R_{jangkar})$. Tahanan depan jangkar R_v dibuat dalam empat step, step pertama nilai tahanan maksimum, arus mengalir ke rangkaian jangkar sebesar $I = U / (R_v + R_{jangkar})$. Nilai tahanan digeser ke step kedua, berikutnya step tiga, step empat dan step terakhir arus mengalir ke jangkar adalah arus nominalnya.

Karakteristik arus jangkar fungsi tahanan $R_v + R_{jangkar}$ dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Karakteristik arus pengasutan motor DC

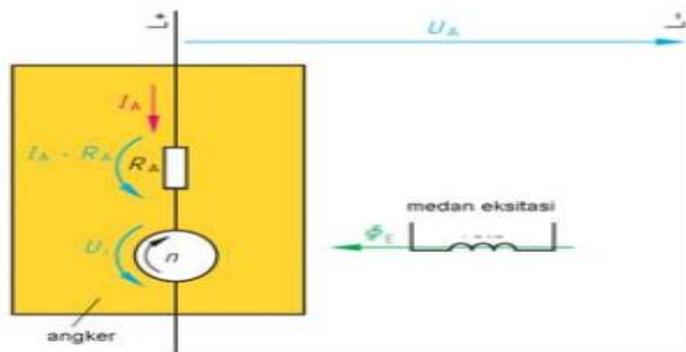
Rangkaian motor DC dengan penguat magnet terpisah. Rangkaian jangkar terdiri dari tahanan jangkar R_A . Ketika belitan jangkar berada pada medan magnet dan posisi jangkar berputar, pada jangkar timbul gaya gerak listrik yang arahnya berlawanan Gambar 26. Pada belitan jangkar terjadi drop tegangan sebesar $(I_A \cdot R_A)$.

Persamaan tegangan motor DC sebagai berikut:

$$U_A = U_i + I_A \cdot R_A \quad \text{dan} \quad U_i \approx \Phi_E \cdot n$$

Dimana :

- U_A = Tegangan sumber DC
 - U_i = Tegangan lawan
 - I_A = Arus jangkar
 - R_A = Tahanan belitan jangkar
 - Φ_E = Fluk Magnet
- n = Putaran motor

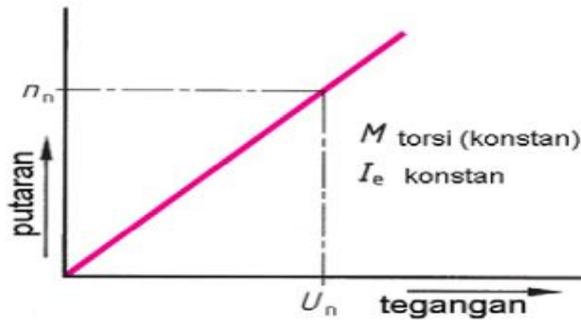


Gambar 26. Drop tegangan penguat medan seri dan jangkar motor DC

4) Pengaturan kecepatan motor DC

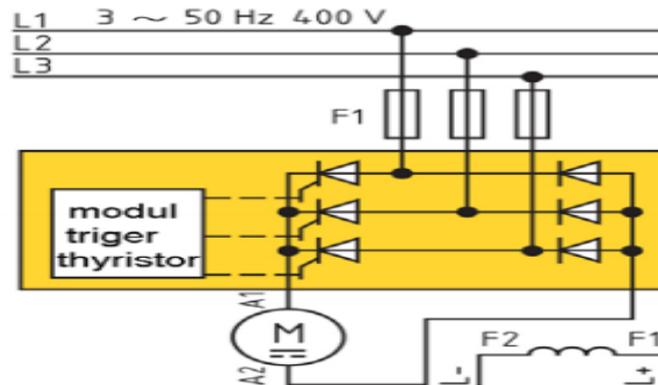
Saat motor DC berputar maka dalam rangkaian jangkar terjadi ggl lawan sebesar U_i . Jika tegangan sumber DC yaitu U_A diatur besarnya, maka besarnya tegangan lawan U_i berbanding lurus dengan putaran motor dan berbanding terbalik dengan medan magnetnya $U_i \approx \Phi_E \cdot n$

Jika arus eksitasi I_e dibuat konstan maka fluk medan magnet Φ_E akan konstan. Sehingga persamaan putaran motor berlaku rumus $n \approx U_i / \Phi_E$, sehingga jika tegangan sumber DC diatur besarnya, maka putaran motor akan berbanding lurus dengan tegangan ke rangkaian jangkar Gambar 27.



Gambar 27. Karakteristik putaran fungsi tegangan jangkar

Pengaturan tegangan sumber DC yang menuju ke rangkaian jangkar menggunakan sumber listrik AC tiga fasa dengan penyearah gelombang penuh tiga buah diode dan tiga buah thyristor Gambar 28. Sekering F1 berguna untuk mengamankan rangkaian diode dan thyristor jika terjadi gangguan pada belitan motor DC.



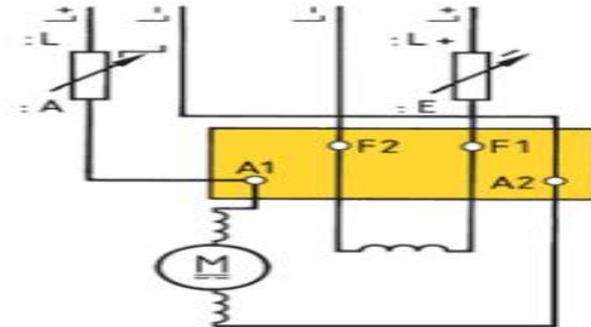
Gambar 28. Pengaturan tegangan jangkar dengan sudut penyalan Thyristor

Dengan mengatur sudut fasa triger, maka penyalan thyristor dapat diatur besarnya tegangan DC yang menuju rangkaian jangkar A1-A2. Belitan penguat terpisah F1-F2 diberikan sumber DC dari luar, dan besarnya arus eksitasi dibuat konstan besarnya.

Motor DC menurut belitan penguat magnetnya dapat dibagi menjadi empat jenis, yaitu : motor penguat terpisah F1-F2, motor belitan shunt E1-E2, motor belitan seri D1-D2 dan motor belitan kompon yaitu gabungan motor shunt E1- E2 dan motor belitan seri D1-D2.

5) Motor DC penguatan terpisah

Motor DC penguat terpisah dikenal pada terminal box dimana belitan jangkarnya A1-A2 dan belitan penguat terpisah F1-F2 Gambar29.

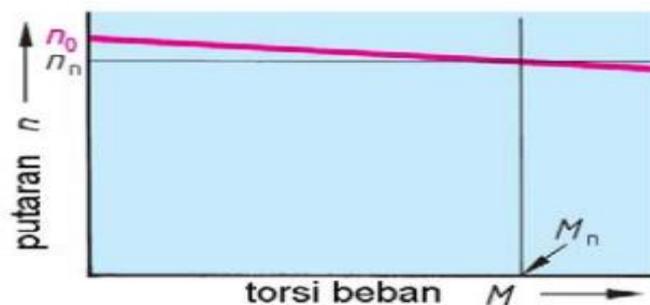


Gambar 29. Rangkaian motor DC penguat terpisah

Aliran listrik dari sumber DC positif (+) melewati tahanan geser untuk starting awal, menuju terminal A1, ke belitan jangkar ke terminal A2 menuju negatif (-). Penguat terpisah dari sumber DC positif (+), menuju F2 belitan terpisah terminal F1 melewati tahanan geser pengatur arus eksitasi menuju negative (-).

Tahanan depan digunakan saat starting agar arus jangkar terkendali dan tidak merusak belitan jangkar atau merusak komutatornya. Tahanan geser pengatur arus eksitasi penguat terpisah F1-F2 mengatur putaran dalam range yang sempit, misalnya dari putaran maksimum 1500 rpm sampai 1400 rpm saja.

Karakteristik putaran terhadap pembebanan momen, saat beban nol putaran motor pada posisi n_0 , motor diberikan beban maksimum putaran motor menjadi n_n . Motor penguat terpisah digunakan pada beban relatif konstan dan tidak berubah secara drastis Gambar 30.



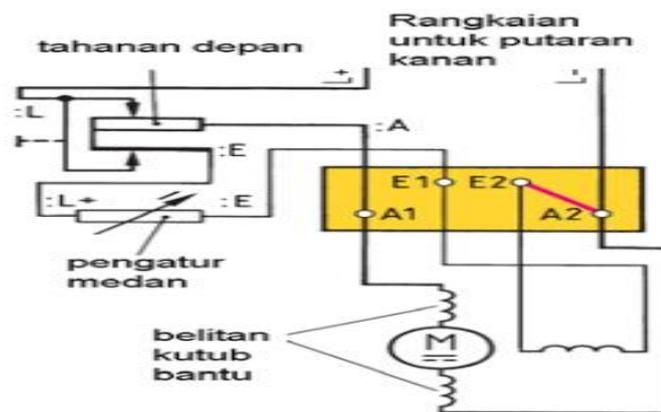
Gambar 30. Karakteristik putaran motor penguat terpisah

6) Motor DC Shunt

Motor DC belitan Shunt terdapat rangkaian jangkar A1-A2 dan belitan Shunt E1-E2 Gambar 31. Pengendali motor DC Shunt terdiri dua tahanan geser yang memiliki fungsi berbeda.

Satu tahanan geser difungsikan untuk starting motor DC, disambungkan seri dengan jangkar A1-A2 tujuannya agar arus starting terkendali. Satu tahanan geser dihubungkan dengan belitan Shunt E1-E2, untuk mengatur arus eksitasi Shunt.

Aliran dari sumber DC positif (+) melewati tahanan geser ke terminal A1, melewati rangkaian jangkar dengan beliatan bantu, ke terminal A2, menuju sumber DC negatif (-). Dari positif sumber DC setelah melewati tahanan geser, menuju terminal E1, ke belitan Shunt, ke terminal E2 selanjutnya kembali ke sumber DC negatif (-).



Gambar 31. Rangkaian motor DC belitan shunt

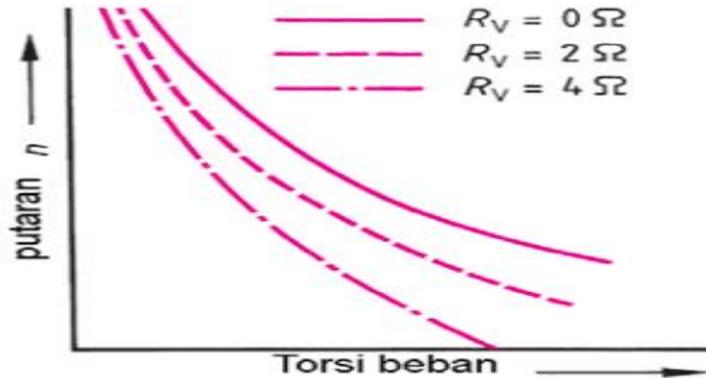
7) Motor DC Seri

Motor DC Seri mudah dikenali dari terminal box memiliki belitan jangkar notasi A1-A2 dan belitan seri notasi D1-D2 Gambar 32. Dalam rangkaian jangkar A1-A2 terdapat dua belitan penguat yaitu kutub bantu dan kutub kompensasi keduanya berfungsi untuk memperbaiki efek reaksi jangkar.

Aliran sumber DC positif (+), melewati tahanan depan RV yang fungsinya untuk starting awal motor seri, selanjutnya ke terminal A1, melewati jangkar ke terminal A2, dikopel dengan D1, melewati belitan seri, ke terminal D2 menuju ke terminal negatif (-).

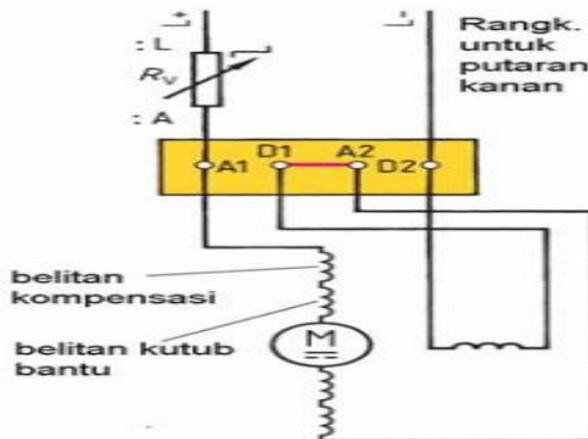
Belitan seri D1-D2 memiliki penampang besar dan jumlah belitannya sedikit. Karena dihubungkan seri dengan belitan jangkar, maka arus eksitasi belitan

sebanding dengan arus beban. Ketika beban dinaikkan, arus beban meningkat dan justru putaran akan menurun.



Gambar 32. Karakteristik putaran motor DC seri

Motor seri harus selalu dalam kondisi diberikan beban, karena saat tidak berbeban dan arus eksitasinya kecil yang terjadi putaran motor akan sangat tinggi sehingga motor akan "terbang", dan sangat berbahaya. Motor seri banyak dipakai pada beban awal yang berat dengan momen gaya yang tinggi putaran motor akan rendah Gambar 33, contohnya pada pemakaian motor stater mobil.

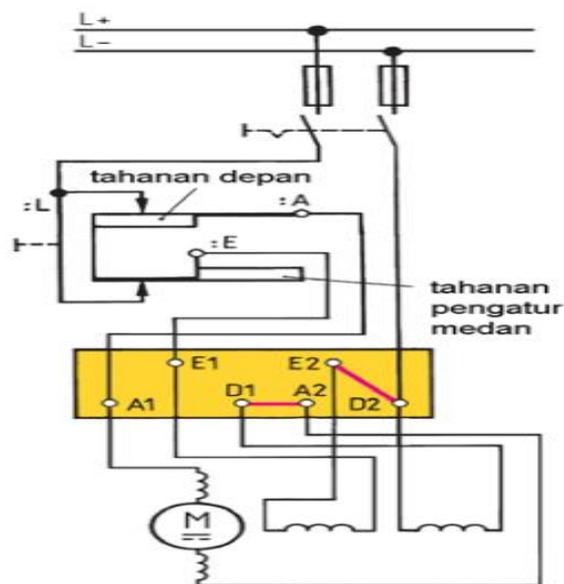


Gambar 33. Rangkaian motor DC seri

8) Motor DC Kompon

Motor DC Belitan Compound merupakan penggabungan dua karakteristik dari motor DC belitan seri dengan motor DC belitan shunt Gambar 34. Memiliki enam terminal, terdiri rangkaian jangkar A1-A2, belitan shunt E1-E2 dan belitan seri D1-D2. Memiliki dua tahanan geser, satu tahanan geser

untuk mengatur starting motor diseri dengan rangkaian jangkar A1-A2. Tahanan geser satunya mengatur arus eksitasi menuju belitan Shunt E1-E2. Aliran sumber DC positif (+) melewati tahanan geser untuk starting, menuju terminal A1, ke rangkaian jangkar dan belitan kutub bantu, ke terminal A2, dikopel terminal D1, ke belitan seri, ke terminal D2 ke sumber DC negatif (-). Sumber DC positif (+) melewati tahanan geser mengatur arus eksitasi ke terminal E1, ke belitan Shunt, ke terminal E2, dikopel terminal D2 kembali ke sumber DC negatif (-).

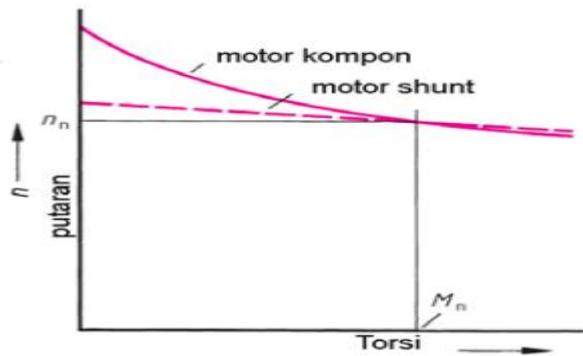


Rangkaian untuk putaran kekanan

Gambar 34. Rangkaian motor DC Kompon

Karakteristik putaran n sebagai fungsi momen torsi beban merupakan gabungan dari karakteristik motor shunt yang memiliki putaran relatif konstan, dan kerarakteristik seri pada momen kecil putaran relatif tinggi Gambar 35

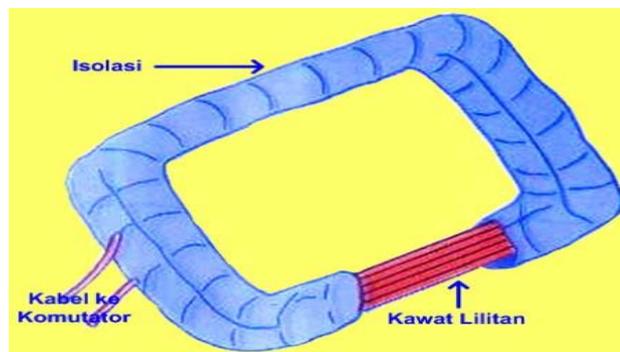
Pengaturan putaran dilakukan dengan pengaturan medan Shunt, dengan range putaran relatif rendah dalam orde ratusan rpm, putaran maksimal 1500 rpm dan putaran minimal 1400 rpm. Untuk mendapatkan range pengaturan putaran yang lebar dilakukan dengan mengatur tegangan yang masuk ke rangkaian jangkarnya.



Gambar 35. Karakteristik putaran motor DC komponen

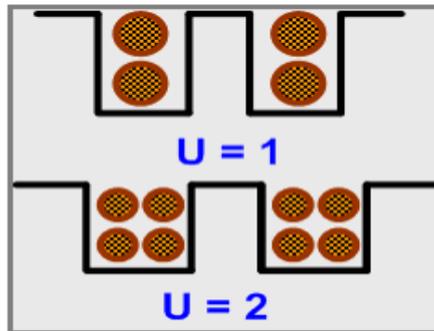
9) Belitan jangkar

Belitan jangkar Motor DC berfungsi sebagai tempat terbentuknya ggl imbas. Belitan jangkar terdiri atas beberapa kumparan yang dipasang di dalam alur jangkar. Tiap-tiap kumparan dapat terdiri atas belitan kawat atau belitan batang.



Gambar 36. Belitan jangkar

Tiap-tiap kumparan mempunyai dua sisi kumparan dan jumlahnya harus genap. Pada tiap-tiap alur bisa dipasang dua sisi kumparan atau lebih dalam dua lapisan bertumpuk Gambar 37.



Gambar 37. Letak sisi-sisi kumparan dalam alur jangkar

Dalam tiap-tiap alur terdapat $2U$ sisi kumparan, maka jumlah alur G adalah :

$$G = \frac{S}{2U}$$

Bila dalam tiap-tiap kutub mempunyai 8 s/d 18 alur, maka :

$$G = (8 - 18) 2p$$

Tiap-tiap kumparan dihubungkan dengan kumparan berikutnya melalui lamel komutator, sehingga semua kumparan dihubungkan seri dan merupakan rangkaian tertutup. Tiap-tiap lamel dihubungkan dengan dua sisi kumparan sehingga jumlah lamel k , adalah :

$$S = 2 \cdot k$$

$$\frac{Z}{Z_s} = 2 \cdot k$$

$$k = \frac{Z}{2 \cdot Z_s}$$

Bila dalam tiap-tiap alur terdapat dua sisi kumparan ($U = 1$) maka jumlah lamel juga sama dengan jumlah alur

$$G = \frac{S}{2U} = \frac{2 \cdot k}{2 \cdot u} \implies k = U \cdot G$$

a. Belitan Gelung

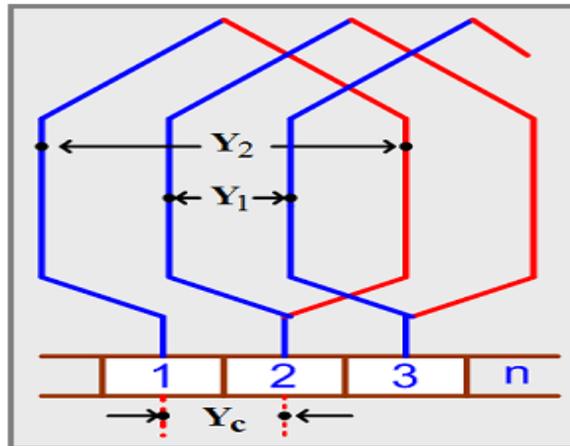
Jika kumparan dihubungkan dan dibentuk sedemikian rupa sehingga setiap kumparan menggantung kembali ke sisi kumparan berikutnya maka hubungan itu disebut belitan gelung. Perhatikan gambar 3.19 Prinsip Belitan gelung.

Y = kisar belitan, yang menyatakan jarak antara lamel permulaan dan lamel berikutnya melalui kumparan.

Y_c = kisar komutator, jumlah lamel yang melalui komutator.

$Y_1, Y_2 =$ kisar bagian.

$$Y = Y_1 + Y_2 = 2 \cdot Y_C$$



Gambar 38 Prinsip Belitan Gelung

Pada belitan gelung kisar bagian Y_2 mundur atau negatif. Tiap kumparan mempunyai satu sisi bernomor ganjil dan satu sisi bernomor genap, karena itu Y_1 dan Y_2 selamanya harus merupakan bilangan ganjil.

Kisar bagian Y_1 ditetapkan oleh lebar kumparan, diperkirakan sama dengan jarak kutub-kutub. Bila lebar kumparan dinyatakan dengan jumlah alur, biasanya dinyatakan dengan kisar Y_g .

$$Y_g = \frac{G}{2p} \Rightarrow Y_g < \frac{G}{2p}$$

Kisar bagian Y_1 biasanya dinyatakan dengan sejumlah sisi kumparan yang harus dilalui supaya dari sisi yang satu sampai pada sisi berikutnya. Di dalam tiap-tiap alur dimasukkan sisi kumparan $2U$ dan secara serempak beralih dari lapisan atas ke lapisan bawah, karena itu :

$$Y_1 = 2 \cdot U \cdot Y_g + 1$$

Kisar bagian Y_1 menentukan cara menghubungkan ujung kumparan yang satu dengan kumparan berikutnya melalui lamel komutator, kisar Y_2 biasa disebut juga kisar hubung.

$$Y_2 = 2 \cdot Y_C - Y_1$$

Contoh :

$$2p = 2, \quad G = k = 8$$

$S = 16$, dan $U = 1$ rencanakan belitan gelung tunggalnya :

$$Y_g = \frac{G}{2p} = \frac{8}{2} = 4 \quad Y_c = 1$$

$$Y_1 = 2 \cdot U \cdot Y_g + 1 \quad Y_2 = 2 \cdot Y_c - Y_1$$

$$= 2 \cdot 1 \cdot 4 + 1 \quad = 2 \cdot 1 - 9$$

$$= 9 \quad = -7$$

Tabel 1 Hubungan Sisi Kumparan dengan Lamel Belitan Gelung

LAMEL	SISI KUMPARAN	LAMEL
1	1 - 10	2
2	3 - 12	3
3	5 - 14	4
4	7 - 16	5
5	9 - 2	6
6	11 - 4	7
7	13 - 6	8
8	15 - 8	1

b. Belitan Gelung Majemuk

Belitan Gelung Majemuk terdiri dari dua belitan gelung tunggal atau lebih yang dililit secara simetris antara yang satu dengan yang lainnya. Pada belitan gelung tunggal banyaknya cabang paralel sama dengan banyaknya jumlah kutub ($2p$) dari mesin tersebut, sedangkan pada belitan gelung majemuk yang mempunyai m gelung tunggal, banyaknya cabang paralel adalah:

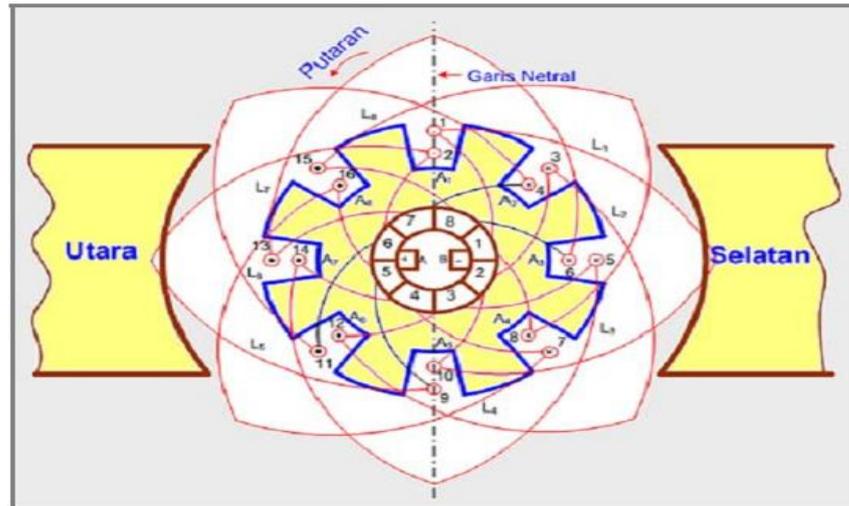
$$a = m \cdot p .$$

$$Y_c = m$$

$$Y_2 = 2 \cdot m - Y_1$$

Sedangkan untuk menentukan Y_1 sama seperti pada belitan gelung tunggal.

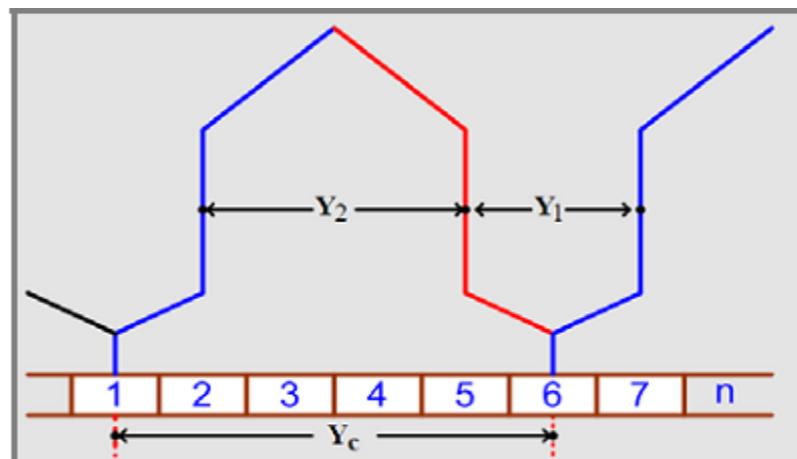
Untuk mendapatkan belitan gelung majemuk tertutup ujung belitan terakhir harus kembali lagi ke lamel permulaan.



Gambar 39. Belitan Gelung Tunggal

a. Belitan Gelombang Tunggal

Pada belitan gelombang kisar komutator Y_C lebih besar bila dibandingkan dengan Y_C pada belitan gelung .



Gambar 40. Prinsip Belitan Gelombang

Kisar bagian pada belitan gelombang mempunyai nilai positif (maju) .

$$Y_C = \frac{k \pm 1}{p}$$

Contoh :

$$2p = 4 ; S = 42 ; G = k = 21 ; u = 1$$

$$Y_c = \frac{21 + 1}{2}, \quad Y_c = 10 \text{ atau } 11$$

kita ambil $Y_c = 10$

$$Y_G = \frac{G}{2p} = \frac{21}{4} = 5 \frac{1}{4}$$

kita bulatkan menjadi 5

$$Y_1 = 2 \cdot u \cdot Y_G + 1 = 2 \cdot 1.5 + 1 = 11$$

dan

$$Y_2 = 2 \cdot Y_c - Y_1 = 2 \cdot 10 - 11 = 9$$

Tabel 2. Hubungan Sisi Kumparan dengan Lamel Belitan Gelombang

LAMEL	SISI KUMPARAN	LAMEL
1	1 - 12	11
11	21 - 32	21
21	41 - 10	10
10	19 - 30	20
20	39 - 8	9
9	17 - 28	19
19	37 - 6	8
8	15 - 26	18
18	35 - 4	7
7	13 - 24	17
17	33 - 2	6
6	11 - 22	16
16	31 - 42	5
5	9 - 20	15
15	29 - 40	4
4	7 - 18	14
14	27 - 38	3
3	5 - 16	13
13	25 - 36	2
2	3 - 14	12
12	23 - 34	1

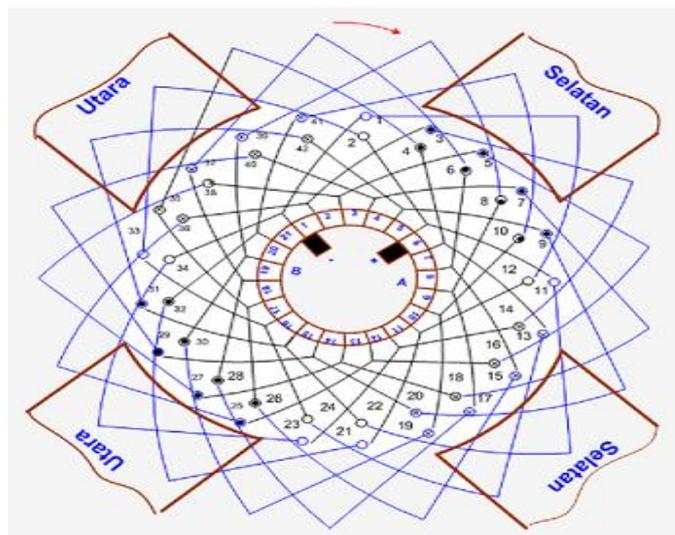
Pada belitan gelombang tunggal banyaknya sikat yang dibutuhkan hanya dua buah, tidak tergantung pada jumlah kutubnya.

c. Belitan Gelombang Majemuk

Apabila nilai arus atau tegangan yang diperlukan tidak bisa dipenuhi dengan belitan gelung atau gelombang tunggal, maka diatasi dengan belitan gelombang majemuk.

Belitan gelombang majemuk terdiri dari dua belitan gelombang tunggal atau lebih. Tiap-tiap belitan gelombang tunggal terdiri dari dua cabang paralel untuk gelombang majemuk $a = 2$.

$$Y_C = \frac{k \pm m}{p}$$



Gambar 41. Belitan Gelombang Tunggal

Berdasarkan penjelasan di atas maka dapat dilihat perbedaan-perbedaan yang terdapat pada belitan gelung dan gelombang yaitu :

Belitan Gelung

1. Untuk generator bertegangan rendah, arus besar.
2. Ujung-ujung kumparan disambung pada lamel yang berdekatan.
3. Pada belitan gelung tunggal, arus yang mengalir pada jangkar terbagi sesuai dengan jumlah kutub.
4. Pada belitan gelung majemuk, arus yang mengalir terbagi sesuai dengan rumusan $a = m \cdot p$.
5. Sisi kumparan terbagi pada dua bagian, yaitu terletak dihadapan kutub utara dan kutub selatan.

Belitan Gelombang

1. Untuk generator bertegangan tinggi, arus rendah.
2. Pada belitan gelombang tunggal ujung-ujung kumparan dihubungkan pada lamel komutator dengan jarak mendekati 3600 Listrik.

3. Jumlah cabang paralel pada belitan gelombang tunggal adalah 2 (dua), walaupun jumlah kutubnya > 2.
4. Pada belitan gelombang tunggal penghantar-penghantar pada masing-masing cabang, diletakkan terbagi rata pada seluruh permukaan kutub-kutubnya.
5. Belitan gelombang majemuk digunakan jika dengan belitan gelung atau gelombang tunggal arus atau tegangan yang diperlukan tidak tercapai.

10) Rugi-rugi Daya dan Efisiensi Motor DC

1. Rugi-rugi Tembaga atau Listrik

Rugi tembaga terjadi karena adanya resistansi dalam belitan jangkar dan belitan medan magnet. Rugi tembaga akan diubah menjadi panas dalam kawat jangkar maupun kawat penguat magnet. Desain Motor DC dilengkapi dengan kipas rotor tujuannya untuk menghembuskan udara luar masuk kedalam jangkar dan mendinginkan panas yang terjadi akibat rugi-rugi tembaga.

Rugi tembaga dari belitan dibagi atas:

- a. Rugi tembaga terjadi pada jangkar $\Rightarrow I_a^2 \cdot R_a$ Watt
- b. Rugi tembaga medan terdiri dari:

$I_{sh}^2 \cdot R_{sh}$ Watt \Rightarrow Motor Shunt / Motor Kompon

$I_s^2 \cdot R_s$ Watt \Rightarrow Motor Seri / Motor Kompon

2. Rugi-rugi Besi atau Magnet

a. Rugi Histerisis

$$P_h = \eta \cdot B_{\max} \times f \cdot V \text{ Watt}$$

$$\eta = \text{Steinmetz Hysteresis Coefficient}$$

$$B_{\max} = \text{Kerapatan Fluks}$$

$$\text{maksimum} \left[\frac{Wb}{m^2} \right]$$

$$f = \text{frekuensi dalam Hertz}$$

$$V = \text{Volume inti (m}^3\text{)}$$

$$\text{nilai } x = \text{antara } 1,6 \text{ s/d } 2$$

b. Arus Pusar (Eddy Current)

Inti pada stator dan inti pada jangkar motor terdiri dari tumpukan pelat tipis dari bahan ferro magnetis. Tujuan dari pemilihan plat tipis adalah untuk menekan rugi-rugi arus eddy yang terjadi pada Motor DC.

$$P_e = K_e \cdot B_{\max}^2 \cdot f^2 \cdot V \cdot t^2$$

K_e = Konstanta arus pusar

t = ketebalan dari inti magnet (m)

3. Rugi Mekanis

Rugi mekanis yang terjadi pada motor disebabkan oleh adanya gesekan dan hambatan angin, seperti pada bagian poros motor.

4. Efisiensi Motor

Efisiensi adalah prosentase perbandingan daya keluar dan daya masuk yang terjadi pada motor.

$$\eta = \frac{\text{daya keluar}}{\text{daya masuk}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{\text{daya keluar}}{\text{daya masuk} + \sum \text{rugi}} \times 100\%$$

b. Motor arus bolak-balik (AC *Alternating Current*)

1) **Motor AC tiga fasa**

a) **Motor Sinkron**

Konstruksi motor sinkron 3-fasa sama dengan konstruksi generator sinkron 3-fasa (alternator 3-fasa). Oleh karena itu, kumparan motor sinkron ini juga dapat dibuat dalam bentuk hubunga bintang (Y) dan delta seperti halnya pada alternator 3-fasa. Motor ini dapat dianalisa dengan menggunakan rangkaian ekuivalen yang sama dengan alternator, tetapi dengan arah arus yang berbeda. Rumus untuk motor sinkron 3-fasa sebagai berikut.

a. Untuk hubungan bintang (Y)

$$E_{A(fasa-R)} = V_{RN} - I_{A(R)} \cdot (R_{A(R)} + jX_{S(R)})$$

dengan :

$$V_{RN} = V_{LN} \angle \theta^{\circ}$$

$$E_{A(fasa-S)} = V_{SN} - I_{A(S)} \cdot (R_{A(S)} + jX_{S(S)})$$

dengan

$$V_{SN} = V_{LN} \angle (\theta + 240)^{\circ}$$

$$E_{A(fasa-T)} = V_{TN} - I_{A(T)} \cdot (R_{A(T)} + jX_{S(T)})$$

dengan :

$$V_{TN} = V_{LN} \angle (\theta + 120)^{\circ}$$

dengan :

$$V_{LN} = V_{LL} / \sqrt{3}$$

$$V_{LL} = V_{RS} = V_{ST} = V_{TR}$$

b. Untuk hubungan delta

$$E_{A(fasa-RS)} = V_{RS} - I_{A(RS)} \cdot (R_{A(RS)} + jX_{S(RS)})$$

dengan : $V_{RS} = V_{LL} \angle \theta^{\circ}$

$$E_{A(fasa-ST)} = V_{ST} - I_{A(ST)} \cdot (R_{A(ST)} + jX_{S(ST)})$$

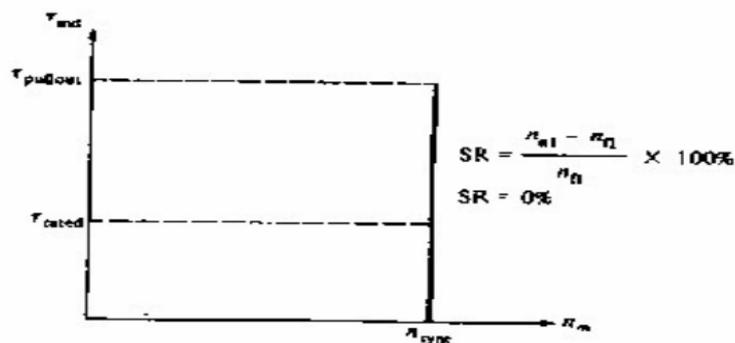
dengan : $V_{ST} = V_{LL} \angle (\theta + 240)^{\circ}$

$$E_{A(fasa-TR)} = V_{TR} - I_{A(TR)} \cdot (R_{A(TR)} + jX_{S(TR)})$$

dengan : $V_{TR} = V_{LL} \angle (\theta + 120)^{\circ}$

dengan : $I_A = I_{LL} / \sqrt{3}$

Karakteristik motor sinkron



Gambar 42. Karakteristik torsi – kecepatan

Motor sinkron pada dasarnya merupakan alat yang menyuplai tenaga ke beban pada kecepatan konstan. Kecepatan putaran motor adalah terkunci pada frekuensi listrik yang diterapkan, oleh karena itu kecepatan motor

adalah konstan pada beban bagaimanapun. Kecepatan motor yang tetap ini dari kondisi tanpa beban sampai torsi maksimum yang bisa disuplai motor disebut torsi *pullout*. Bentuk karakteristik torsi terhadap kecepatan ini diperlihatkan pada Gambar 42.

Persamaan torsi motor sinkron 3-fasa sebagai berikut:

$$T = \frac{3 \cdot V_{\phi} \cdot E_a \cdot \sin \delta}{\omega_m \cdot X_s}$$

Torsi maksimum motor terjadi ketika $\delta = 90^\circ$. Umumnya torsi maksimum motor sinkron adalah tiga kali torsi beban penuhnya. Ketika torsi pada motor sinkron melebihi torsi maksimum maka motor akan kehilangan sinkronisasi. Persamaan Torsi maksimum (*pullout*) motor sinkron dapat dibuatkan sebagai berikut:

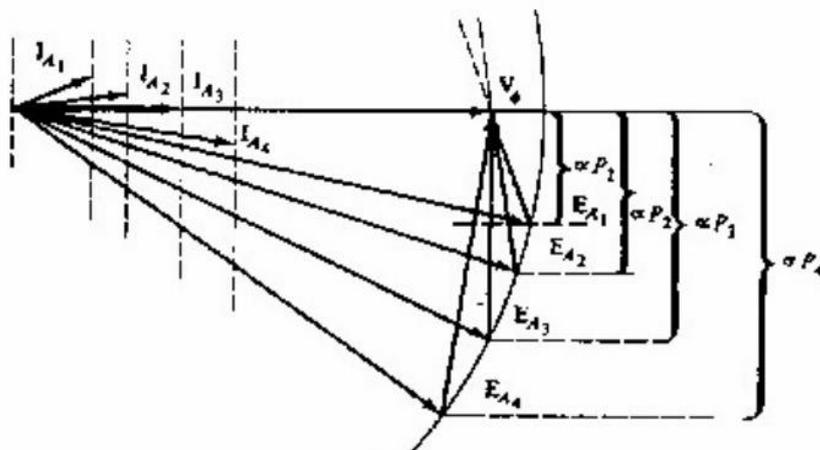
$$T = k \cdot B_R B_{net}$$

atau

$$T = \frac{3 \cdot V_{\phi} \cdot E_a \cdot \sin \delta}{\omega_m \cdot X_s}$$

Dari persamaan di atas menunjukkan bahwa semakin besar arus medan, maka torsi maksimum motor akan semakin besar.

Pengaruh perubahan beban pada motor sinkron



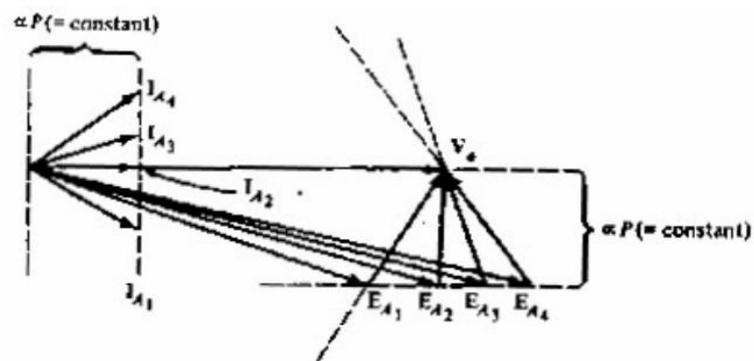
Gambar 43. Pengaruh perubahan beban pada motor sinkron

Gambar 43 memberikan gambaran bentuk pengaruh perubahan beban pada motor sinkron. Jika beban dihubungkan pada motor sinkron, maka

motor akan membangkitkan torsi yang cukup untuk menjaga motor dan bebannya berputar pada kecepatan sinkron. Misal mula-mula motor sinkron beroperasi pada faktor daya mendahului (*leading*). Jika beban pada motor dinaikkan, putaran rotor pada dasarnya akan melambat. Ketika hal ini terjadi, maka sudut torsi δ menjadi lebih besar dan torsi induksi akan naik. Kenaikan torsi induksi akan menambah kecepatan rotor, dan motor akan kembali berputar pada kecepatan sinkron tapi dengan sudut torsi δ yang lebih besar.

Pengaruh perubahan arus medan pada motor sinkron

Kenaikan arus medan I_F menyebabkan kenaikan besar E_a tetapi tidak mempengaruhi daya real yang disuplai motor. Daya yang disuplai motor berubah hanya ketika torsi beban berubah. Oleh karena perubahan arus medan tidak mempengaruhi kecepatan dan beban yang dipasang pada motor, maka daya real yang disuplai motor juga tidak berubah. Oleh karena tegangan fasa sumber tegangan juga konstan, maka jarak daya pada diagram fasor ($E_a \sin \delta$ dan $I_a \cos \theta$ pada Gambar 44) juga harus konstan. Ketika arus medan dinaikkan, maka E_a naik, tetapi ia hanya bergeser disepanjang garis dengan daya konstan. Gambaran hubungan pengaruh kenaikan arus medan pada motor sinkron ini diperlihatkan pada Gambar 44.



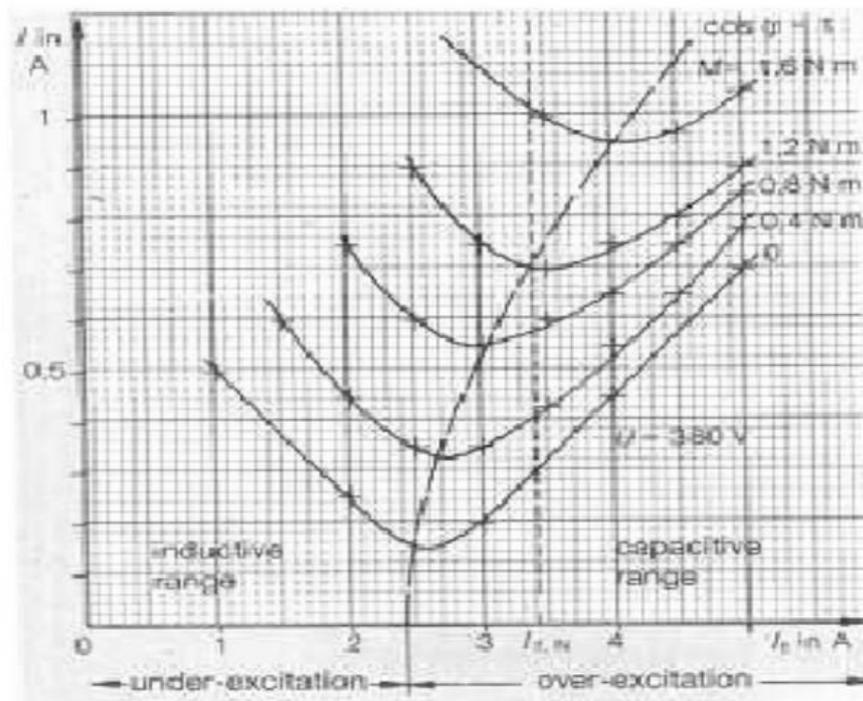
Gambar 44. Pengaruh kenaikan arus medan pada motor sinkron

Ketika nilai E_a naik, besar arus I_a mula-mula turun dan kemudian naik lagi. Pada nilai E_a rendah, arus jangkar I_a adalah lagging dan motor bersifat induktif. I_a bertindak seperti kombinasi resistor-induktor dan menyerap daya reaktif Q . Ketika arus medan dinaikkan, arus jangkar

menjadi kecil dan pada akhirnya menjadi sefasis (sefasa) dengan tegangan. Pada kondisi ini motor bersifat resistif murni. Ketika arus medan dinaikkan lebih jauh, maka arus jangkar akan menjadi mendahului (leading) dan motor menjadi beban kapasitif. Ia bertindak seperti kombinasi resistor-kapasitor menyerap daya reaktif negatif $-Q$ (menyuplai daya reaktif Q ke sistem). Hubungan antara arus jangkar I_a dengan arus medan I_f untuk satu beban (P) yang tetap akan merupakan kurva yang berbentuk V seperti yang diperlihatkan pada Gambar 45.

Beberapa kurva V digambarkan untuk level daya yang berbeda. Arus jangkar minimum terjadi pada faktor daya satu dimana hanya daya real yang disuplai ke motor. Pada titik lain, daya reaktif disuplai ke atau dari motor. Untuk arus medan lebih rendah dari nilai yang menyebabkan I_a minimum, maka arus jangkar akan tertinggal (*lagging*) dan menyerap Q . Oleh karena arus medan pada kondisi ini adalah kecil, dan motor dikatakan *under excitation*. Untuk arus medan lebih besar dari nilai yang menyebabkan I_a minimum, maka arus jangkar akan mendahului (*leading*) dan menyuplai Q . Kondisi ini disebut *over excitation*.

I_f untuk satu beban (P) yang tetap pada motor sinkron

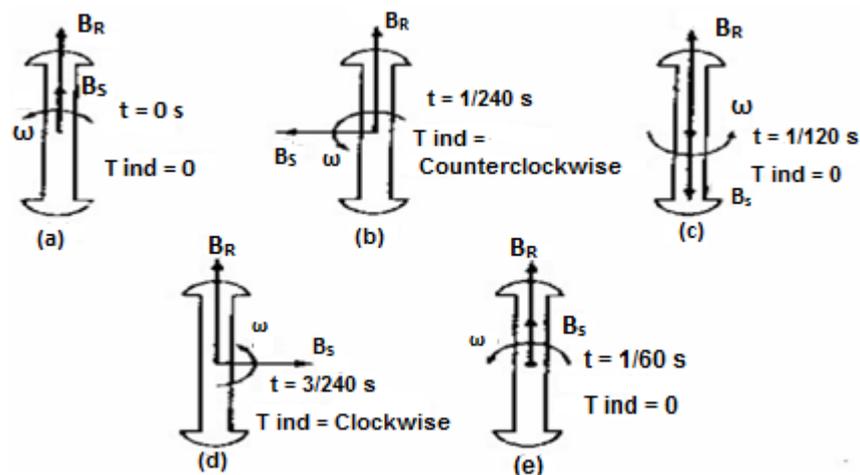


Gambar 45. Kurva V hubungan antara arus jangkar I_a dengan arus medan

Kondensor Sinkron

Telah diterangkan sebelumnya bahwa apabila motor sinkron diberi penguatan berlebih, maka untuk mengkompensasi kelebihan fluks, dari jala-jala akan ditarik arus kapasitif. Karena itu motor sinkron (tanpa beban) yang diberi penguat berlebih akan berfungsi sebagai kapasitor dan mempunyai kemampuan untuk memperbaiki faktor daya. Motor sinkron demikian disebut kondensor sinkron.

Starting Motor Sinkron



Gambar 46. Torsi motor sinkron pada kondisi start

Pada saat *start* (tegangan dihubungkan ke kumparan stator) kondisi motor adalah diam dan medan rotor B_R juga stasioner, medan magnet stator mulai berputar pada kecepatan sinkron. Saat $t = 0$, B_R dan B_S adalah segaris, maka torsi induksi pada rotor adalah nol. Kemudian saat $t = \frac{1}{4}$ siklus rotor belum bergerak dan medan magnet stator ke arah kiri menghasilkan torsi induksi pada rotor berlawanan arah jarum jam.

Selanjutnya pada $t = \frac{1}{2}$ siklus B_R dan B_S berlawanan arah dan torsi induksi pada kondisi ini adalah nol. Pada $t = \frac{3}{4}$ siklus medan magnet stator ke arah kanan menghasilkan torsi searah jarum jam. Demikian seterusnya pada $t = 1$ siklus medan magnet stator kembali segaris dengan medan magnet rotor. Bentuk hubungan Torsi motor sinkron pada kondisi start ini diperlihatkan pada Gambar 46.

Selama satu siklus elektrik dihasilkan torsi pertama berlawanan jarum jam kemudian searah jarum jam, sehingga torsi rata-rata pada satu siklus adalah nol. Ini menyebabkan motor bergetar pada setiap siklus dan

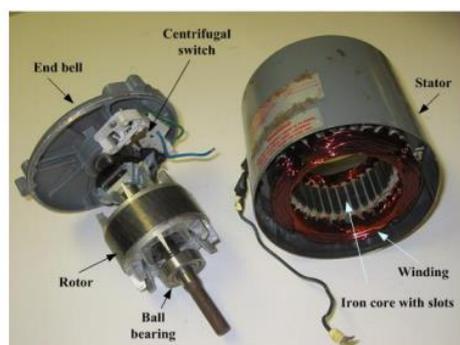
mengalami pemanasan lebih. Tiga pendekatan dasar yang dapat digunakan untuk menstart motor sinkron dengan aman adalah:

1. Mengurangi kecepatan medan magnet stator pada nilai yang rendah sehingga rotor dapat mengikuti dan menguncinya pada setengah siklus putaran medan magnet. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi frekuensi tegangan yang diterapkan.
2. Menggunakan penggerak mula eksternal untuk mengakselerasikan motor sinkron hingga mencapai kecepatan sinkron, kemudian penggerak mula dimatikan (dilepaskan).
3. Menggunakan kumparan peredam (damper winding) atau dengan membuat kumparan rotor motor sinkron seperti kumparan rotor belitan pada motor induksi (hanya saat start).

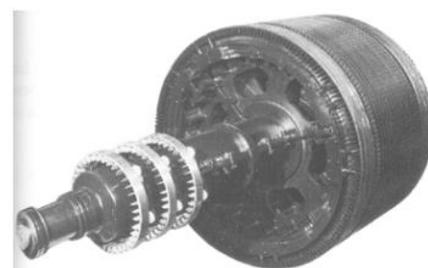
b) Motor Induksi

Konstruksi motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti yang diperlihatkan pada Gambar 47 sebagai berikut :

1. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Celah : Merupakan celah udara: Tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor.
3. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.



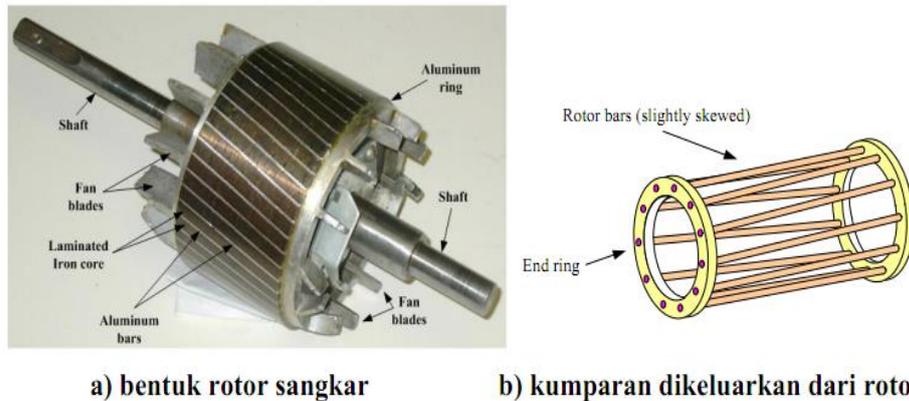
a) stator dan rotor sangkar



b) rotor belitan

Gambar 47. Bentuk konstruksi dari motor induksi

Bentuk konstruksi rotor sangkar motor induksi secara lebih rinci diperlihatkan pada Gambar 48.



a) bentuk rotor sangkar

b) kumparan dikeluarkan dari rotor

Gambar 48. Konstrksi rotor sangkar motor induksi

Konstruksi stator motor induksi pada dasarnya terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. Rumah stator (rangka stator) dari besi tuang.
2. Inti stator dari besi lunak atau baja silikon.
3. Alur, bahannya sama dengan inti, dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan stator).
4. Belitan (kumparan) stator dari tembaga.

Rangka stator motor induksi ini didisain dengan baik dengan empat tujuan yaitu:

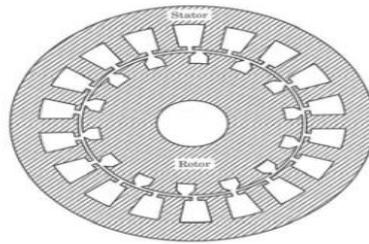
1. Menutupi inti dan kumparannya.
2. Melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan objek atau gangguan udara terbuka (cuaca luar).
3. Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didisain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan.
4. Berguna sebagai sarana rumah ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif.

Berdasarkan bentuk konstruksinya, maka motor induksi dapat dibagi menjadi dua jenis seperti yang diperlihatkan pada Gambar 47, yaitu:

1. Motor induksi dengan rotor sangkar (*squirrel cage*)
2. Motor induksi dengan rotor belitan (*wound rotor*)

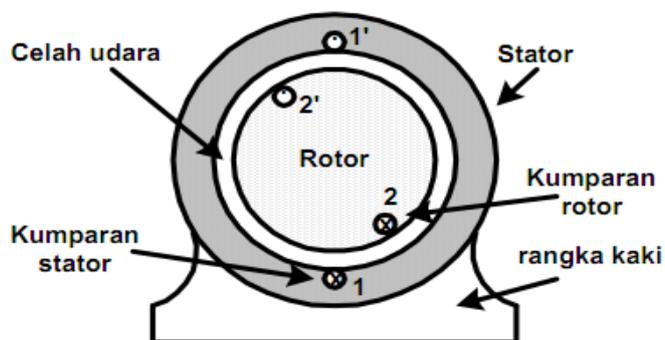
Konstruksi rotor motor induksi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. Inti rotor, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti stator.
2. Alur, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti. Alur merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan) rotor.
3. Belitan rotor, bahannya dari tembaga.
4. Poros atau as.



Gambar 49. Gambaran sederhana bentuk alur / slot pada motor induksi

Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin. Bentuk gambaran sederhana bentuk alur / slot pada motor induksi diperlihatkan pada Gambar 49 dan gambaran sederhana penempatan stator dan rotor pada motor induksi diperlihatkan pada Gambar 50.



Gambar 50. Gambaran sederhana motor induksi dengan satu kumparan stator dan satu kumparan rotor

Tanda silang (x) pada kumparan stator atau rotor pada gambar 50 menunjukkan arah arus yang melewati kumparan masuk ke dalam kertas (tulisan ini) sedangkan tanda titik (.) menunjukkan bahwa arah arus keluar dari kertas.

Prinsip kerja motor induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3-fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3-fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Penghantar (kumparan) rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus; dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi. Bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun.

Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot-slotnya yang dililitkan pada sejumlah kutub tertentu. Jumlah kutub ini menentukan kecepatan berputarnya medan stator yang terjadi yang diinduksikan ke rotornya. Makin besar jumlah kutub akan mengakibatkan makin kecilnya kecepatan putar medan stator dan sebaliknya. Kecepatan berputarnya medan putar ini disebut kecepatan sinkron. Besarnya kecepatan sinkron ini adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\omega_{sink} &= 2 \pi f \quad (\text{listriik, rad/dt}) \\ &= 2 \pi f / P \quad (\text{mekanik, rad/dt})\end{aligned}$$

atau

$$N_s = 60 \cdot f / P \quad (\text{putaran/menit, rpm})$$

Dimana :

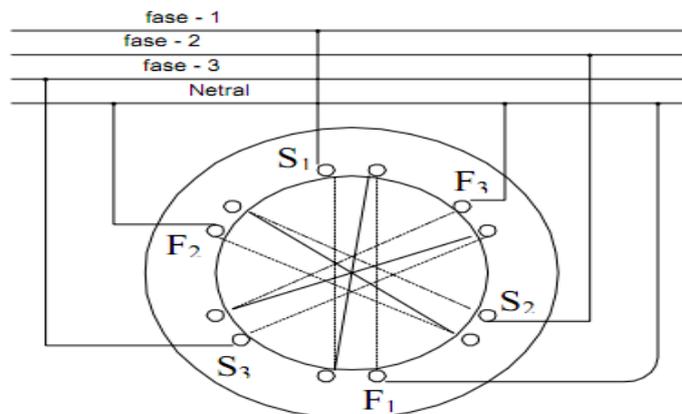
f = frekuensi sumber AC (Hz)

P = jumlah pasang kutup

N_s dan ω_{sink} = kecepatan putaran sinkron medan magnet stator

Prinsip kerja motor induksi berdasarkan macam fase sumber tegangannya dapat dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut dibawah ini:

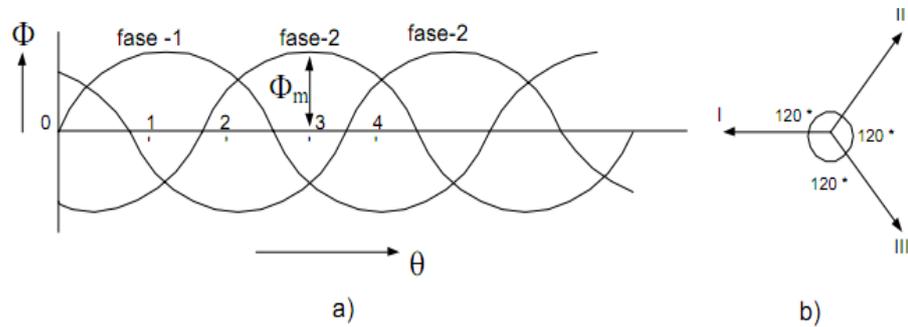
1. Sumber 3-fase



Gambar 51. Bentuk hubungan sederhana kumparan motor induksi 3-fase dengan dua kutup stator

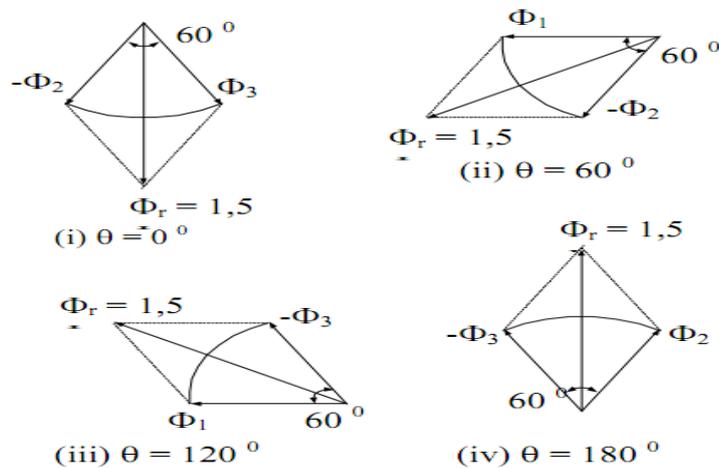
Sumber 3-fase ini biasanya digunakan oleh motor induksi 3-fase. Motor induksi 3-fase ini mempunyai kumparan 3-fase yang terpisah antar satu sama lainnya sejarak 120^o listrik yang dialiri oleh arus listrik 3-fase yang berbeda fase 120^o listrik antar fasenya, sehingga keadaan ini akan menghasilkan resultan fluks magnet yang berputar seperti halnya kutup magnet aktual yang berputar secara mekanik. Bentuk gambaran sederhana hubungan kumparan motor induksi 3-fase dengan dua kutup stator diperlihatkan pada Gambar 51.

Berentuk gambaran fluks yang terjadi pada motor induksi 3-fasa diperlihatkan pada Gambar 52 (fluks yang terjadi pada kumparan 3-fase diasumsikan sinusoidal seperti yang diperlihatkan pada Gambar52a dengan arah fluks positif seperti Gambar 52b)



Gambar 52. Fluks yang terjadi pada motor induksi 3-fase dari gambar 51

Bila dimisalkan nilai fluks maksimum yang terjadi pada salah satu fasenya disebut ϕ_m , maka resultan fluks ϕ_r pada setiap saat diperoleh dengan melakukan penjumlahan vektor dari masing-masing fluks ϕ_1 , ϕ_2 dan ϕ_3 akibat pengaruh 3-fasenya. Bila nilai ϕ_r dihitung setiap $1/6$ periode dari Gambar 52a dengan mengambil titik-titik 0, 1, 2 dan 3 maka akan diperoleh bentuk gambaran perputaran fluks stator seperti yang diperlihatkan pada Gambar 53.



Gambar 53. Bentuk perputaran fluks stator

Bentuk perhitungan hingga terjadinya perputaran fluks magnet stator dari Gambar 53 dapat diterangkan dengan memperhatikan kembali titik-titik 0, 1, 2 dan 3 sebagai berikut.

(i) Saat $\theta = 0^\circ$

$$\phi_1 = 0, \quad \phi_2 = -[(\sqrt{3}) / 2] \times \phi_m, \quad \phi_3 = [(\sqrt{3}) / 2] \times \phi_m$$

Penjumlahan vektor dari ketiga vektor ϕ_1 , ϕ_2 dan ϕ_3 ini menghasilkan vektor ϕ_r .

$$\begin{aligned}\phi_r &= 2 \times [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m \times \cos(60^\circ/2) \\ &= \sqrt{3} \times [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m \\ &= (3/2) \phi_m\end{aligned}$$

(ii) Saat $\theta = 60^\circ$

$$\phi_1 = [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m, \quad \phi_2 = -[(\sqrt{3})/2] \times \phi_m, \quad \phi_3 = 0$$

Penjumlahan vektor dari ketiga vektor ϕ_1 , ϕ_2 dan ϕ_3 ini menghasilkan vektor ϕ_r dengan perhitungan :

$$\begin{aligned}\phi_r &= 2 \times [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m \times \cos(60^\circ/2) \\ &= \sqrt{3} \times [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m \\ &= (3/2) \phi_m\end{aligned}$$

Di sini dapat dilihat bahwa resultan fluks yang dihasilkan adalah tetap sebesar $(3/2) \phi_m$ dan berputar searah jarum jam dengan besar sudut sebesar 60°

(iii) Saat $\theta = 120^\circ$

$$\phi_1 = [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m, \quad \phi_2 = 0, \quad \phi_3 = -[(\sqrt{3})/2] \times \phi_m$$

Penjumlahan vektor dari ketiga vektor ϕ_1 , ϕ_2 dan ϕ_3 ini menghasilkan vektor ϕ_r dengan perhitungan :

$$\begin{aligned}\phi_r &= 2 \times [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m \times \cos(60^\circ/2) \\ &= \sqrt{3} \times [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m \\ &= (3/2) \phi_m\end{aligned}$$

Di sini dapat dilihat bahwa resultan fluks yang dihasilkan adalah tetap lagi sebesar $(3/2) \phi_m$ dan berputar lagi searah jarum jam dengan besar sudut sebesar 60° atau 120° saat awal.

(iv) Saat $\theta = 180^\circ$

$$\phi_1 = [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m, \quad \phi_2 = -[(\sqrt{3})/2] \times \phi_m, \quad \phi_3 = 0$$

Penjumlahan vektor dari ketiga vektor ϕ_1 , ϕ_2 dan ϕ_3 ini menghasilkan vektor ϕ_r dengan perhitungan :

$$\begin{aligned}\phi_r &= 2 \times [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m \times \cos(60^\circ/2) \\ &= \sqrt{3} \times [(\sqrt{3})/2] \times \phi_m \\ &= (3/2) \phi_m\end{aligned}$$

Di sini dapat dilihat bahwa resultan fluks yang dihasilkan adalah tetap lagi sebesar $(3/2) \phi_m$ dan berputar lagi searah jarum jam dengan besar sudut sebesar 60° atau 180° saat awal.

Dari uraian yang telah dijelaskan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Resultan fluks yang dihasilkan konstan sebesar $(3/2) \phi_m$ yaitu 1,5 kali fluks maksimum yang terjadi dari setiap fasenya.
2. Resultan fluks yang terjadi berputar disekeliling stator dengan kecepatan konstan sebesar $60.f / P$.

Besarnya fluks konstan yang terjadi pada motor induksi 3-fase juga dapat dibuktikan secara matematik. Dengan cara mengambil salah satu fase-1 sebagai referensi maka didapatkan sebagai berikut.

Misalkan fluks yang dihasilkan oleh kumparan a-a (fasa 1) pada saat "t" dapat dinyatakan dalam koordinat polar, yaitu :

$$\Phi_1 = \phi_a \cos \varphi$$

Fluks yang dihasilkan oleh kumparan b-b (fasa 2) dan c-c (fasa 3) masing-masing adalah :

$$\Phi_2 = \phi_b \cos (\varphi - 120^\circ)$$

$$\Phi_3 = \phi_c \cos (\varphi - 240^\circ)$$

Karena amplitudo fluks berubah menurut waktu secara sinusoid, maka amplitudo ϕ_a , ϕ_b dan ϕ_c dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\phi_a = \phi_{maks} \cos \omega t$$

$$\phi_b = \phi_{maks} \cos (\omega t - 120^\circ)$$

$$\phi_c = \phi_{maks} \cos (\omega t - 240^\circ)$$

Fluks resultan adalah jumlah ketiga fluks tersebut dan merupakan fungsi tempat (φ) dan waktu (t), sehingga diperoleh:

$$\varphi_t (\varphi, t) = \phi_m \cos \omega t \cos \varphi + \phi_m \cos (\varphi - 120^\circ) \cos (\omega t - 120^\circ) + \phi_m \cos (\varphi - 240^\circ) \cos (\omega t - 240^\circ)$$

Dengan memakai transformasi trigonometri dari :

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \cos (\alpha - \beta) + \frac{1}{2} \cos (\alpha + \beta)$$

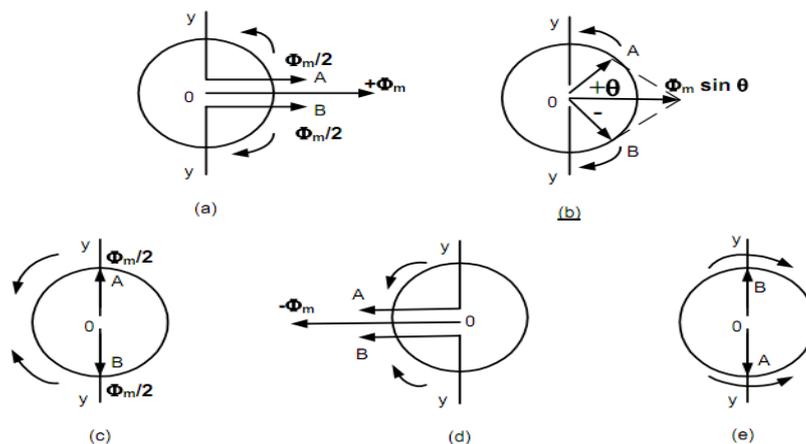
didapat :

$$\begin{aligned} \varphi_t(\varphi, t) = & \frac{1}{2} \varphi_m \cos(\varphi - \omega t) + \frac{1}{2} \varphi_m \cos(\varphi + \omega t) + \frac{1}{2} \varphi_m \cos(\varphi - \omega t) \\ & + \frac{1}{2} \varphi_m \cos(\varphi + \omega t - 240^\circ) + \frac{1}{2} \varphi_m \cos(\varphi - \omega t) + \\ & \frac{1}{2} \varphi_m \cos(\varphi + \omega t - 480^\circ) \end{aligned}$$

Suku kedua, keempat dan keenam saling menghapuskan, maka diperoleh:

$$\varphi_t(\varphi, t) = 1,5 \varphi_m \cos(\varphi - \omega t)$$

2. Sumber 2-fasa atau 1-fasa



Gambar 54. Teori perputaran medan ganda pada motor induksi 1-fase

Pada dasarnya, prinsip kerja motor induksi 1-fase sama dengan motor induksi 2-fase yang tidak simetris karena pada kumparan statornya dibuat dua kumparan (yaitu kumparan bantu dan kumparan utama) yang mempunyai perbedaan secara listrik dimana antara masing-masing kumparannya tidak mempunyai nilai impedansi yang sama dan umumnya motor bekerja dengan satu kumparan stator (kumparan utama). Khusus untuk motor kapasitor-start kapasitor-run, maka motor ini dapat dikatakan bekerja seperti halnya motor induksi 2-fase yang simetris karena motor ini bekerja dengan kedua kumparannya (kumparan bantu dan kumparan utama) mulai dari start sampai saat running (jalan).

Motor induksi 1-fase yang bekerja dengan satu kumparan stator pada saat running (jalan) dapat dikatakan bekerja bukan berdasarkan medan putar, tetapi bekerja berdasarkan gabungan medan maju dan medan mundur. Bila salah satu medan tersebut dibuat lebih besar maka rotornya akan berputar mengikuti perputaran medan ini. Bentuk gambaran proses terjadinya medan maju dan medan mundur ini dapat

dijelaskan dengan menggunakan teori perputaran medan ganda seperti yang diperlihatkan pada Gambar 54.

Gambar 54 memperlihatkan bahwa fluks sinusoidal bolak balik dapat ditampilkan sebagai dua fluks yang berputar, dimana masing-masing fluks bernilai setengah dari nilai fluks bolak-baliknya yang berputar dengan kecepatan sinkron dengan arah yang saling berlawanan. Gambar 54a memperlihatkan bahwa fluks total yang dihasilkan sebesar Φ_m adalah akibat pengaruh dari masing-masing komponen fluks A dan B yang mempunyai nilai sama sebesar $\Phi_m / 2$ yang berputar dengan arah yang berlawanan.

Setelah fluks A dan B berputar sebesar $+\theta$ dan $-\theta$ (pada Gambar 54b) resultan fluks yang terjadi menjadi $2 \times (\Phi_m/2) \sin(2\theta/2) = \Phi_m \sin \theta$. Selanjutnya setelah seperempat lingkaran resultan fluks yang terjadi (Gambar 54c) menjadi nol karena masing-masing fluks A dan B mempunyai harga yang saling menghilangkan. Setelah setengah lingkaran (Gambar 54d) resultan fluks A dan B akan menghasilkan $-2 \times (\Phi_m/2) = -\Phi_m$ (arah berlawanan dengan Gambar 54a).

Selanjutnya setelah tigaperempat lingkaran (Gambar 54e) resultan fluks A dan B yang terjadi kembali nol karena masing-masing fluks yang saling menghilangkan. Proses pada Gambar 54 ini akan terus berlangsung sehingga terlihat bahwa medan fluks yang terjadi adalah medan maju dan medan mundur karena pengaruh fluks magnet bolak balik yang dihasilkan oleh sumber arus bolak balik.

Slip

Apabila rotor dari motor induksi berputar dengan kecepatan N_r , dan medan magnet stator berputar dengan kecepatan N_s , maka bila ditinjau perbedaan kecepatan relatif antara kecepatan medan magnet putar stator terhadap kecepatan rotor, ini disebut kecepatan slip yang besarnya sebagai berikut:

$$Kec.slip = N_s - N_r$$

Kemudian slip (s) adalah :

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

Frekuensi yang dibangkitkan pada belitan rotor adalah f_2 , dimana

$$f_2 = \frac{(N_s - N_r)p}{120}$$

dengan:

p = jumlah kutub magnet stator.

Sedangkan frekuensi medan putar stator adalah f_1 , di mana:

$$f_1 = \frac{Ns \cdot p}{120}$$

Dari persamaan-persamaan di atas akan diperoleh:

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{(Ns - Nr)}{Ns}, \quad f_2 = sf_1$$

Apabila, slip = 0 (karena $Ns=Nr$) maka $f_2 = 0$. Apabila rotor ditahan slip = 1 (karena $Nr = 0$) maka $f_2 = f_1$. Dari persamaan $f_2 = sf_1$, diketahui bahwa frekuensi rotor dipengaruhi oleh slip. Oleh karena GGL induksi dan reaktansi pada rotor merupakan fungsi frekuensi maka besarnya juga turut dipengaruhi oleh slip.

Besarnya GGL induksi efektif pada kumparan stator adalah :

$$E_1 = 4,44 f_1 N_1 \phi_m$$

Selanjutnya, besarnya GGL induksi efektif pada kumparan rotor adalah :

$$E_{2S} = 4,44 f_1 N_2 \phi_m$$

$$= 4,44 s f_1 N_2 \phi_m$$

$$= s.E_2$$

dimana :

$$E_2 = \text{GGL pada saat rotor diam (Nr = Ns)}$$

$$E_{2S} = \text{GGL pada saat rotor berputar}$$

$$N_1 = \text{jumlah lilitan primer (lilitan stator)}$$

$$N_2 = \text{jumlah lilitan sekunder (lilitan rotor)}$$

Karena kumparan rotor mempunyai reaktansi induktif yang dipengaruhi oleh frekuensi, maka dapat dibuatkan :

$$X_{2S} = 2\pi f_2 L_2$$

$$= 2\pi s.f_1 L_2$$

$$= sX_2$$

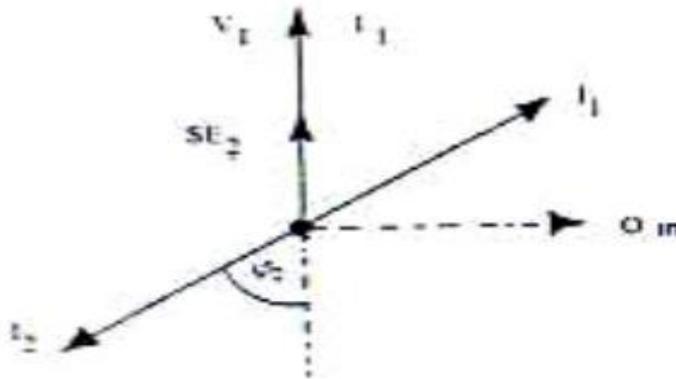
dengan :

$$X_{2S} = \text{reaktansi pada saat rotor berputar.}$$

$$X_2 = \text{reaktansi pada saat rotor diam.}$$

Arus Rotor

Lilitan rotor dihubung singkat dan tidak mempunyai hubungan langsung dengan sumber, arusnya diinduksikan oleh fluks magnet bersama (ϕ) antara stator dan rotor yang melewati celah udara, sehingga arus rotor ini bergantung kepada perubahan-perubahan yang terjadi pada stator. Apabila tegangan sumber V_1 diberikan pada stator, pada stator timbul tegangan E_1 yang diinduksikan oleh fluks-fluks tersebut yang juga menimbulkan tegangan E pada rotor, ($E_2 = E_1$ pada saat rotor ditahan dan $s E_2 = E_1$ pada waktu motor berputar dengan slip s). Besarnya arus rotor I_2 akan diimbangi dengan arus stator tapi dengan arah berlawanan agar fluks magnet bersama (ϕ_m) tetap konstan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 55.



Gambar 55. Diagram vektor motor induksi

Pada slip s , arus rotor ditentukan oleh sE_2 (GGL rotor) dan Z_2 (impedansi rotor), sehingga akan diperoleh:

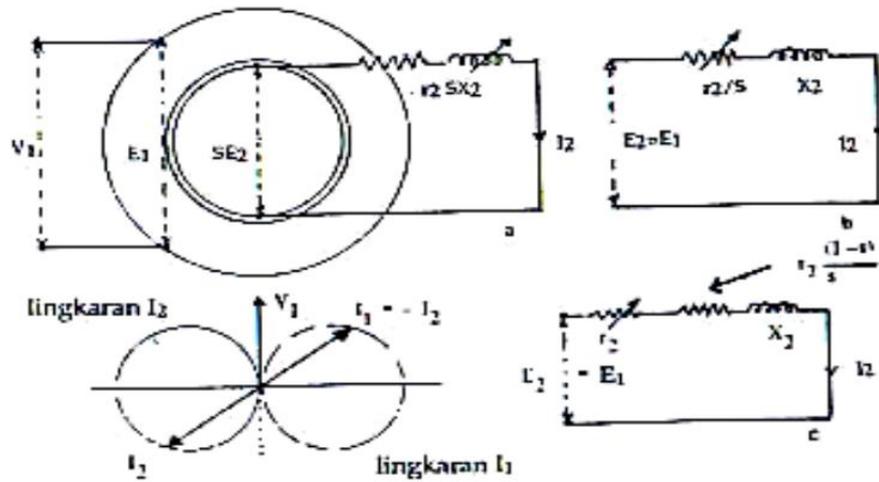
$$I_2 = \frac{sE_2}{Z_2} = \frac{sE_2}{\sqrt{[r_2^2 + (sX_2)^2]}} = \frac{E_2}{\sqrt{\left[\frac{r_2}{s}\right]^2 + (X_2^2)}}$$

I_2 ketinggalan sebesar ϕ_2 terhadap E_2 , dengan:

$$\phi_2 = \arctan \frac{sX_2}{r_2}$$

Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi 3-fasa

Motor induksi 3-fasa mempunyai kumparan stator dan kumparan rotor. Rangkaian pengganti rotor motor induksi ideal digambarkan pada Gambar 56.



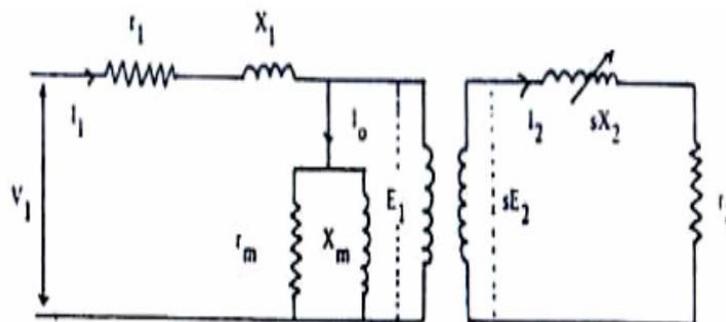
Gambar 56. Rangkaian pengganti rotor motor induksi

GGL induksi pada rotor adalah $sE_2 = E_1$, jika dibuat $E_1 = E_2$ maka semua unsur yang ada di rotor harus dibagi dengan "s", sehingga r_2 menjadi r_2/s dan X_2 menjadi X_2 . Selanjutnya dapat ditulis:

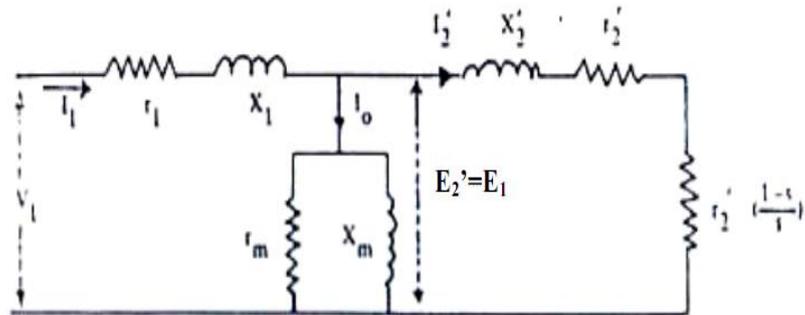
$$\frac{r_2}{s} = r_2 + r_2 \frac{(1-s)}{s}$$

Dengan arus rotor I_2 tetap sama dengan I_2 sebelumnya. Bila tahanan stator dinamakan r_1 dan reaktansi induksi dari fluks bocor kumparan stator X_1 , akan dapat dibuatkan rangkaian pengganti motor induksi 3-fasa perfasanya seperti Gambar 57.

Selanjutnya, bila rotor dilihat dari sisi stator akan diperoleh Gambar 58 dengan r_m (tahanan karena pengaruh rugi-rugi inti) dan X_m (reaktansi induktif magnet) pada inti.



Gambar 57. Rangkaian ekivalen motor induksi 3-fasa perfasa

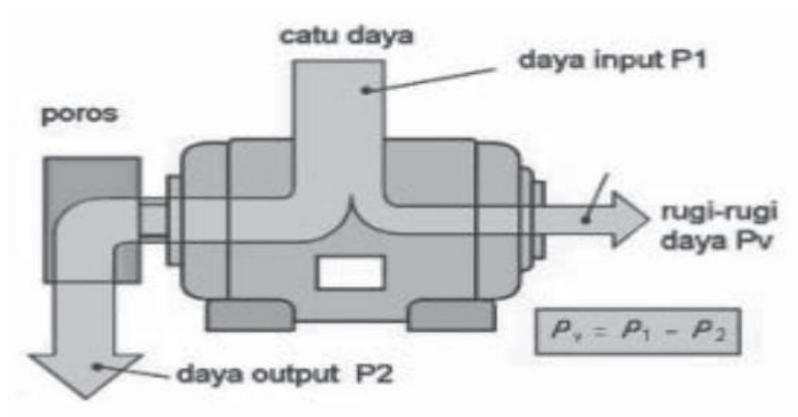


Gambar 58. Rangkaian ekivalen dengan rotor disesuaikan terhadap stator.

Gambar 58 memperlihatkan bahawa untuk menggabungkan rangkaian stator dan rangkaian rotor, rangkaian rotor harus disesuaikan dengan rangkaian stator. Apabila rangkaian rotor disesuaikan terhadap rangkaian stator maka rangkaian rotor dianggap mempunyai nilai yang sama dengan bayangan dari rangkaian stator itu sendiri, sehingga $E_1 = E_2'$

Daya dan Rugi-rugi Daya pada Motor Induksi

Motor induksi memiliki rugi-rugi daya karena di dalam motor induksi terdapat komponen tahanan tembaga dari belitan stator dan rotor, dan komponen induktor belitan stator dan rotor. Rugi-rugi pada motor induksi ini adalah rugi-rugi tembaga, rugi inti, dan rugi karena gesekan dan hambatan angin. Gambaran ilustrasi penjabaran rugi-rugi daya yang terjadi pada motor induksi diperlihatkan pada Gambar 59.



Gambar 59. Daya dan rugi-rugi daya pada motor induksi

Besarnya daya aktif mekanik yang ditransfer dari stator melalui celah udar ke rotor (P_g) adalah sebesar:

$$P_g = I_2^2 \cdot \frac{r_2}{s} = I_2^2 \cdot (r_2 + r_2 \frac{(1-s)}{s})$$

$$= (I_2')^2 \cdot \frac{r_2'}{s} = I_2'^2 \cdot (r_2' + r_2' \frac{(1-s)}{s})$$

dan rugi-rugi daya aktif pada kumparan rotor (P_{r_2}) sebesar:

$$P_{r_2} = I_2^2 r_2 = (I_2')^2 \cdot r_2$$

daya aktif mekanik yang bermanfaat untuk menggerakkan rotor (P_m) sebesar:

$$P_m = I_2^2 \cdot r_2 \frac{(1-s)}{s} = (I_2')^2 \cdot r_2' \frac{(1-s)}{s}$$

Bila dibuatkan perbandingan antara ketiga daya tersebut, dengan asumsi rugi-rugi putar diabaikan, maka dapat dibuatkan perbandingan sebagai berikut:

$$P_m : P_{r_2} = (1-s) : s$$

$$P_g : P_m : P_{r_2} = 1 : (1-s) : s$$

Kemudian rugi-rugi daya aktif pada kumparan stator motor induksi 3-fasa perfasa (P_1) dapat dibuatkan sebagai berikut:

$$P_1 = I_1^2 \cdot r_1$$

Daya masukan motor induksi 3-fasa perfasa menjadi:

$$P_{in} = P_1 + P_g$$

Selanjutnya, daya 3-fasa dari motor induksi 3-fasa ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_{in(3ph)} = 3 \cdot P_{in}$$

$$P_{in(3ph)} = V_{LL} \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

dengan :

φ = perbedaan sudut antara V_{LL} dan I_L

V_{LL} = tegangan antar fasa sistem 3-fasa (V)

I_L = arus yang melewatinya penghantar pada motor induksi 3-fasa (A)

Efisiensi pada Motor Induksi

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai “perbandingan daya keluaran motor yang dirgunakan terhadap daya masukan pada terminalnya”, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

dengan : η = efisiensi motor (%)

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

1. Usia, motor baru lebih efisien
2. Kapasitas, sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
3. Kecepatan, motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. Jenis rotor, sebagai contoh, bahwa motor dengan rotor sangkar biasanya lebih efisien dari pada motor dengan rotor belitan / cincin geser.
5. Suhu, motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor screen protected drip-proof (SPDP).
6. Penggulungan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi.
7. Beban,

Efisiensi motor ditentukan oleh rugi-rugi atau kehilangan dasar yang hanya dapat dikurangi oleh perubahan pada rancangan dasar motor dan kondisi sistem operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen.

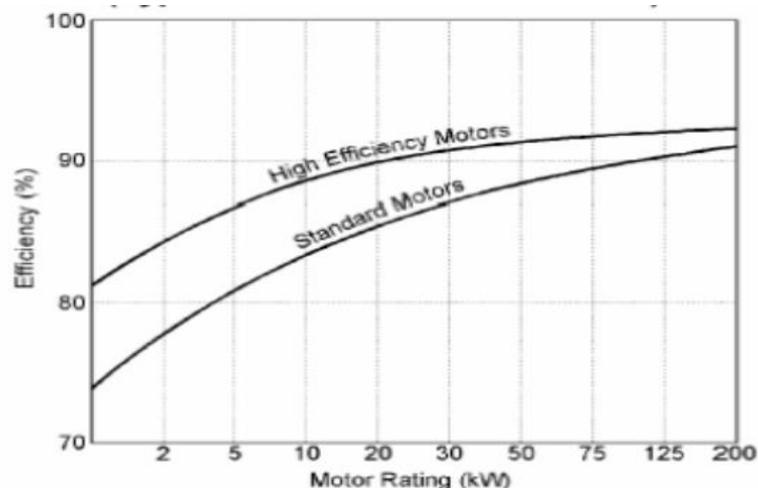
Tabel 3. memperlihatkan jenis kehilangan untuk motor induksi

Jenis kehilangan	Persentase kehilangan total (100%)
Kehilangan tetap atau kehilangan inti	25
Kehilangan variabel: kehilangan stator I^2R	34
Kehilangan variabel: kehilangan rotor I^2R	21
Kehilangan gesekan & penggulungan ulang	15
Kehilangan beban yang menyimpang	5

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban antara 75% samapi dengan 80%.. Tetapi, jika beban turun dibawah 50% efisiensi turun dengan cepat. Mengoperasikan motor dibawah laju beban 50% memiliki dampak pada faktor dayanya. Efisiensi motor yang tinggi dan faktor daya yang

mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor. Bentuk perbandingan karakteristik antara motor induksi yang berefisiensi tinggi dengan motor standar dipelihatkan pada Gambar 60.

Untuk alasan ini maka dalam mengkaji kinerja motor akan bermanfaat bila menentukan beban dan efisiensinya. Pada hampir kebanyakan negara, merupakan persyaratan bagi pihak pembuat untuk menuliskan efisiensi beban penuh pada pelat label / plat nama motor. Namun demikian, bila motor beroperasi untuk waktu yang cukup lama, kadang-kadang tidak mungkin untuk mengetahui efisiensi tersebut sebab pelat label motor kadangkala sudah hilang atau sudah dicat. Untuk mengukur efisiensi motor, maka motor harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji. Hasil dari uji tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik kinerja standar yang diberikan oleh pembuatnya. Jika tidak memungkinkan untuk memutuskan sambungan motor dari beban, perkiraan nilai efisiensi didapat dari tabel khusus untuk nilai efisiensi motor.



Gambar 60. Perbandingan antara motor yang berefisiensi tinggi dengan motor standar

Torsi Motor Induksi

Torsi berhubungan dengan kemampuan motor untuk mesuplai beban mekanik. Oleh karena itu Torsi (T) secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{P_m}{\omega_r}$$

$$\omega_r = \omega_s (1 - s)$$

dengan:

ω_r = kecepatan sudut (mekanik) dari rotor

Bila dilihat torsi mekanik yang ditransfer pada rotornya maka akan diperoleh hasil sebagai berikut:

$$T_g = \frac{1}{\omega_s} \frac{sE_2^2 r_2}{[r_2^2 + (sX_2)^2]} = \frac{s\alpha}{s^2 + \alpha^2} k$$

dimana:

$$k = \frac{E_2^2}{\omega_2 x_2}$$

$$\alpha = \frac{r_2}{x_2}$$

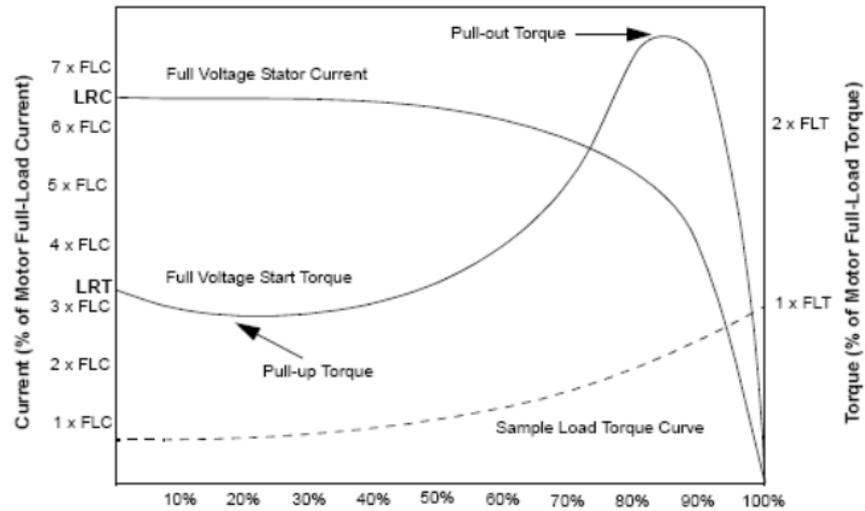
Torsi start yang dibutuhkan pada motor induksi dapat dihitung dengan memasukkan nilai $s = 1$. Torsi mekanik yang bermanfaat untuk memutar rotor menjadi:

$$T_m = \frac{1}{\omega_s} P_m = P_g(1 - s) = \frac{s\alpha(1 - s)}{s^2 + \alpha^2} k$$

Torsi maksimum :

$$T_{max} = \frac{k\alpha^2}{2\alpha^2} = \frac{1}{2} k$$

Torsi maksimum (1/2k) tersebut dicapai pada slip positif (mesin bertindak sebagai motor induksi) dan pada slip negatif (mesin bertindak sebagai generator induksi). Gambar61 menunjukkan contoh grafik karakteristik kerja motor hubungan antara torque terhadap kecepatan motor induksi AC tiga fase dengan arus yang sudah ditetapkan.

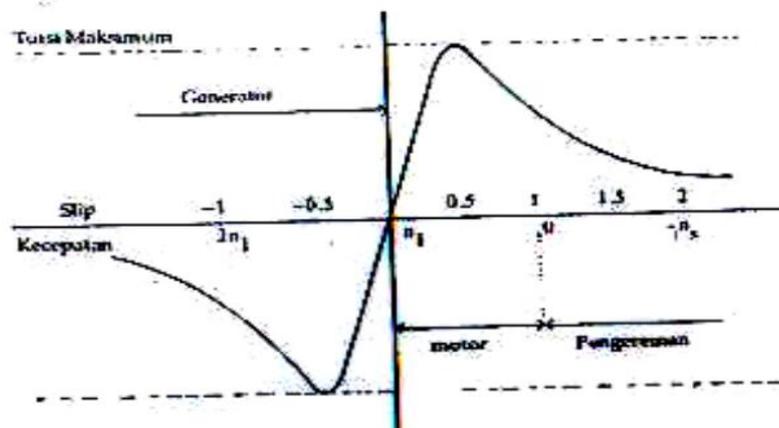


Gambar 61. Karakteristik torsi terhadap kecepatan motor

Dari Gambar 61 ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Saat motor mulai menyala (*start*) ternyata terdapat arus nyala awal yang tinggi dan torque yang rendah (*"pull-up torque"*).
2. Mencapai 80% kecepatan penuh, torque berada pada tingkat tertinggi (*"pull-out torque"*) dan arus mulai turun.
3. Pada kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus torque dan stator turun ke nol.

Hubungan antara torsi dan slip juga dapat dinyatakan seperti pada Gambar 62 sebagai berikut:



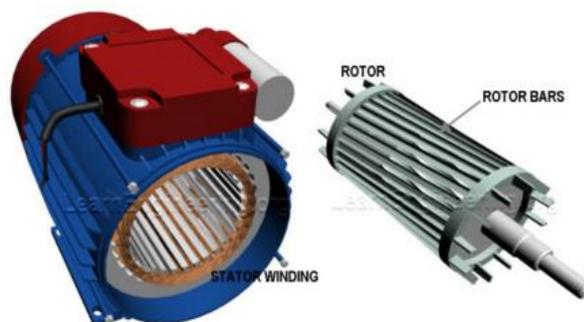
Gambar 62. Hubungan antara torsi dan slip motor induksi

Dengan memperhatikan Gambar 62 ini dapat dilihat bahwa:

1. Pada kecepatan hipersinkron (kecepatan lebih kecepatan sinkron), slipnya negatif (biasanya kecil), mesin beroperasi sebagai generator induksi dengan torsi bekerja dengan arah yang berlawanan dengan putaran medan putar.
2. Saat mesin bekerja pada kecepatan di antara standstill dan kecepatan sinkron, dengan slip positif antara 1 dan 0: Mesin berputar pada keadaan tanpa beban sehingga slipnya kecil sekali, GGL rotor juga kecil sekali, Z_2 (*rotor circuit impedance*) hampir R murni dan arus cukup untuk membangkitkan torsi dan memutar rotornya.
3. Selanjutnya beban mekanik dipasang pada poros sehingga putaran rotor makin lambat, slip naik, GGL rotor naik (besar maupun frekuensinya), menghasilkan arus dan torsi yang lebih besar.
4. Jika motor induksi diputar berlawanan dengan arah putaran medan putar maka masih akan dihasilkan torsi yang bertindak sebagai rem dan terjadi penyerapan tenaga mekanik: Misalnya mesin dalam keadaan berputar dengan slip "s", kemudian arah medan putar tiba-tiba di balik, maka akan terjadi rotor mempunyai slip $(2 - s)$, kecepatan turun menuju nol dan dapat dibawa ke kondisi standstill. Cara ini adalah cara pengereman motor yang disebut dengan plugging.

2) Motor AC satu fasa

a) Motor induksi 1 fasa



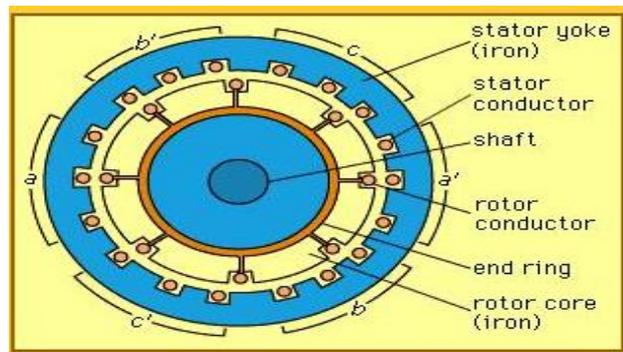
Gambar 63. bagian-bagian utama motor induksi 1 fasa

Terdapat 2 bagian penting pada motor induksi 1 fasa, yaitu: **rotor** dan **stator**. Rotor merupakan bagian yang berputar dari motor dan stator merupakan bagian yang diam dari motor. Rotor umumnya berbentuk silinder dan bergerigi sedangkan stator berbentuk silinder yang melingkari seluruh badan rotor.

Stator harus dilengkapi dengan kutub-kutub magnet dimana kutub utara dan selatan pada stator harus sama dan dipasang melingkari rotor sebagai suplai medan magnet dan kumparan stator untuk menginduksi kutub sehingga menciptakan medan magnet.

Stator umumnya dilengkapi dengan stator winding yang bertujuan membantu putaran rotor, dimana stator winding dilengkapi dengan konduktor berupa kumparan. Selain itu, stator juga dilapisi dengan lamina berbahan dasar silikon dan besi yang bertujuan untuk mengurangi tegangan yang terinduksi pada sumbu stator dan mengurangi dampak kerugian akibat munculnya arus eddy (eddy current) pada stator.

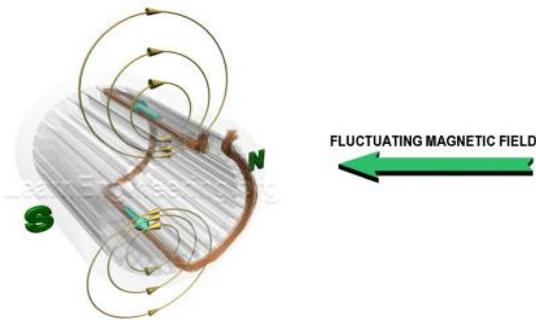
Rotor umumnya dibuat dari alumunium dan dibuat bergerigi untuk menciptakan celah yang akan diisi konduktor berupa kumparan. Selain itu, rotor juga dilapisi dengan lamina untuk menambah kinerja dari rotor yang digunakan. Masing-masing komponen dipasang pada besi yang ditunjukkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 64. konstruksi motor induksi 1 fasa

Prinsip kerja motor induksi 1 fasa

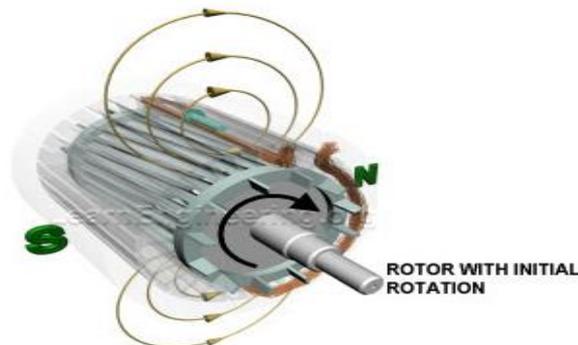
Misalkan kita memiliki sebuah motor induksi 1 fasa dimana motor ini disuplai oleh sebuah sumber AC 1 fasa. Ketika sumber AC diberikan pada stator winding dari motor, maka arus dapat mengalir pada stator winding. Fluks yang dihasilkan oleh sumber AC pada stator winding tersebut disebut sebagai fluks utama. Karena munculnya fluks utama ini maka fluks medan magnet dapat dihasilkan oleh stator.



Gambar 65. dampak adanya arus pada stator

Apabila rotor dari motor tersebut sudah diputar sedikit. Karena rotor berputar maka dapat dikatakan bahwa konduktor pada rotor akan bergerak melewati stator winding. Karena konduktor pada rotor bergerak relatif terhadap fluks pada stator winding, akibatnya muncul tegangan ggl (gaya gerak listrik) pada konduktor rotor sesuai dengan hukum faraday.

Apabila motor terhubung dengan beban yang akan dioperasikan. Karena motor terhubung dengan beban maka arus dapat mengalir pada kumparan rotor akibat adanya tegangan ggl pada rotor dan terhubungnya rotor dengan beban. Arus yang mengalir pada rotor ini disebut arus rotor. Arus rotor ini juga menghasilkan fluks yang dinamakan fluks rotor. Interaksi antara kedua fluks inilah yang menyebabkan rotor didalam motor dapat berputar sendiri. Perlu diingat bahwa pada kondisi awal diasumsikan rotor sudah diberi gaya luar untuk menggerakkan konduktor pada rotor, karena jika tidak maka rotor akan diam terhadap fluks pada kumparan stator sehingga tidak terjadi tegangan ggl pada kumparan rotor, sesuai dengan hukum faraday.

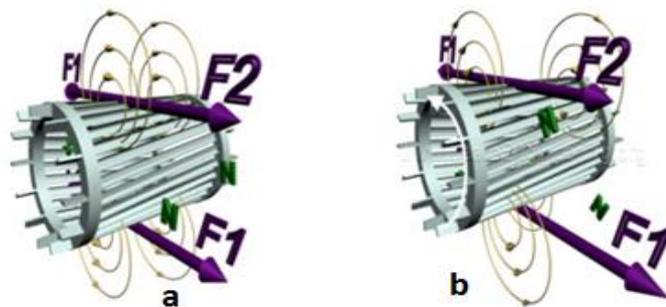


Gambar 66. putaran pada rotor akibat fluks

Adanya arus stator yang mengakibatkan munculnya arus pada rotor karena hukum faraday. Masing-masing arus menghasilkan fluks yang mempengaruhi rotor. Arus stator akan menghasilkan fluks utama, sedangkan

arus pada rotor menghasilkan fluks pada rotor. Masing-masing fluks ini akan mempengaruhi arah putaran rotor, hanya saja arah keduanya berlawanan. Sesuai hukum Lorentz, apabila kita memiliki sebuah kabel yang dialiri arus dan terdapat fluks medan magnet disekitar kabel tersebut maka akan terjadi gaya pada kabel tersebut. Karena besarnya fluks pada stator dan rotor relatif sama maka gaya yang dihasilkan juga sama. Namun karena arah gaya yang berbeda mengakibatkan rotor tidak berputar akibat kedua gaya yang saling menghilangkan.

Hal ini juga yang mengakibatkan motor induksi perlu diputar sedikit, agar salah satu gaya yang dihasilkan oleh fluks lebih besar daripada yang lainnya sehingga rotor dapat berputar.



Gambar 67. (a) Saat rotor tidak berputar, total gaya akibat masing-masing fluks ialah 0

(b) Saat rotor sudah berputar sedikit, total gaya akan memiliki perbedaan sehingga terjadi putaran

Motor jenis ini diklasifikasikan berdasarkan metoda yang digunakan untuk pengasutannya dan mengacu padanama metoda yang digunakannya, seperti *resistance start (split phase)*, *capacitor motor*, *capacitor start- run*, dan *shaded pole*, konstruksi dari jenis motor ini telah di bahas di bagian sebelumnya.

b) Motor universal

Motor universal adalah motor arus bolak balik yang memiliki konstruksi maupun karakteristik sama dengan motor arus searah . Keuntungan motor universal ini dapat dioperasikan dengan sumber tegangan bolak balik atau dengan tegangan arus searah pada nilai tegangan yang sama.

Motor universal terdiri dari :

1. Stator

Stator adalah tempat kumparan medan magnet diletakkan, pada umumnya motor universal mempunyai dua kutub.

2. Rotor

Rotor disebut juga jangkar (armature) yaitu bagian yang berputar. Rotor terdiri dari dua bagian yaitu jangkar dan komutator. Jangkar adalah tempat belitan kawat email dan ujung-ujung belitannya ditempatkan pada komutator yang sesuai dengan langkah belitan jangkar.

3. Komutator

4. Pada permukaan komutator diletakkan sikat karbon yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari sumber luar ke dalam jangkar motor.

5. Kipas Pendingin

Hampir semua motor universal memiliki kipas pendingin di bagian ujung porosnya.

Motor jenis ini didesain dengan stator berupa lempengan besi yang dilaminasi, medan magnetis statis dan armatur. Belitan armatur dan belitan medan dirangkai secara seri melalui dua sikat arang, sehingga dihasilkan arah arus medan dan arus armatur yang sama meskipun motor disuplai dengan arus AC. Torsi yang dihasilkan dari motor jenis ini berupa pulsa yang dihasilkan setiap setengah siklus ketika arus berubah arah melewati komutator.

Bila motor dihubungkan dengan sumber tegangan AC, pada saat $\frac{1}{2}$ periode positif motor berputar berlawanan dengan arah putaran jarum jam. Pada $\frac{1}{2}$ periode negatif, dan menurut "hukum tangan kiri" dinyatakan: apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, maka garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus didalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, sehingga kawat tersebut akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan ibu jari.

Kelebihan motor universal

Dibandingkan dengan jenis motor ac fase tunggal lainnya, motor universal memiliki beberapa keuntungan:

1. Motor universal menghasilkan tenaga yang lebih besar dari jenis lainnya.

2. Motor universal menghasilkan starting torsi yang besar tanpa arus yang berlebihan

Ketika beban torsi meningkat, motor universal melambat. Oleh karena itu, daya dihasilkan relatif konstan, dan besarnya arus masih dalam batas wajar batas. Dengan demikian, universal motor ini lebih cocok untuk beban yang menuntut berbagai torsi dengan range yang lebar, seperti bor dan mixer makanan.

3. Universal motor dapat dirancang untuk beroperasi pada kecepatan yang sangat tinggi, sedangkan jenis motor ac terbatas pada 3600 rpm.

Kelemahan motor universal

Salah satu kelemahan universal motor (serta mesin DC pada umumnya) adalah bahwa sikat dan komutator sangat cepat menjadi aus.

Bahan Bacaan 3 :

***Nameplate* motor listrik**

Name plate atau plat nama yang biasa tertempel pada *body* atau stator motor merupakan spesifikasi dari motor itu sendiri. Pada *name plate* ini biasanya berisi tentang informasi-informasi motor, baik informasi elektrik maupun mekanis yang sangat berguna pada tahap pemilihan ataupun penginstalan motor. Informasi umumnya seperti daya, tegangan, arus nominal dan frekuensi, setiap pabrikan motor mempunyai informasi yang variatif.

Informasi data sebuah motor yang tertera di *name plate* sangat penting sebagai acuan seorang teknisi untuk:

1. mengatur berapa besar proteksi yang harus dipasang
2. melihat sumber tegangan dan maksimum ampere yang dapat dilewati
3. berapa power / kekuatan yang bisa dilakukan oleh motor tersebut

Contoh *name plat* motor dapat dilihat pada Gambar 68.

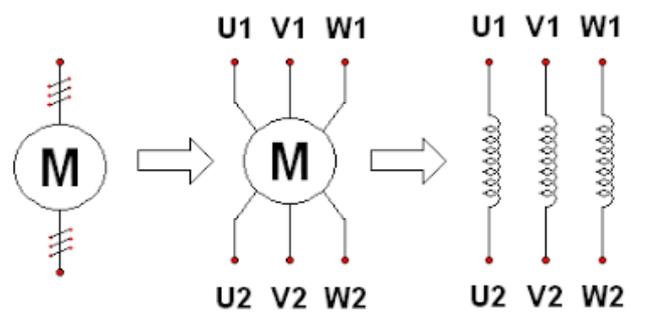


Gambar 68. Contoh *name plat* motor induksi

Cara membaca *name plat* (dari Gambar 68) secara umum adalah sebagai berikut:

1) Tegangan 380 Volt

Motor induksi 3 fase yang standard digunakan di Indonesia adalah motor induksi 3 fase untuk tegangan 380V saja, dan biasanya pada salah satu bagian *name plate* nya tertulis "Volts : 380V". Untuk motor induksi 3 fase yang berdaya diatas 5 HP harus dihubung dengan rangkaian kontaktor dan untuk motor induksi yang berkapasitas dibawah 5 HP bisa langsung dihubung Star (bintang) atau Delta (segitiga) dengan sebuah rangkaian *interlock* kontaktor.



Gambar 69. Ilustrasi umum gulungan motor 3 fase

Pada motor ber *name plate* seperti ini (Gambar 69), saat hubung start menggunakan suplay tegangan 380V, namun masing-masing phasanya hanya menerima 220V, dan pada saat hubung delta phasanya akan menerima 380V. Maka rating motornya untuk delta adalah 380V, dan rating perphasanya (tegangan kerja)-nya adalah 380V.

2) 3.7 Ampere

Nilai arus nominal atau arus maksimum atau *full load ampere* yang dapat dilalui oleh motor tersebut. Sehingga, jika ada arus yang melebihi nilai tersebut, motor akan terbakar. Walaupun, pabrikan memberikan toleransi 3%-5% untuk nilai tersebut, sebaiknya sebisa mungkin tidak melebihi nilai tersebut, dan jika harus melebihi, gantilah motor dengan yang arus nominal lebih besar.

3) 50 Hz

Indonesia menggunakan 50 Hertz, hal ini perlu dicantumkan karena ada negara yang menggunakan frekuensi 60 Hz.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

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

- a. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi pembelajaran Motor Listrik? Sebutkan!
- b. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
- c. Ada berapa dokumen yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- d. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- e. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
- f. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-2. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

Aktivitas 1. Mengidentifikasi Jenis-Jenis Motor Listrik

Setelah saudara membaca bahan bacaan 1, Diskusikan bersama kelompok Saudara mengenai jenis-jenis motor listrik. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang saudara lakukan dalam mengidentifikasi jenis-jenis motor listrik? Jelaskan !
2. Sebutkan jenis-jenis motor listrik ?Jelaskan !

Saudara dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan menggunakan LK-3 Hasil diskusi saudara dapat dituliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca bahan bacaan 3 sebagai referensi.

Aktivitas 2. Menentukan konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor listrik

Saudara diminta untuk menentukan konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor. Diskusikan bersama kelompok saudara mengenai konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor. Sebagai bahan referensi, baca bahan bacaan 2.

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

1. Jelaskan prinsip kerja motor listrik!
2. Jelaskan jenis-jenis motor listrik DC!
3. Penggunaan motor induksi yang banyak dipakai di kalangan industri karena mempunyai kelebihan, sebutkan kelebihan motor induksi !
4. Jelaskan mengenai motor sinkron !
5. Jelaskan konstruksi dasar motor sinkron !
6. Informasi data sebuah motor yang tertera di name plate sangat penting sebagai acuan seorang teknisi, hal ini bertujuan untuk !

F. Rangkuman

1. Prinsip kerja motor listrik berdasarkan hukum gaya lorentz dan kaidah tangan kiri Fleming, yang menyatakan bahwa: Apabila sebatang

konduktor yang dialiri arus listrik ditempatkan didalam medan magnet maka konduktor tersebut akan mengalami gaya.

2. Jenis-jenis motor DC

- Motor Penguatan Terpisah / *separately excited*
Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah / *separately excited*.
- Motor Shunt / *Self Excited*
Pada motor shunt, gulungan medan (medan shunt) disambungkan secara paralel dengan gulungan dynamo. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dinamo.
- Motor Seri
Dalam motor seri, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara seri dengan gulungan dynamo. Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus dynamo.
- Motor Kompon / Gabungan
Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan shunt. Pada motor kompon, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan. Sehingga, motor kompon memiliki torsi penyalan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil.

3. Jenis-jenis motor AC

- Motor sinkron
 - Motor induksi
 - Motor kapasitor
 - Motor universal
4. Konstruksi motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti yang diperlihatkan pada Gambar47 sebagai berikut :
- Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
 - Celah : Merupakan celah udara: Tempat berpindahnya energi dari startor ke rotor.

- Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.
5. Kenaikan arus medan I_F menyebabkan kenaikan besar E_a tetapi tidak mempengaruhi daya real yang disuplai motor sinkron. Daya yang disuplai motor berubah hanya ketika torsi beban berubah. Oleh karena perubahan arus medan tidak mempengaruhi kecepatan dan beban yang dipasang pada motor, maka daya real yang disuplai motor juga tidak berubah.
 6. *Name plate* atau plat nama yang biasa tertempel pada *body* atau stator motor merupakan spesifikasi dari motor itu sendiri. Pada *name plate* ini biasanya berisi tentang informasi-informasi motor, baik informasi listrik maupun mekanis yang sangat berguna pada tahap pemilihan ataupun penginstalan motor. Informasi umumnya seperti daya, tegangan, arus nominal dan frekuensi, setiap pabrikan motor mempunyai informasi yang variatif.

Informasi data sebuah motor yang tertera di *name plate* sangat penting sebagai acuan seorang teknisi untuk:

- mengatur berapa besar proteksi yang harus dipasang
- melihat sumber tegangan dan maksimum ampere yang dapat dilewati
- berapa power / kekuatan yang bisa dilakukan oleh motor tersebut

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik :

1. Dapat mengidentifikasi jenis-jenis motor listrik sesuai standar industri
2. Dapat menganalisis nameplat motor listrik
3. Dapat menentukan konstruksi dan fungsi bagian-bagian motor listrik.

Tindak Lanjut :

1. Penguatan dan penghargaan diberikan kepada peserta diklat yang telah memenuhi standar
2. Teguran yang bersifat mendidik dan memotivasi diberikan kepada peserta diklat yang belum memenuhi standar
3. Peserta diklat diberi kesempatan untuk mengikuti diklat lebih lanjut.

LEMBAR KERJA KB-2

LK - 2

1. Apa yang saudara lakukan dalam mengidentifikasi jenis-jenis motor listrik?
Jelaskan !

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

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

LK - 3

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Motor Listrik? Sebutkan!

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

2. Sebutkan jenis-jenis motor listrik ?Jelaskan !

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

Kegiatan Pembelajaran 3

Kegiatan Pembelajaran KB-3 Pengontrolan Motor Listrik dengan PLC

A. Tujuan

Tujuan dari kegiatan pembelajaran tiga ini adalah :

1. Peserta diklat dapat memahami apa itu PLC
2. Peserta diklat dapat memahami konsep PLC
3. Peserta diklat dapat menentukan komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor listrik dengan pemograman (PLC).
4. Peserta diklat dapat membuat rangkaian logik ladder PLC

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi kegiatan pembelajaran ini adalah menentukan komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor listrik dengan pemograman (PLC).

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan :

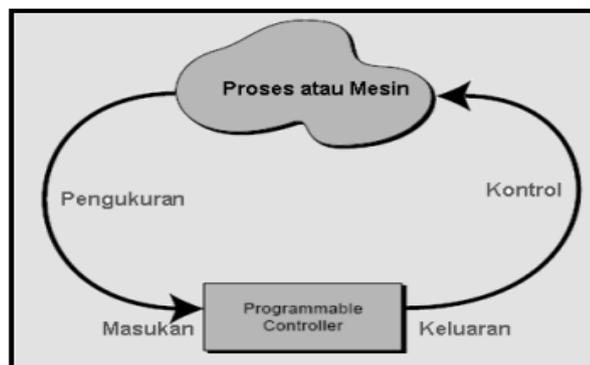
1. Pendahuluan

Sebelum otomatisasi industri berkembang, proses industri menggunakan mesin-mesin yang dikontrol secara langsung oleh pekerja-pekerja dan melibatkan berbagai komponen mekanik. Sistem kontrol kemudian beralih ke sistem yang menggantikan sebagian atau seluruh tugas operator. Sejumlah elemen mekanik atau listrik dihubungkan membentuk sistem kontrol yang berfungsi permanen (hardwired control). Sistem kontrol hardwired yang umum digunakan di industri antara lain sistem kontrol logika relai, elektronik, pneumatik, hidrolis, dan elektronik analog.

Kompleksitas sambungan antara elemen pembentuk sistem kontrol sangat tergantung pada kompleksitas proses pada suatu industri. Pada sistem kontrol kompleks, modifikasi sambungan dan konfigurasi elemen maupun “troubleshooting” pada kegagalan sistem kontrol sangat sulit dilakukan. Perkembangan komponen mikroelektronika, terutama yang bersifat dapat di

program, menghasilkan sistem kontrol elektronik yang sangat fleksibel (programmable control). Sistem kontrol programmable yang pertama sekali digunakan sebagai pengganti sistem kontrol berbasis logika relai adalah Programmable Logic Controller (PLC).

Definisi PLC menurut National Electrical Manufacturers Association (NEMA) adalah “suatu alat elektronika digital yang menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dari suatu fungsi tertentu seperti logika, sekuensial, pewaktuan, pencacahan dan aritmatika untuk mengendalikan mesin dari proses.”



Gambar 70. Konseptual Aplikasi PLC

Sehingga operasi PLC terdiri dari evaluasi masukan dari proses industri, memproses masukan sesuai dengan program yang ada di memorinya, dan menghasilkan keluaran untuk menggerakkan peralatan-peralatan proses. PLC secara langsung dapat dihubungkan ke aktuator dan transduser dalam proses industri, karena berbagai jenis antarmuka standar terdapat pada PLC.

Berdasarkan namanya konsep PLC adalah sebagai berikut :

1. Programmable, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.
2. Logic, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan logic (ALU), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya.
3. Controller, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian relay sequensial dalam suatu sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan, dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan di bidang pengoperasian komputer secara khusus. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dioperasikan bila program yang telah dibuat dengan menggunakan software yang sesuai dengan jenis PLC yang digunakan sudah dimasukkan. Alat ini bekerja berdasarkan input-input yang ada dan tergantung dari keadaan pada suatu waktu tertentu yang kemudian akan meng-ON atau meng-OFF kan output-output. 1 menunjukkan bahwa keadaan yang diharapkan terpenuhi sedangkan 0 berarti keadaan yang diharapkan tidak terpenuhi. PLC juga dapat diterapkan untuk pengendalian sistem yang memiliki output banyak.

Fungsi dan kegunaan PLC sangat luas. Dalam prakteknya PLC dapat dibagi secara umum dan secara khusus. Secara umum fungsi PLC adalah sebagai berikut:

1. Sekuensial Control, PLC memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), disini PLC menjaga agar semua step atau langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.
2. Monitoring Plant, PLC secara terus menerus memonitor status suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut pada operator.

Sedangkan fungsi PLC secara khusus adalah dapat memberikan input ke CNC (*Computerized Numerical Control*). Beberapa PLC dapat memberikan input ke CNC untuk kepentingan pemrosesan lebih lanjut. CNC bila dibandingkan dengan PLC mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dan lebih mahal harganya. CNC biasanya dipakai untuk proses finishing, membentuk benda kerja, moulding dan sebagainya. Prinsip kerja sebuah PLC adalah menerima sinyal masukan proses yang dikendalikan lalu melakukan serangkaian instruksi logika terhadap sinyal masukan tersebut sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori lalu menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau peralatan lainnya.

Dalam industri-industri yang ada sekarang ini, kehadiran PLC sangat dibutuhkan terutama untuk menggantikan sistem wiring atau pengkabelan yang sebelumnya masih digunakan dalam mengendalikan suatu sistem. Dengan menggunakan PLC akan diperoleh banyak keuntungan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Fleksibel

Pada masa lalu, tiap perangkat elektronik yang berbeda dikendalikan dengan pengendalinya masing-masing. Misal sepuluh mesin membutuhkan sepuluh pengendali, tetapi kini hanya dengan satu PLC kesepuluh mesin tersebut dapat dijalankan dengan programnya masing-masing.

2. Perubahan dan pengkoreksian kesalahan sistem lebih mudah,

Bila salah satu sistem akan diubah atau dikoreksi maka pengubahannya hanya dilakukan pada program yang terdapat di komputer, dalam waktu yang relatif singkat, setelah itu didownload ke PLC-nya. Apabila tidak menggunakan PLC, misalnya relay maka perubahannya dilakukan dengan cara mengubah pengkabelannya. Cara ini tentunya memakan waktu yang lama.

3. Jumlah kontak yang banyak

Jumlah kontak yang dimiliki oleh PLC pada masing-masing coil lebih banyak daripada kontak yang dimiliki oleh sebuah relay.

4. Harganya lebih murah

PLC mampu menyederhanakan banyak pengkabelan dibandingkan dengan sebuah relay. Maka harga dari sebuah PLC lebih murah dibandingkan dengan harga beberapa buah relay yang mampu melakukan pengkabelan dengan jumlah yang sama dengan sebuah PLC. PLC mencakup relay, timers, counters, sequencers, dan berbagai fungsi lainnya.

5. Pilot running

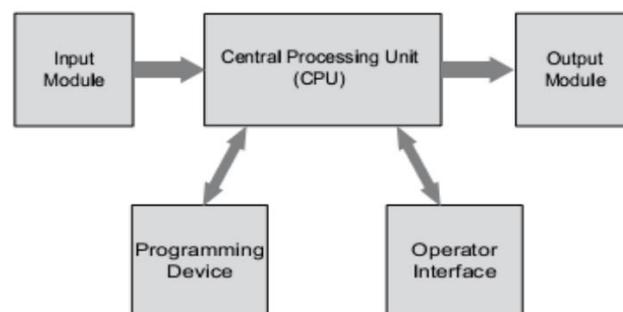
PLC yang terprogram dapat dijalankan dan dievaluasi terlebih dahulu di kantor atau laboratorium. Programnya dapat ditulis, diuji, diobservasi dan dimodifikasi bila memang dibutuhkan dan hal ini menghemat waktu bila dibandingkan dengan sistem relay konvensional yang diuji dengan hasil terbaik di pabrik.

6. Observasi visual
Selama program dijalankan, operasi pada PLC dapat dilihat pada layar CRT. Kesalahan dari operasinya pun dapat diamati bila terjadi.
7. Kecepatan operasi
Kecepatan operasi PLC lebih cepat dibandingkan dengan relay. Kecepatan PLC ditentukan dengan waktu scannya dalam satuan millisecond.
8. Metode Pemrograman Ladder atau Boolean
Pemrograman PLC dapat dinyatakan dengan pemrograman ladder bagi teknisi, atau aljabar Boolean bagi programmer yang bekerja di sistem kontrol digital atau Boolean.
9. Sifatnya tahan uji
Solid state device lebih tahan uji dibandingkan dengan relay dan timers mekanik atau elektrik. PLC merupakan solid state device sehingga bersifat lebih tahan uji.
10. Menyederhanakan komponen-komponen sistem kontrol
Dalam PLC juga terdapat counter, relay dan komponen-komponen lainnya, sehingga tidak membutuhkan komponen-komponen tersebut sebagai tambahan. Penggunaan relay membutuhkan counter, timer ataupun komponen-komponen lainnya sebagai peralatan tambahan.
11. Dokumentasi
Printout dari PLC dapat langsung diperoleh dan tidak perlu melihat blueprint circuit-nya. Tidak seperti relay yang printout sirkuitnya tidak dapat diperoleh.
12. Keamanan
Pengubahan pada PLC tidak dapat dilakukan kecuali PLC tidak dikunci dan diprogram. Jadi tidak ada orang yang tidak berkepentingan dapat mengubah program PLC selama PLC tersebut dikunci.
13. Dapat melakukan pengubahan dengan pemrograman ulang
Karena PLC dapat diprogram ulang secara cepat, proses produksi yang bercampur dapat diselesaikan. Misal bagian B akan dijalankan tetapi bagian A masih dalam proses, maka proses pada bagian B dapat diprogram ulang dalam satuan detik.
14. Penambahan rangkaian lebih cepat

Pengguna dapat menambah rangkaian pengendali sewaktu-waktu dengan cepat, tanpa memerlukan tenaga dan biaya yang besar seperti pada pengendali konvensional.

Selain keuntungan yang telah disebutkan di atas maka ada kerugian yang dimiliki oleh PLC, yaitu:

1. Teknologi yang masih baru
Pengubahan sistem kontrol lama yang menggunakan ladder atau relay ke konsep komputer PLC merupakan hal yang sulit bagi sebagian orang.
2. Buruk untuk aplikasi program yang tetap Beberapa aplikasi merupakan aplikasi dengan satu fungsi. Sedangkan PLC dapat mencakup beberapa fungsi sekaligus. Pada aplikasi dengan satu fungsi jarang sekali dilakukan perubahan bahkan tidak sama sekali, sehingga penggunaan PLC pada aplikasi dengan satu fungsi akan memboroskan (biaya).
3. Pertimbangan lingkungan
Dalam suatu pemrosesan, lingkungan mungkin mengalami pemanasan yang tinggi, vibrasi yang kontak langsung dengan alat-alat elektronik di dalam PLC dan hal ini bila terjadi terus menerus, mengganggu kinerja PLC sehingga tidak berfungsi optimal.
4. Operasi dengan rangkaian yang tetap Jika rangkaian pada sebuah operasi tidak diubah maka penggunaan PLC lebih mahal dibanding dengan peralatan kontrol lainnya. PLC akan menjadi lebih efektif bila program pada proses tersebut di-upgrade secara periodik.



Gambar 71. komponen dasar PLC

Sistem PLC terdiri dari lima bagian pokok, yaitu:

1. *Central processing unit (CPU)*. Bagian ini merupakan otak atau jantung PLC, karena bagian ini merupakan bagian yang melakukan operasi /

pemrosesan program yang tersimpan dalam PLC. Disamping itu CPU juga melakukan pengawasan atas semua operasional kerja PLC, transfer informasi melalui internal bus antara PLC, memory dan unit I/O.

Bagian CPU ini antara lain adalah :

- a. *Power Supply, power supply* mengubah suplai masukan listrik menjadi suplai listrik yang sesuai dengan CPU dan seluruh komputer.
 - b. *Alterable Memory*, terdiri dari banyak bagian, intinya bagian ini berupa chip yang isinya di letakkan pada chip RAM (Random Access Memory), tetapi isinya dapat diubah dan dihapus oleh pengguna / pemrogram. Bila tidak ada suplai listrik ke CPU maka isinya akan hilang, oleh sebab itu bagian ini disebut bersifat volatile, tetapi ada juga bagian yang tidak bersifat volatile.
 - c. *Fixed Memory*, berisi program yang sudah diset oleh pembuat PLC, dibuat dalam bentuk chip khusus yang dinamakan ROM (Read Only Memory), dan tidak dapat diubah atau dihapus selama operasi CPU, karena itu bagian ini sering dinamakan memori non-volatile yang tidak akan terhapus isinya walaupun tidak ada listrik yang masuk ke dalam CPU. Selain itu dapat juga ditambahkan modul EEPROM atau Electrically Erasable Programmable Read Only Memory yang ditujukan untuk back up program utama RAM prosesor sehingga prosesor dapat diprogram untuk meload program EEPROM ke RAM jika program di RAM hilang atau rusak.
 - d. *Processor*, adalah bagian yang mengontrol supaya informasi tetap jalan dari bagian yang satu ke bagian yang lain, bagian ini berisi rangkaian clock, sehingga masing-masing transfer informasi ke tempat lain tepat sampai pada waktunya
 - e. *Battery Backup*, umumnya CPU memiliki bagian ini. Bagian ini berfungsi menjaga agar tidak ada kehilangan program yang telah dimasukkan ke dalam RAM PLC jika catu daya ke PLC tiba-tiba terputus.
2. Programmer / monitor (PM). Pemrograman dilakukan melalui keyboard sehingga alat ini dinamakan Programmer. Dengan adanya Monitor maka dapat dilihat apa yang diketik atau proses yang sedang dijalankan oleh PLC. Bentuk PM ini ada yang besar seperti PC, ada juga yang berukuran kecil yaitu hand-eld programmer dengan jendela tampilan yang kecil, dan ada juga yang berbentuk laptop. PM dihubungkan dengan CPU melalui

kabel. Setelah CPU selesai diprogram maka PM tidak dipergunakan lagi untuk operasi proses PLC, sehingga bagian ini hanya dibutuhkan satu buah untuk banyak CPU.

3. Modul input / output (I/O). Input merupakan bagian yang menerima sinyal elektrik dari sensor atau komponen lain dan sinyal itu dialirkan ke PLC untuk diproses. Ada banyak jenis modul input yang dapat dipilih dan jenisnya tergantung dari input yang akan digunakan. Jika input adalah limit switches dan pushbutton dapat dipilih kartu input DC. Modul input analog adalah kartu input khusus yang menggunakan ADC (Analog to Digital Conversion) dimana kartu ini digunakan untuk input yang berupa variable seperti temperatur, kecepatan, tekanan dan posisi.

Pada umumnya ada 8-32 input point setiap modul inputnya. Setiap point akan ditandai sebagai alamat yang unik oleh prosesor. Output adalah bagian PLC yang menyalurkan sinyal elektrik hasil pemrosesan PLC ke peralatan output. Besaran informasi / sinyal elektrik itu dinyatakan dengan tegangan listrik antara 5 – 15 volt DC dengan informasi diluar sistem tegangan yang bervariasi antara 24 – 240 volt DC maupun AC.

Kartu output biasanya mempunyai 6-32 output point dalam sebuah single module. Kartu output analog adalah tipe khusus dari modul output yang menggunakan DAC (Digital to Analog Conversion). Modul output analog dapat mengambil nilai dalam 12 bit dan mengubahnya ke dalam signal analog. Biasanya signal ini 0-10 volts DC atau 4-20 mA. Signal Analog biasanya digunakan pada peralatan seperti motor yang mengoperasikan katup dan pneumatic position control devices. Bila dibutuhkan, suatu sistem elektronik dapat ditambahkan untuk menghubungkan modul ini ke tempat yang jauh. Proses operasi sebenarnya di bawah kendali PLC mungkin saja jaraknya jauh, dapat saja ribuan meter.

4. Printer. Alat ini memungkinkan program pada CPU dapat di printout atau dicetak. Informasi yang mungkin dicetak adalah diagram ladder, status register, status dan daftar dari kondisi-kondisi yang sedang dijalankan, timing diagram dari kontak, timing diagram dari register, dan lain-lain.
5. *The Program Recorder / Player.*
Alat ini digunakan untuk menyimpan program dalam CPU. Pada PLC yang lama digunakan tape, sistem floopy disk. Sekarang ini PLC

semakin berkembang dengan adanya hard disk yang digunakan untuk pemrograman dan perekaman. Program yang telah direkam ini nantinya akan direkam kembali ke dalam CPU apabila program aslinya hilang atau mengalami kesalahan.

Untuk operasi yang besar, kemungkinan lain adalah menghubungkan CPU dengan komputer utama (master computer) yang biasanya digunakan pada pabrik besar atau proses yang mengkoordinasi banyak Sistem PLC .

Dalam merancang suatu sistem kendali dibutuhkan pendekatan-pendekatan sistematis dengan prosedur sebagai berikut :

1. Rancangan Sistem Kendali

Dalam tahapan ini si perancang harus menentukan terlebih dahulu sistem apa yang akan dikendalikan dan proses bagaimana yang akan ditempuh. Sistem yang dikendalikan dapat berupa peralatan mesin ataupun proses yang terintegrasi yang sering secara umum disebut dengan controlled system.

2. Penentuan I/O

Pada tahap ini semua piranti masukan dan keluaran eksternal yang akan dihubungkan PLC harus ditentukan. Piranti masukan dapat berupa saklar, sensor, valve dan lain-lain sedangkan piranti keluaran dapat berupa solenoid katup elektromagnetik dan lain-lain.

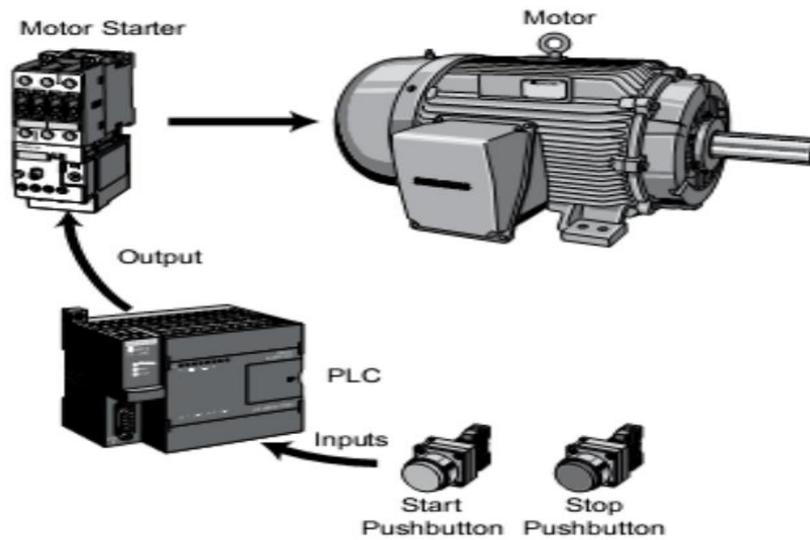
3. Perancangan Program (*Program Design*)

Setelah ditentukan input dan output maka dilanjutkan dengan proses merancang program dalam bentuk ladder diagram dengan mengikuti aturan dan urutan operasi sistem kendali.

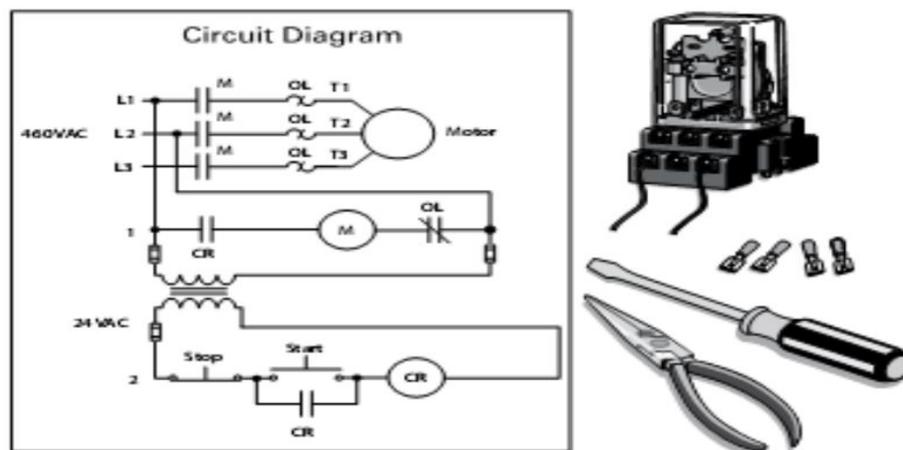
4. Pemrograman (*Programming*)

5. Menjalankan Sistem (*Run The System*)

Pada tahapan ini perlu dideteksi adanya kesalahan-kesalahan satu persatu (*debug*), dan menguji secara cermat sampai kita memastikan bahwa sistem aman untuk dijalankan.



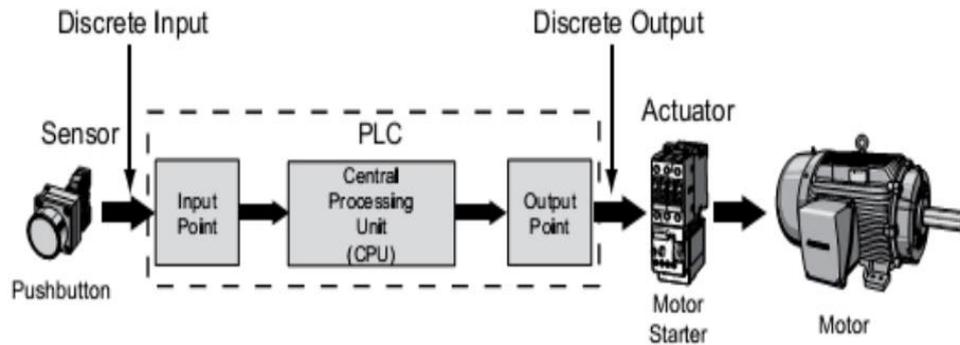
Gambar 72. Motor start dan stop dengan PLC.



Gambar 73. Hard-wire control

2. Controller PLC

Controller merupakan pusat controlleran dari sistem otomasi. Controller terdiri dari mikroprosesor sebagai pusat operasi matematik dan operasi logika, memory sebagai penyimpan data, dan power supply. Jenis-jenis dari controller meliputi Programmable Logic Controller (PLC), Personal Computer (PC), serta relai kontrol konvensional.

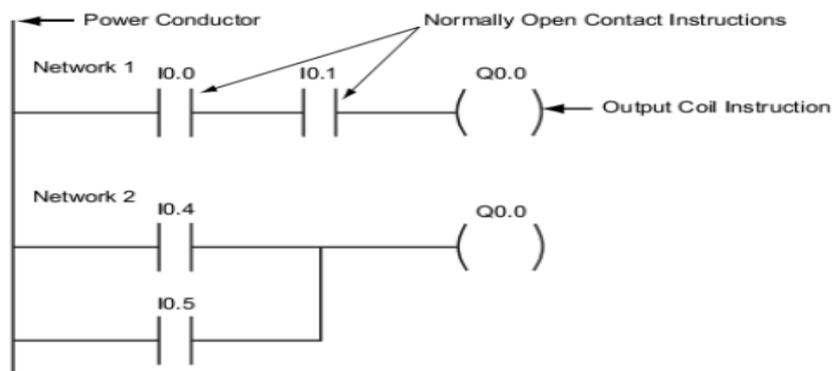


Gambar 74. Hubungan input dan output deskret dengan PLC

Pemerograman Ladder Logic

Program terdiri dari intruksi untuk melakukan tugas secara spesifik. Tingkat kompleksitas dari program PLC tergantung pada kompleksitas suatu aplikasinya, jumlah dan jenis komponen input dan output, dan jenis instruksi yang digunakan. Ladder Logic (LAD) salah satu bahasa pemerogramman yang digunakan pada PLC. Ladder Logic menyertakan fungsi pemerogramman yang ditunjukkan secara grafik menyerupai simbol yang digunakan pada diagram kontrol hard-wired.

Garis vertikal sebelah kiri pada diagram ladder logic menunjukkan daya atau penghantar energized. Intruksi Koil output menunjukkan penghantar netral atau bagian dari rangkaian. Garis vertikal sebelah kanan, yang menunjukkan suatu bagian pada diagram kontrol hard-wired. Diagram ladder logic dibaca dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah. *Rung* yang kadang-kadang dinyatakan sebagai network. Suatu network terdiri dari beberapa elemen kontrol, tetapi hanya satu koil output.

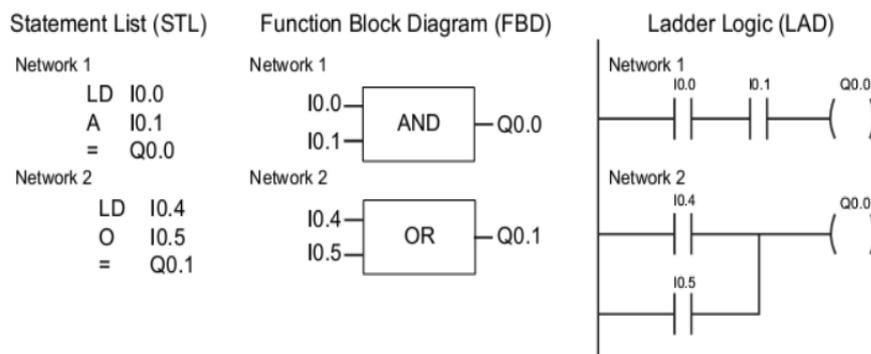


Gambar 75. Ladder diagram

Statement List dan Function Block Diagrams

Selama ini program ladder logic masih umum, ada cara lain untuk program PLC. Dua contoh umum yang lainnya adalah statement list dan function block diagram. Statement list (STL) intruksi yang terdiri dari operasi dan operand. Operasi adalah yang ditunjukkan pada sisi kiri. Operand, objek suatu operasi yang ditunjukkan pada sisi kanan.

Function balock diagram (FBD) yang mencakup fungsi bujur sangkar yang menunjukkan input pada sisi kiri dari bujur sangkar dan outputnya ditunjukkan pada sisi kanan. Menurut contoh, suatu bagian dari program yang menunjukkan beberapa fungsi.



Gambar 76. Jenis-jenis bahasa pemrograman

Sebagai tambahan pada LAD, STL dan FBD, jenis-jenis bahasa pemrogramman yang digunakan untuk PLC. Msing-masing jenis pemrogramman memiliki keuntungan dan kerugian. Faktornya seperti aplikasi yang kompleks, jenis pemrogramman tersedia untuk model PLC yang spesifik, dan pengguna standar dan pilhannya ditentukan oleh jenis pemrogramman yang digunakan untuk aplikasi tertentu.

PLC Scan

Program PLC akan mengeksekusi bagian-bagian proses secara berulang-ulang yang disebut sebagai scan. PLC scan mulai dengan CPU membaca status input. Berikutnya mengeksikusi program aplikasi. Selanjutnya CPU melakukan diagnosa internal dan komunikasi. Akhirnya, CPU menbaharui status output. Proses ini terus berulang selama CPU berada pada posisi mode run. Waktu yang diperlukan untuk melakukan scan tergantung pada ukuran program, jumlah I/O dan kwantitas komunikasi yang diperlukan.



Gambar 77. Proses PLC scanning

Jenis dan Ukuran Memori

1. Kilo, disingkat k, secara normal mengacu pada 1000 satuan. Jika berbicara tentang komputer atau memori PLC, bagaimanapun juga 1 k artinya 1024. Ini dikarenakan pada sistem bilangan biner ($2^{10} = 1024$). 1 k dapat disebut 1024 bit, byte atau word tergantung konteksnya.
2. Random Access Memory (RAM) adalah memori yang dapat membaca dan menulis data dari berbagai alamat (lokasi). RAM digunakan sebagai area memori sementara. RAM adalah volatile artinya data yang disimpan dalam RAM akan hilang jika dayanya hilang. Backup baterai diperlukan untuk menghindari hilangnya data jika terjadi kehilangan daya sesaat.
3. Read Only Memory (ROM) adalah jenis memori yang digunakan untuk keperluan melindungi data atau program terhapus secara tidak sengaja. Data asli tersimpan dalam ROM dapat dibaca, tetapi tidak dapat dirubah. Tambahnya, memori ROM adalah nonvolatile. Artinya bahwa informasi tidak akan hilang jika terjadi kehilangan daya listrik. ROM secara normal digunakan untuk menyimpan program yang ditentukan oleh kemampuan PLC.
4. Erasable Programmable Read Only Memory (EPROM) menyediakan tingkat keamanan terhadap bukan otoritas atau perubahan tidak diinginkan pada program. EPROM dirancang untuk menyimpan data yang dapat dibaca, tetapi tidak mudah dimodifikasi. Diperlukan suatu upaya khusus untuk mengubah data EPROM yang diinginkan. UVEPROM (Ultraviolet Erasable Programmable Read Only Memory) hanya dapat dihapus dengan cahaya ultraviolet. EEPROM (Electrically

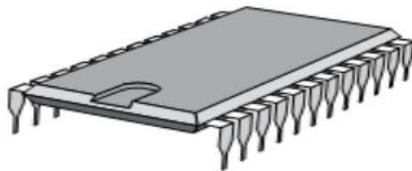
Erasable Programmable Read Only Memory) hanya dapat dihapus secara elektronik.

5. Software, Hardware dan Firmware

Software adalah nama yang diberikan terhadap intruksi komputer, bagaimanapun juga pada bahasa pemrograman. Pada hakekatnya, software terdiri dari intruksi atau program yang berhubungan langsung dengan hardware.

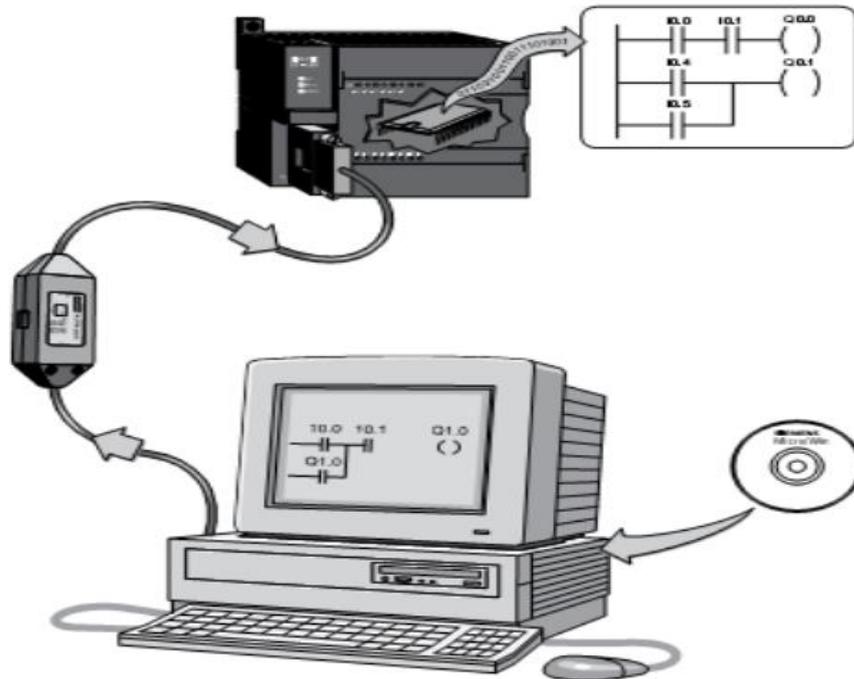
6. *Hardware* adalah nama yang diberikan terhadap semua komponen fisik suatu sistem. Pada PLC, perangkat pemrograman dan kabel koneksi adalah contoh dari hardware.

7. *Firmware* adalah software aplikasi khusus untuk mengaktifkan (menyalakan) EPROM dan merupakan bagian dari hardware. Firmware pada PLC merupakan utilitas dasar.



Gambar 78. Bentuk fisik ROM, EPROM, RAM.

Memori yang digunakan pada PLC, seperti PLC S7-200 atau CPM2A, CP1E dan sebagainya seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini, termasuk keleluasaan untuk program yang digunakan sehingga lokasi pengalamatan memori untuk menyimpan data. Kuantitas keleluasaan program dan data yang tersedia tergantung pada model CPU.



Gambar 79. Hubungan PLC dengan PC

Keleluasan penyimpanan intruksi yang digunakan untuk mengeksekusi secara berulang-ulang merupakan bagian dari PLC melakukan scanning. Program yang digunakan adalah perangkat pemerograman yang dikembangkan, seperti personal komputer (PC) dengan perangkat lunak pemerograman, selanjutnya diisikan kepada memori program yang digunakan pada PLC.

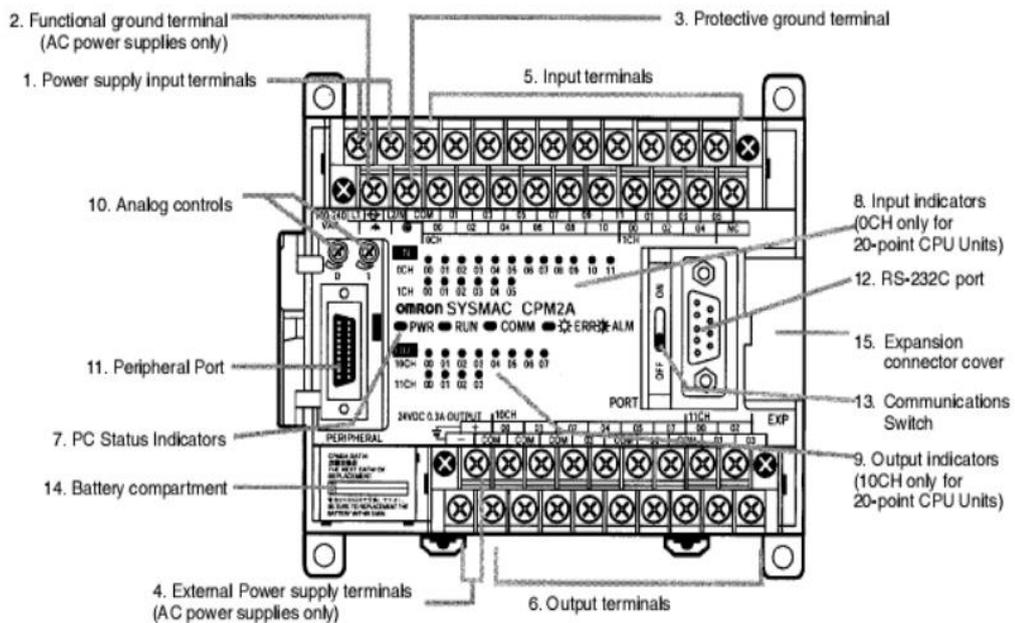
Keanekaragaman lokasi pengalamatan memori yang digunakan untuk menyimpan data yang tersedia pada program yang digunakan. Diantara objek yang lainnya, ini termasuk lokasi memori untuk variable data, input dan ouput deskrete, input dan output analog, timer, counter, counter kecepatan tinggi dan sebagainya.

PLC Omron

Tiap-tiap PLC pada dasarnya merupakan sebuah mikrokontroller yang dilengkapi dengan peripheral yang dapat berupa masukan digital, keluaran digital atau relai. Perangkat lunak program-nya yang seringkali digunakan yaitu diagram tangga atau ladder diagram.

CPM2A merupakan PLC produk dari Omron Elektronik. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 80, CPU unit PLC Omron CPM2A dengan 20 atau 30 terminal Input dan Output (I/O).

CPU Units with 20 or 30 I/O Terminals



Gambar 80. PLC Omron CPM2A

Seperti yang terlihat pada gambar, selain adanya indikator keluaran dan masukan, terlihat juga adanya empat macam lampu indikator, yaitu PWR, RUN, ERR/ALM, dan COMM. Arti masing-masing lampu indikator tersebut ditunjukkan pada table di bawah ini.

Pemograman PLC Omron

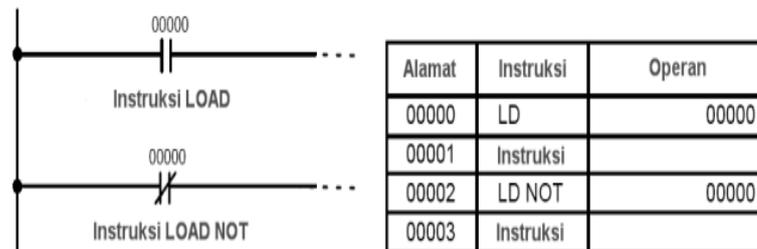
Sebuah diagram tangga terdiri dari sebuah garis menurun ke bawah pada sisi kiri dengan garis-garis bercabang ke kanan. Garis yang ada di sebelah kiri disebut sebagai lajur bis, sedangkan garis-garis cabang adalah baris intruksi atau anak tangga. Sepanjang garis intruksi ditempatkan berbagai macam kondisi yang terhubungkan ke instruksi lain di sisi kanan. Kombinasi logika dari kondisi-kondisi tersebut menyatakan kapan dan bagaimana instruksi yang ada di sisi kanan tersebut dikerjakan.

Instruksi-Instruksi Dasar PLC

Semua instruksi-instruksi tangga atau ladder instruction adalah instruksi-instruksi yang terkait dengan kondisi-kondisi di dalam diagram tangga. Instruksi-instruksi tangga, baik yang independen maupun kombinasi atau gabungan dengan blok instruksi, akan membentuk suatu kondisi eksekusi.

LOAD (LD) dan LOAD NOT (LD NOT)

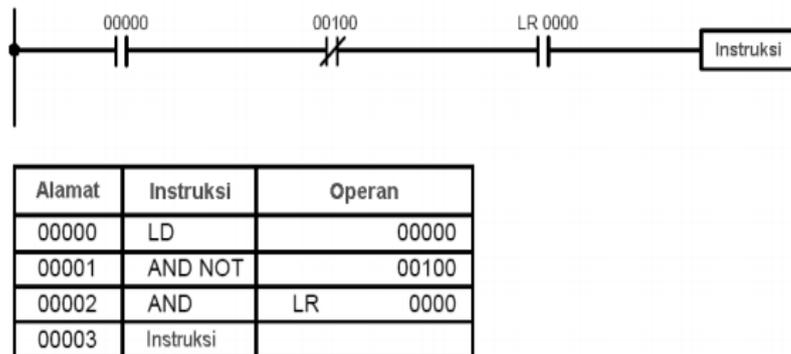
Instruksi ini dibutuhkan jika urutan kerja pada suatu sistem kontrol hanya membutuhkan satu kondisi logika saja dan sudah dituntut untuk mengeluarkan satu output. Logikanya seperti contact NO relay untuk instruksi LOAD dan seperti contact NC relay untuk instruksi LOAD NOT.



Gambar 81. Contoh instruksi LD dan LD NOT.

a. AND dan AND NOT

Jika terdapat dua atau lebih kondisi yang dihubungkan secara seri pada garis instruksi yang sama, maka kondisi yang pertama menggunakan instruksi LD atau LD NOT dan sisanya menggunakan instruksi AND atau AND NOT. Pada gambar di bawah ditunjukkan sebuah penggalan diagram tangga yang mengandung tiga kondisi yang dihubungkan secara seri pada garis instruksi yang sama berkaitan dengan LD, AND NOT, dan AND. Instruksi yang digambarkan paling kanan sendiri akan memiliki kondisi ON jika ketiga kondisi di kiri semuanya ON, dalam hal ini IR000.00 dalam kondisi ON, IR010.00 dalam kondisi OFF, dan LR00.00 dalam kondisi ON.

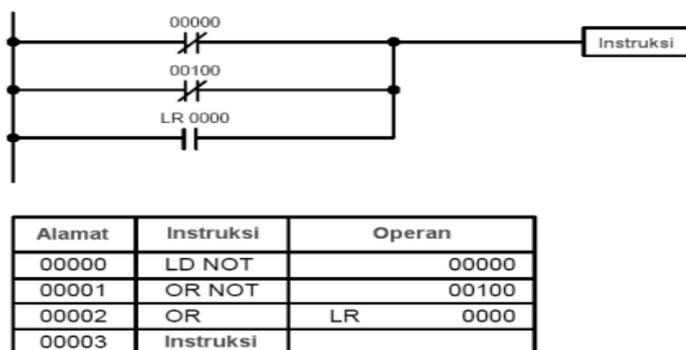


Gambar 82. Contoh penggunaan AND dan AND NOT

b. OR dan OR NOT

Jika dua atau lebih kondisi dihubungkan secara paralel, artinya dalam garis instruksi yang berbeda kemudian bergabung lagi dalam satu garis instruksi yang sama, maka kondisi yang pertama terkait dengan instruksi LD atau LD NOT dan sisanya berkaitan dengan instruksi OR atau OR NOT.

Blok instruksi ini akan memiliki kondisi eksekusi ON jika cukup salah satu dari ketiga kondisi dalam keadaan ON. Dalam hal ini kondisi OR dapat dibayangkan akan selalu menghasilkan kondisi ON jika salah satu dari dua atau lebih kondisi yang terhubung dengan instruksi ini dalam kondisi ON.

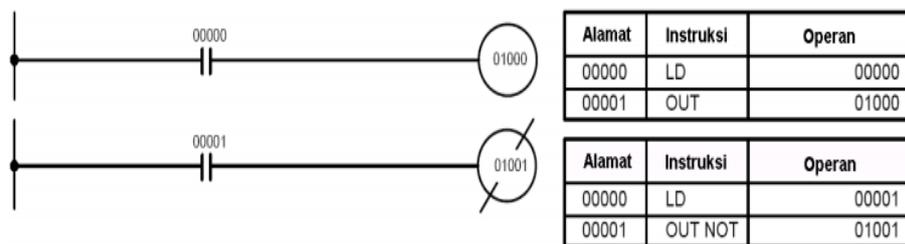


Gambar 83. Contoh penggunaan instruksi OR atau OR NOT

c. OUTPUT dan OUTPUT NOT

Cara yang paling mudah untuk mengeluarkan kondisi eksekusi adalah dengan menghubungkan langsung dengan keluaran melalui instruksi OUT atau OUT NOT. Kedua instruksi ini digunakan untuk mengontrol bit

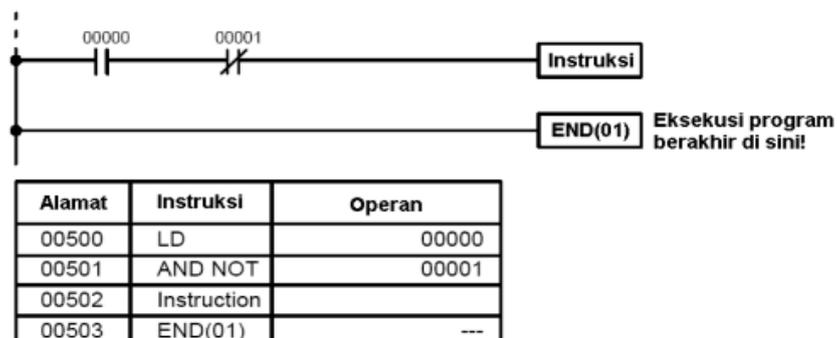
operan yang bersangkutan berkaitan dengan kondisi eksekusi. Dengan menggunakan instruksi OUT, maka bit operan akan menjadi ON jika kondisi eksekusinya juga ON, sedangkan OUT NOT akan menyebabkan bit operan menjadi ON jika kondisi eksekusinya OFF. Pada gambar di bawah terlihat jika IR010.00 akan ON selama IR000.00 juga ON, sedangkan IR010.01 akan ON selama IR000.01 dalam kondisi OFF.



Gambar 84. Contoh penggunaan instruksi OUT atau OUT NOT

d. END

Instruksi terakhir yang harus dituliskan atau digambarkan dalam diagram tangga adalah instruksi END. CPU pada PLC akan menyebabkan semua instruksi dalam program dari awal hingga ditemui instruksi END yang pertama, sebelum kembali lagi mengerjakan instruksi dalam program dari awal lagi, artinya instruksi yang ada di bawah atau setelah instruksi END akan diabaikan. Angka yang dituliskan pada instruksi END pada kode mnemonic merupakan kode fungsinya. Instruksi END tidak memerlukan operan serta tidak boleh diawali dengan suatu kondisi. Jika suatu program PLC tidak dilengkapi dengan instruksi END maka program tidak akan dijalankan sama sekali.



Gambar 85. Contoh penggunaan Instruksi END

- e. AND LOAD (AND LD)
- f. OR LOAD (OR LD)
- g. Garis Percabangan Instruksi
- h. INTERLOCKS IL (02) dan INTERLOCKS CLEAR ILC (03)
interlocks dan Interlocks clear merupakan satu pasang instruksi. Jika ada Interlocks maka harus ada instruksi penutupnya yaitu Interlocks clear. Diagram tangga yang berada dalam wilayah IL (02) dan ILC (03) tidak akan bekerja jika IL (02) belum bekerja. Instruksi ini dapat menggantikan diagram tangga yang ada titik percabangannya sehingga diagram tangganya menjadi lebih sederhana.
- i. JUMP (JMP) dan JUMP END (JME)
Instruksi ini mirip dengan IL (02) dan ILC (03). Bedanya jika kondisi logika untuk instruksi JMP sudah OFF, kondisi logika output diagram tangga yang berada diantara instruksi JMP dan JME yang mempunyai logic ON akan tetap ON (latching), walaupun kondisi input logic-nya sudah OFF.
- j. SET dan RESET
Instruksi SET dan RESET ini hamper sama dengan instruksi OUT dan OUT NOT, hanya saja instruksi SET dan RESET ini mengubah kondisi status bit operan saat kondisi eksekusinya ON. Kedua instruksi ini tidak akan mengubah kondisi status bit jika kondisi eksekusinya OFF.
- k. DIFFERENTIATE UP (DIFU) dan DIFFERENTIATE DOWN (DIFD)
Instruksi DIFU dan DIFD berfungsi untuk mengubah kondisi logika bit operan dari OFF menjadi ON selama 1 scan time. 1 scan time adalah jumlah waktu yang dibutuhkan oleh PLC untuk menjalankan program dimulai dari alamat program 00000 sampai instruksi END. DIFU sifatnya mendeteksi transisi naik dari input, dan DIFD mendeteksi transisi turun dari input.
- l. KEEP
Instruksi ini berfungsi untuk mempertahankan kondisi output untuk tetap ON walaupun input sudah dalam kondisi OFF. Logika input harus diumpangkan ke titik SET dari instruksi KEEP. Untuk mereset output adalah dengan titik reset dari instruksi KEEP .
- m. TIMER (TIM) dan COUNTER (CNT)
Timer/Counter pada PLC berjumlah 512 buah yang bernomor TC000 sampai TC511. Jika suatu nomor sudah dipakai sebagai Timer/Counter,

maka nomor tersebut tidak boleh dipakai lagi sebagai timer atau counter. Nilai Timer/Counter pada PLC bersifat countdown (menghitung mundur) dari nilai awal yang ditetapkan oleh program. Setelah hitungan mundur tersebut mencapai angka nol. Maka kontak NO Timer/Counter akan ON.

n. **SHIFT REGISTER (SFT)**

Instruksi ini berfungsi untuk menggeser data dari bit yang paling rendah tingkatnya ke bit yang lebih tinggi tingkatannya. Data input akan mulai bergeser pada saat transisi naik dari clock input.

o. **MOVE (MOV)**

Instruksi MOV berfungsi untuk memindahkan data channel (16 bit data) dari alamat memori asal ke alamat memori tujuan. Atau untuk mengisi suatu alamat memori yang ditunjuk dengan data bilangan.

p. **COMPARE (CMP)**

Instruksi ini berfungsi untuk membandingkan dua data 16 bit dan mempunyai output berupa bit> (lebih dari), bit= (sama dengan), dan bit< (kurang dari).

Rangkaian logik ladder DOL starter

Perancangan, pemrograman, pengujian, komisioning, troubleshooting dan pemeliharaan kontrol logik lebih mudah menggunakan program logik ladder pada PLC daripada rangkaian dengan pengawatan (hard-wired).

Untuk motor tiga fasa dengan DOL starter, berdasarkan sinyal input dan output dikonfigurasi pada PLC.

1. Input digital

- Pengontrol tegangan ON dan sikring OK (normally open)
- Beban lebih motor F2 (normally close)
- Tombol tekan stop S0 (normally close)
- Tombol tekan start S1 (normally open)
- Kontak utama umpan-balik (normally open)

2. Output digital

- Kontak utama on

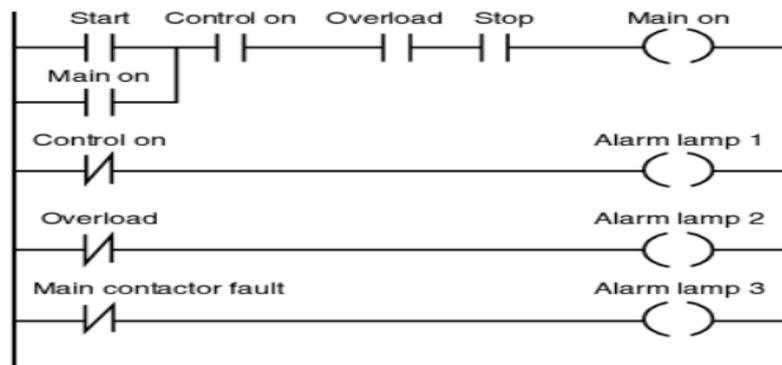
Instruksi program logik ladder untuk rangkaian kontrol DOL starter dengan mempertahankan kontak kontrol.

Catatan :

- a. Kontak tombol tekan start tertutup sebagai tombol tekan yang ditekan sesaat.

- b. Input akan on “kontrol on”, jika tegangan jala-jala ada dan sikring tidak putus.
- c. Kontak NC relay beban lebih akan memberikan input „beban lebih on selama relay tidak beroperasi.
- d. Input “stop” dari tombol tekan stop kontak NC akan on selamanya selama tombol tekan stop tidak ditekan.
- e. Kontak utama „on” akan menjaga kumparan output utama on selama tombol tekan stop tidak ditekan atau relay beban lebih bekerja.

Berbagai macam input untuk rangkaian kontrol pada PLC dengan bantuan “lampu indikator” dapat dipasang pada panel motor starter sebagai tambahan tombol tekan start dan stop. Alarm tersebut dapat membantu jika terjadi kesalahan. Berdasarkan alarm dapat dikonfigurasi menggunakan input yang telah tersedia pada PLC. Output PLC dapat digunakan untuk mengendalikan lampu indikator alarm.



Gambar 86. Program logik ladder DOL starter dan alarm

Dalam kasus DOL starter untuk motor tiga-fasa, berdasarkan alarm dapat dikonfigurasi indikasi kesalahan :

- Indikasi alarm – lampu 1 : Pengontrol tegangan OFF
- Indikasi alarm – lampu 2 : Motor berbeban lebih
- Indikasi alarm – lampu 3 : Kontaktor utama terjadi kesalahan.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pembelajaran

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

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

- a. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi pembelajaran Pengontrolan Motor Listrik? Sebutkan!
- b. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
- c. Ada berapa dokumen yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- d. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- e. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
- f. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-4. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

Aktivitas 1. Menentukan komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor listrik dengan pemograman (PLC).

Setelah saudara membaca bahan bacaan, Diskusikan bersama kelompok Saudara mengenai jenis-jenis motor listrik. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa saja komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor dengan PLC? Jelaskan !
2. Apa itu PLC ?Jelaskan !

Saudara dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan menggunakan LK-5

Hasil diskusi saudara dapat dituliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca bahan bacaan 3 sebagai referensi.

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Jelaskan konsep PLC !
2. Jelaskan lima bagian pokok dari PLC !
3. Sebutkan strategi untuk troubleshooting !

F. Rangkuman

1. Fungsi dan kegunaan PLC sangat luas. Dalam prakteknya PLC dapat dibagi secara umum dan secara khusus. Secara umum fungsi PLC adalah sebagai berikut:
 - Sekuensial Control, PLC memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), disini PLC menjaga agar semua step atau langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.
 - Monitoring Plant, PLC secara terus menerus memonitor status suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut pada operator.
2. Controller PLC merupakan pusat controlleran dari sistem otomasi. Controller terdiri dari mikroprosesor sebagai pusat operasi matematik dan operasi logika, memory sebagai penyimpan data, dan power supply. Jenis-jenis dari controller meliputi Programmable Logic Controller (PLC), Personal Computer (PC), serta relai kontrol konvensional.
3. Perancangan, pemrograman, pengujian, komisioning, troubleshooting dan pemeliharaan kontrol logik lebih mudah menggunakan program logik ladder pada PLC dari pada rangkaian dengan pengawatan (hard-wired). Untuk motor tiga fasa dengan DOL starter, berdasarkan sinyal input dan output dikonfigurasi pada PLC

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik :

1. Dapat menentukan komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor listrik dengan pemograman (PLC).
2. Dapat memasang rangkaian komponen instalasi motor listrik sesuai standar
3. Dapat menentukan kesalahan secara sistematis tentang penggunaan peralatan instalasi motor listrik sesuai standar PUIL/SNI.

Tindak Lanjut :

1. Penguatan dan penghargaan diberikan kepada peserta diklat yang telah memenuhi standar
2. Teguran yang bersifat mendidik dan memotivasi diberikan kepada peserta diklat yang belum memenuhi standar
3. Peserta diklat diberi kesempatan untuk mengikuti diklat lebih lanjut.

LEMBAR KERJA KB-3

LK - 4

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Pengontrolan Motor Listrik? Sebutkan!

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

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

LK - 5

1. Apa saja komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor dengan PLC?
Jelaskan !

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

2. Apa itu PLC ?Jelaskan !

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

Kegiatan Pembelajaran 4

Kegiatan Pembelajaran KB- 4

Memasang Rangkaian Komponen Motor Listrik dan Kesalahan Penggunaan Peralatan Instalasi Motor Listrik

A. Tujuan

Tujuan dari kegiatan pembelajaran empat ini adalah :

1. Peserta diklat dapat memasang rangkaian komponen instalasi motor listrik sesuai standar.
2. Peserta diklat dapat menemukan kesalahan secara sistematis tentang penggunaan peralatan instalasi motor listrik sesuai standar PUIL/SNI.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi pada kegiatan pembelajaran empat ini adalah :

1. Memasang rangkaian komponen instalasi motor listrik sesuai standar.
2. Menemukan kesalahan secara sistematis tentang penggunaan peralatan instalasi motor listrik sesuai standar PUIL/SNI.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1 :

Rangkaian komponen instalasi motor listrik

Beberapa rangkaian komponen instalasi motor listrik adalah :

a. Rangkaian pembalik (Reversing circuit)

Dengan merubah arah kedua fasa dari motor induksi tiga fasa. Ini akan merubah arah putaran motor. Untuk melakukan pembalikan, dua jenis rangkaian kontrol diuraikan sebagai berikut :

- 1) Rangkaian jenis *jog forward/reverse/off* menggunakan saklar selektor
Merubah dua penghantar pada motor induksi tiga fasa akan menyebabkan arah putaran terbalik. Rangkaian pembalik tiga fasa ditunjukkan pada rangkaian utama yang memperlihatkan dua kontaktor K1

dan K2 (forward dan reverse, masing-masing). Saklar selektor adalah jenis pengembali dengan per posisi off ditengah.

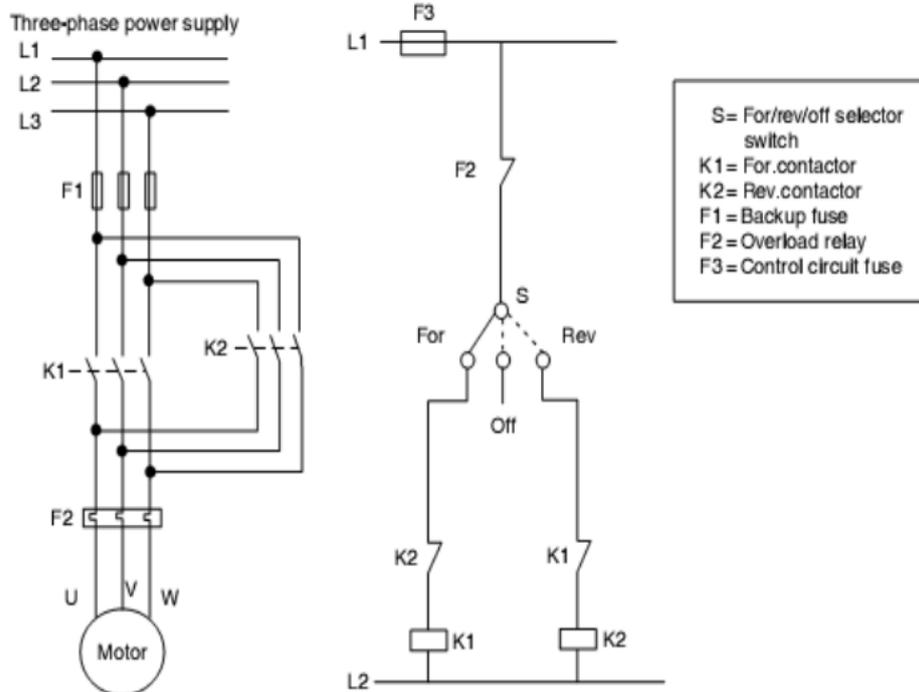
Kontaktor K1 bekerja jika saklar selektor diputar pada posisi forward. Kontak K1 akan menghubungkan sumber tegangan (L1, L2 dan L3) pada penghantar motor (U, V dan W) dengan urutan fasa yang sama. Ini akan menyebabkan motor berputar dengan arah forward. Saklar selektor diposisikan pada posisi reverse kontak K2 bekerja. Kontak K2 menghubungkan sumber tegangan L1 ke W, L2 ke V dan L3 ke U merubah urutan fasa L1 dan L2. Ini akan menyebabkan motor berputar dengan arah reverse. Saklar selektor diposisikan pada posisi off motor akan berhenti.

- 2) Rangkaian jenis *latch forward/reverse/off* menggunakan saklar selektor Rangkaian ini telah dibahas sebelumnya pada rangkaian *forward/reverse* jenis jog.

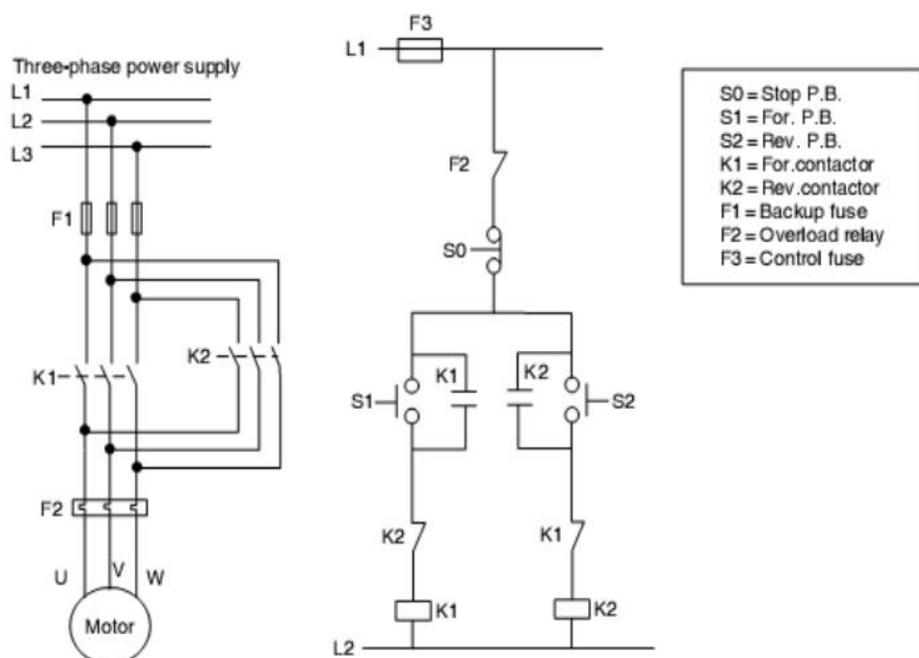
Jika tombol tekan *forward* ditekan kontak K1 akan bekerja. Ini akan menghubungkan sumber tegangan tiga fasa ke motor dengan urutan fasa yang sama menyebabkan putaran motor arahnya *forward*.

Kontaktor K1 akan tetap bekerja karena dikunci oleh kontak NO K1. Motor akan tetap berputar dengan arah *forward* selama tombol tekan *stop/reverse* ditekan atau proteksi beban lebih bekerja atau sikring putus. Jika tombol tekan *reverse* ditekan kontak K2 akan bekerja secara bersamaan kontak K1 tidak bekerja. Ini akan menghubungkan sumber tegangan tiga fasa ke motor dengan urutan fasa yang berbeda menyebabkan putaran motor arahnya *reverse*.

Kontaktor K2 akan tetap bekerja karena dikunci oleh kontak NO K2. Motor akan tetap berputar dengan arah *forward* selama tombol tekan *stop/reverse* ditekan atau proteksi beban lebih bekerja atau sikring putus. Tombol tekan *stop* tidak perlu ditekan sebelum arah putaran berubah.



Gambar 87. Rangkaian forward/reverse/stop jenis jog menggunakan saklar selektor



Gambar 88. Rangkaian forward/reverse/stop jenis latch menggunakan tombol tekan

3) Plug stop dan rangkaian anti-plug

Untuk menghentikan putaran motor, caranya adalah dengan memutuskan sumber tegangan dan membiarkan motor sampai berhenti. Walaupun demikian, beberapa aplikasi motor harus diberhentikan secara cepat atau pada posisi yang diinginkan dengan pengereman. Ini direalisasikan dengan menggunakan pengereman rangkaian listrik. Memanfaatkan kumparan motor untuk menghasilkan torsi perlambatan. Energi kinetik rotor dan beban akan menghilangkan torsi pada rotor motor.

Berdasarkan uraian diatas pengereman listrik terdapat dua jenis pengereman yang berbeda sebagai berikut :

1. Plugging
2. Dynamic breaking

4) Plugging

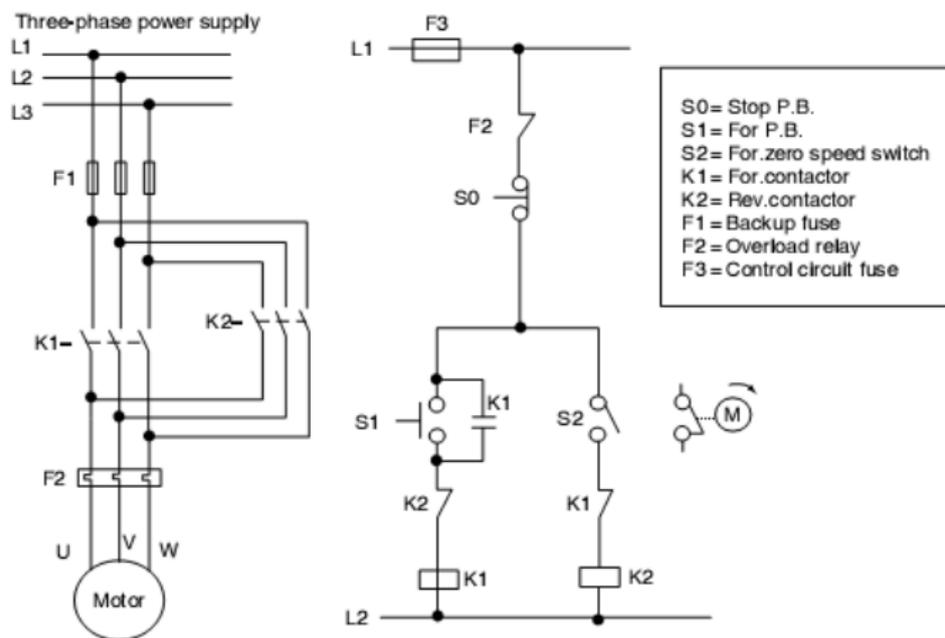
Untuk merealisasikan perintah ini, saklar atau kontak yang digunakan untuk meyakinkan status motor. Tergantung pada putaran dan kecepatan motor, perubahan status saklar dari NO ke NC. Saklar ini disebut saklar kecersipatan-nol (zero-speed switch atau plugging switch). Saklar kecepatan-nol untuk mencegah putaran balik motor sebelum berhenti. Saklar kecepatan-nol secara fisik dipasang pada poros mesin, sebagai penghambat motor.

Saklar kecepatan berputar, gaya sentrifugal yang menyebabkan kontak saklar membuka atau menutup, tergantung pada rancangan penggunaannya. Masing-masing saklar kecepatan-nol mempunyai batas operasi kecepatan, yang akan menyebabkan saklar kontak. Contoh, 10 – 100 rpm.

Jika tombol tekan start (forward) ditekan, kontaktor K1 bekerja. Oleh sebab itu, motor berputar dengan arah forward. Kontaktor K1 dikunci melalui kontak pengunci.

Selama motor berputar dengan arah forward, kontak NC F (zero switch) rangkaian terbuka pada kontaktor K2. Jika tombol tekan stop ditekan kontaktor K1 tidak bekerja. Ini akan mengembalikan kontaktor K2 bekerja sebab kontak forward on saklar kecepatan juga kondisinya tertutup. Kontaktor reverse bekerja, motor dihambat. Motor mulai mengurangi

kecepatan dengan cepat sesuai dengan keadaan saklar kecepatan, dimana titik kontaknya terbuka dan kontaktor K2 tidak bekerja. Kontaktor digunakan, hanya untuk menghentikan motor, menggunakan operasi penghambatan (plugging). Ini tidak digunakan untuk membalik arah putaran motor. Kebanyakan mesin membutuhkan motor yang putarannya dapat dibalik. Kebanyakan mesin ukuran kecil tidak berdampak oleh putaran balik motor, sebelum berhenti.



Gambar 89. Rangkaian penghambat untuk motor tiga-fasa

Ini tidak dibenarkan pada peralatan dengan ukuran besar. Hentakan torsi balik diaplikasikan jika motor ukuran besar dibalik putarannya (tanpa mengurangi kecepatan) bisa merusak motor.

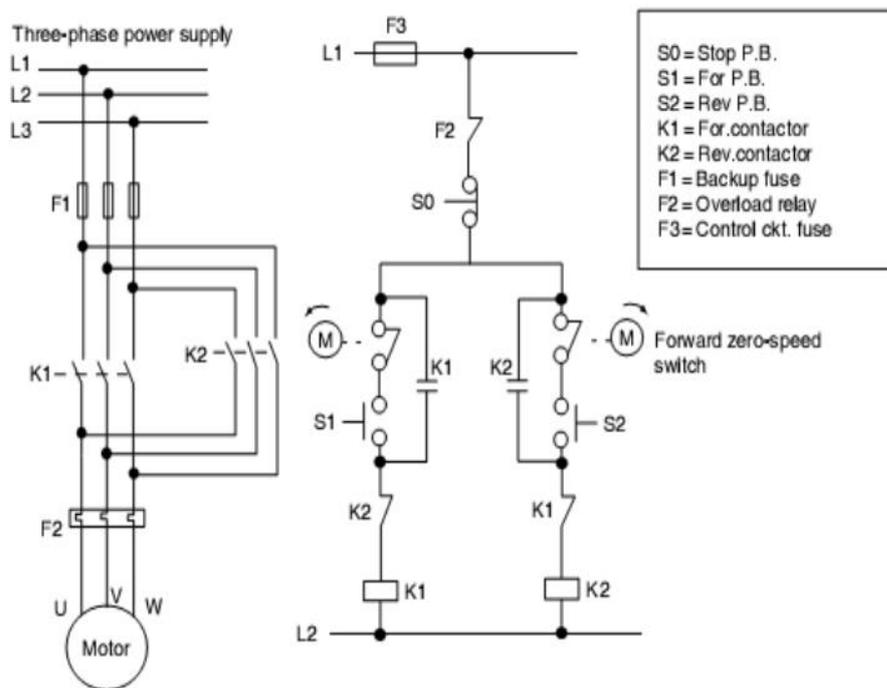
Pengendali mesin dan secara ekstrim dengan arus yang tinggi bisa mempengaruhi sistem distribusi. Menghambat motor lebih dari lima kali waktu yang dibutuhkan pada saat motor di-start tidak terbatas.

5) Anti-plugging

Proteksi anti-plugging diperlukan, jika motor yang mempunyai momen inersia besar dengan tiba-tiba dihubungkan, pada arah reverse, dimana motor masih berputar dengan arah forward.

Proteksi anti-plugging diaplikasikan untuk mencegah torsi balik, selama kecepatan motor berkurang sesuai dengan nilainya. Rangkaian anti plugging seperti yang ditunjukkan pada gambar 90, motor dapat berbalik

putaran tetapi tidak terjadi penghambatan (plugging). Jika tombol tekan *forward* ditekan kontaktor K1 bekerja yang akan mengakibatkan motor berputar dengan arah *forward*. Motor akan berputar terus karena dikunci oleh kontaktor K1. Dengan kontak NC F (kontak zero-switch speed) *reverse*, kontaktor K2 terbuka, yang mengakibatkan motor berputar *forward*.



Gambar 90. Rangkaian anti-plugging untuk motor tiga fase

Jika tombol tekan stop ditekan kontaktor K1 tidak bekerja, demikian juga dengan kontak pengunci K1 terbuka, yang menyebabkan motor berputar lambat. Jika tombol tekan reverse ditekan kontaktor K2 tidak akan bekerja, selama selama kontak F (kontak zero-switch speed) menutup kembali (jika kecepatan dibawah penyetelan saklar).

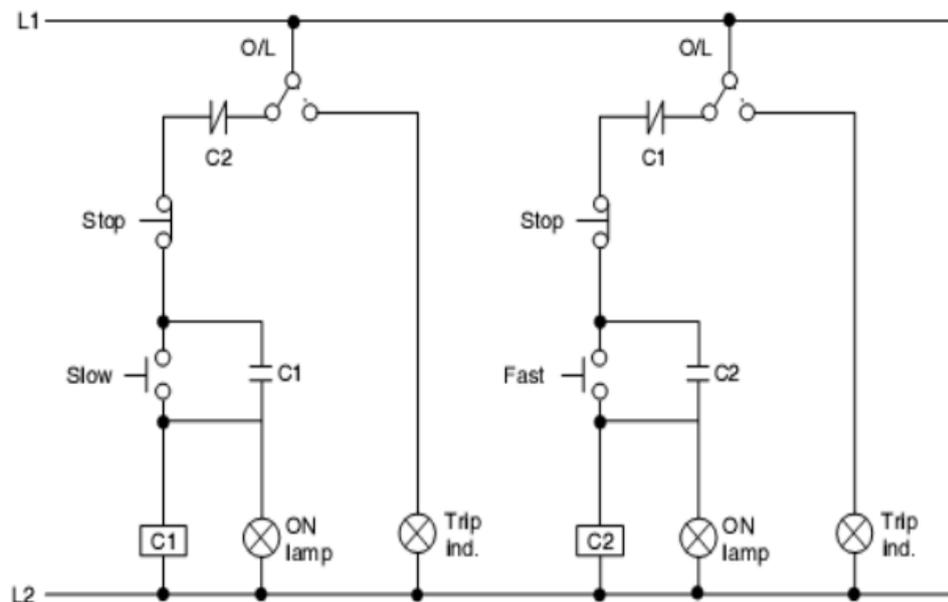
Dengan demikian, jika motor mendekati kecepatan nol, rangkaian reverse dapat bekerja. Selanjutnya motor berputar dengan arah reverse.

b. Pengendali motor dua-kecepatan

Kadang-kadang untuk menjalankan peralatan dibutuhkan dua kecepatan yang berbeda. Ini biasanya diperlukan pada aplikasi tertentu di industri, seperti kecepatan motor pengaduk, ventilasi pompa, proses kontrol terpadu. Khususnya pada pengontrolan terpadu, dimana komponen yang digunakan

pada pengontrolan terpadu digabungkan, komponen yang digunakan tersebut digabung dengan komponen yang digunakan secara cepat dan lambat. Komponen-komponen yang digunakan ini akurat. Untuk merealisasikan ini, dipergunakan pada motor dua-kecepatan.

Jenis rangkaian pengendali motor dua-kecepatan secara kelistrikan kumparan motor dibagi dua. Rangkaian kontrol menghubungkan kumparan motor pada konfigurasi yang berbeda yang menyebabkan perubahan kecepatan dari suatu kecepatan tertentu ke yang lainnya. Masing-masing kumparan dapat menyalurkan daya motor pada kecepatan tertentu.



Gambar 91. jenis rangkaian pengendali untuk motor dua-kecepatan.

Dua kontaktor disertakan untuk kecepatan rendah dan tinggi. Kedua kontaktor tersebut secara kelistrikan tidak boleh bekerja bersamaan. Untuk memproteksinya dipisahkan oleh masing-masing proteksi beban lebih.

Bahan Bacaan 2 :

Kesalahan-kesalahan penggunaan peralatan instalasi motor listrik standar PUIL/SNI

a. Troubleshooting

Masalah troubleshooting tidak hanya masalah teknis semata tetapi juga mengandung unsur seni. Untuk menjadi teknisi troubleshooting yang trampil maka seseorang troubleshooter harus memiliki persyaratan tertentu antara lain :

- a. Mempunyai pengertian yang mendalam tentang operasi normal dari peralatan yang sedang dihadapinya dan disamping itu harus pula memiliki pengetahuan lain yang relevan dengan bidang keahliannya, misalnya pengetahuan mekanikal, elektrikal dan penggunaan alat ukur listrik.
- b. Pengalaman.

1) Prosedur Umum

Pekerjaan troubleshooting memang rumit, penuh variasi dan sangat kompleks. Tetapi pekerjaan ini dapat menjadi mudah dan sederhana bila dilaksanakan secara sistematis dengan mengikuti prosedur yang berlaku. Prosedur ini akan membantu teknisi troubleshooter menemukan lokasi gangguan secara tepat dan cepat.

Ada 6 tahap pekerjaan yang harus dilakukan oleh seorang troubleshooter pada saat melakukan troubleshooting yaitu :

- a) Mengenali keluhan atau gangguan yang timbul.
- b) Melakukan serangkaian pemeriksaan.
- c) Menganalisa hasil pemeriksaan.
- d) Menentukan penyebab gangguan dan cara mengatasinya.
- e) Memperbaiki kerusakan yang terjadi.
- f) Melakukan pengujian (testing).

Secara umum, rangkaian listrik disini dapat dibedakan menjadi dua bagian :

1. Rangkaian Daya
2. Rangkaian Kontrol

Sebaiknya pengecekan pertama dilakukan pada rangkaian daya. Selanjutnya jika pada rangkaian daya bekerja, lakukan pengecekan pada rangkaian kontrol. Pengecekan pada rangkaian daya :

1. Daya yang masuk ke rangkaian dan kesempurnaannya.
2. Periksa kebenaran fungsi dari peralatan proteksi.
3. Periksa kontinuitas kabel secara penglihatan.
4. Periksa adanya tanda terbakar pada peralatan

Pengecekan pada rangkaian kontrol :

1. Pertama daya untuk rangkaian kontrol.
2. Periksa kebenaran fungsi dari relay, timer dan saklar.
3. Periksa kontinuitas kabel secara penglihatan.
4. Periksa sambungan kawat dan terminal rangkaian.
5. Periksa operasi logika sekuense pensaklaran kontaktor.
6. Periksa penyetelan durasi waktu.

2) Pengecekan Kontinuitas tanpa Sumber Tegangan

Pengecekan kontinuitas seperti tes isolasi sebaiknya dilakukan pada rangkaian tanpa tegangan.

a) Pengetesan/Pengujian kontinuitas.

Pada rangkaian ini tidak disambungkan dengan sumber tegangan dilakukan untuk pengecekan kontinuitas. Dapat dilakukan dengan menggunakan Audio Continuity Tester, seperti yang ditunjukkan pada gambar 92.

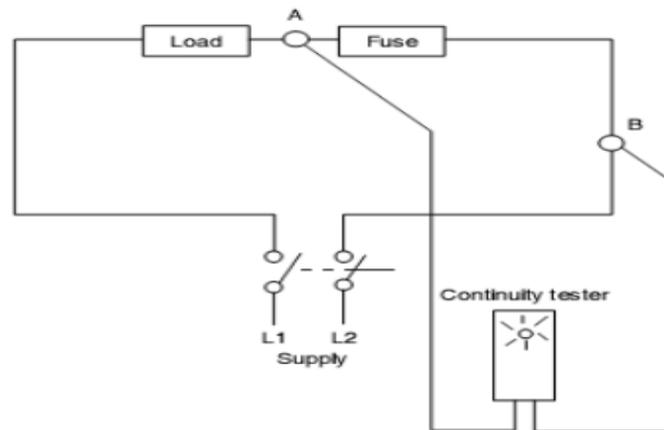
Begitu juga, ohmmeter atau mutimeter dapat digunakan untuk pengecekan kontinuitas, seperti yang ditunjukkan pada gambar 93.

Pengecekan kontinuitas dilakukan dengan maksud :

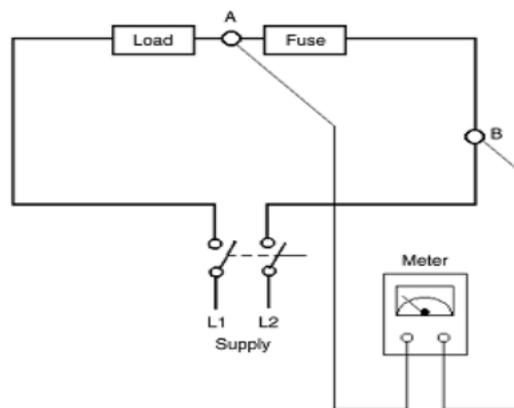
a) Keutuhan kabel

- Keutuhan dari bagian-bagian rangkaian listrik.
- Keutuhan dari sistem pembumian (earthing system).
- Keakuratan pengawatan dari rangkaian daya dan kontrol terhadap terminal dengan benar.
- Perbedaan penghantar aktif dan netral sebelum dihubungkan dengan penghantar.
- Periksa kesalahan pengawatan antara perbedaan rangkaian daya dengan rangkaian kontrol secara langsung, periksa bagian yang hubung singkat.

b) Keutuhan saklar, sikring dan peralatan yang lainnya.



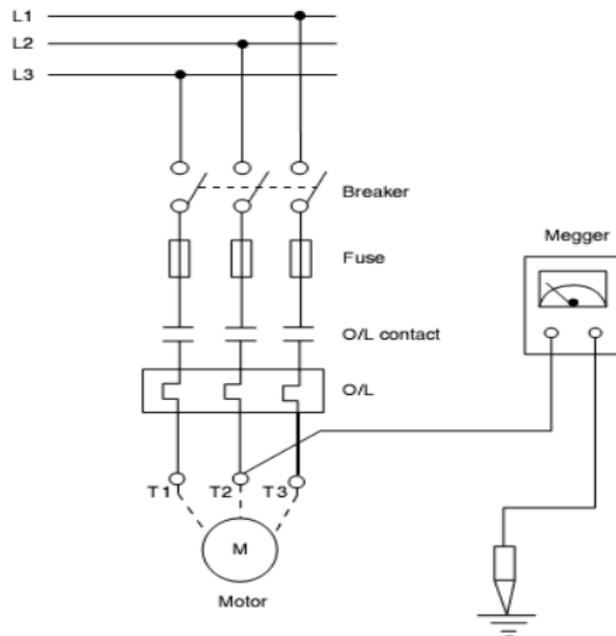
Gambar 92. Pengecekan kontnyuitas dengan audio tester



Gambar 93. Pengecekan kontnyuitas dengan Ohmmeter

b) Pengetesan/Pengujian Isolasi.

Pengetesan ini dilakuka tanpa sumber tegangan juga. Tujuannya untuk mengecek isolasi kabel atau rangkaian daya. Peralatan yang digunakan untuk mengecek isolasi secara utuh adalah Insulation Resistance Tester. Gambar 94 memperlihatkan rangkaian motor kontrol hubungan circuit braeker, fuse dan overload relay pada rangkaian motor kontrol.



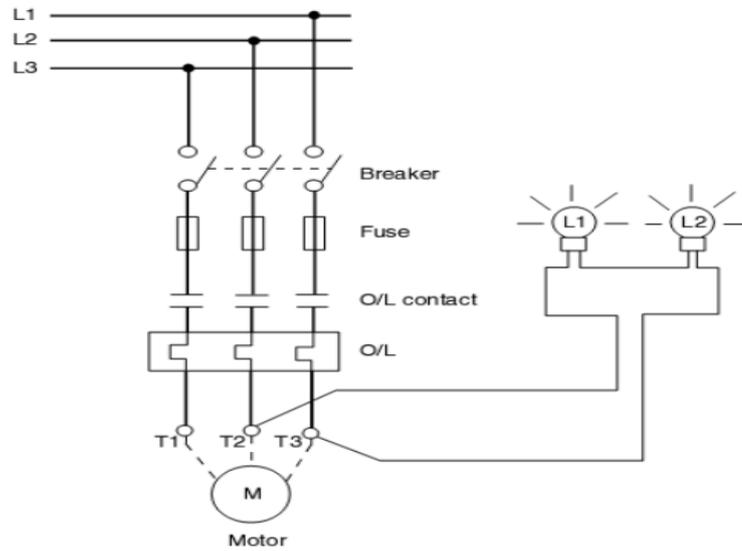
Gambar 94. Tes isolasi dengan Insulation Resistance Tester

3) Pengecekan Kontinuitas dengan Sumber Tegangan

Secara umum, jika memungkinkan menentukan letak gangguan dilakukan dengan tidak menghubungkan sumber tegangan, tetapi pada kondisi tertentu, untuk menentukan kesalahan hanya memungkinkan jika rangkaian bertegangan.

Pengecekan seperti ini harus dilakukan dengan hati-hati mengikuti tindakan keselamatan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 95, kontinuitas peralatan listrik dapat dicek dengan lampu sebagai pengecek (test lamp). Lampu tes dihubungkan antara kedua fasa. Jadi dengan rangkaian penguji ini, pengujian kontinuitas dapat dilakukan. Dengan tambahan jenis lampu pengujian visual, dapat digunakan untuk pengujian kontinuitas sederhana. Alternatif lain, voltmeter atau multimeter dapat digunakan untuk memeriksa tegangan dan kontinuitas penghantar atau peralatan listrik.

Jika menguji tegangan tiga fasa, gunakan dua buah lampu yang dihubungkan seri dan jangan menggunakan sebuah lampu. Saat ini, kebanyakan pabrikan pengecekan tegangan dilakukan dengan detail untuk membantu pengujian terintegritas pada bagian tertentu. Jika pengujian tegangan pada titik tertentu, instrumen pengukur harus akurat. Oleh karena itu, perbandingan tegangan pada titik tertentu cukup untuk menggambarkan suatu kesimpulan.



Gambar 95. Pengecekan kontinyuitas dengan test lamp

4) Pengujian Opsional

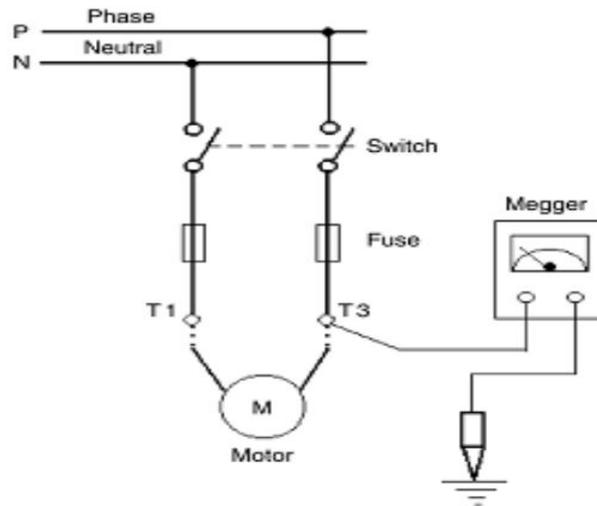
1. Pengujian resistansi kabel dengan Megger dan peralatan bantu sistem satu phasa.

Putuskan hubungan P dan N dari sumber tegangan, sedapat-dapatnya dari ujung yang lainnya. Sekarang rangkaian telah terisolasi, hubung singkatkan P dan N sesaat. Hubungkan saklar dan peralatan proteksi, terminal motor terbuka, sehingga motor terisolasi dari rangkaian pengujian. Periksa resistansi dengan insulation tester antara netral dan arde. Jika nilai yang ditunjukkan kurang dari $1\text{ M}\Omega$ berarti ada kesalahan isolasi pada kabel penghantar atau terminal.

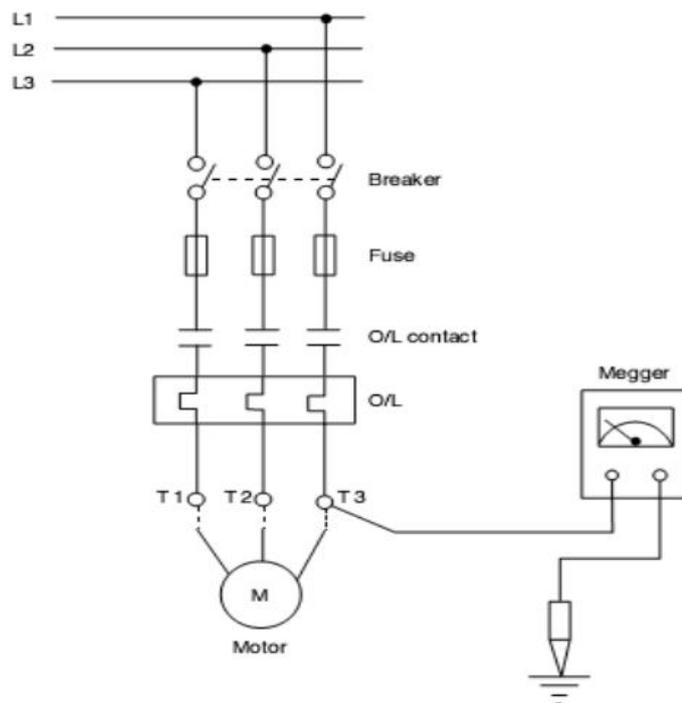
2. Pengujian resistansi kabel dengan Megger dan peralatan bantu sistem tiga phasa.

Putuskan hubungan L1, L2 dan L3 dari sumber tegangan, sedapat-dapatnya dari ujung yang lainnya. Hubung singkatkan terminal L1, L2 dan L3 sesaat. Hubungkan circuit breaker dan peralatan proteksi, terminal motor T1, T2 dan T3 terbuka, sehingga motor terisolasi dari rangkaian pengujian.

Periksa resistansi dengan insulation tester antara masing-masing penghantar dan arde. Jika nilai yang ditunjukkan kurang dari $1\text{ M}\Omega$ berarti ada kesalahan isolasi pada kabel penghantar atau terminal.



Gambar 96. Megger pada sistem satu phasa.

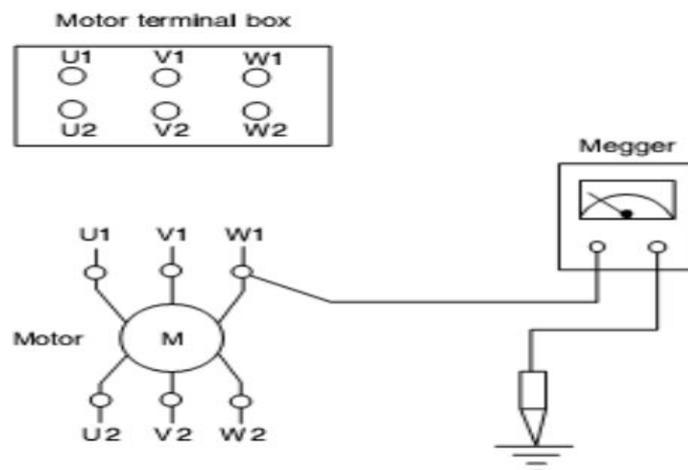


Gambar 97. Megger pada sistem tiga phasa

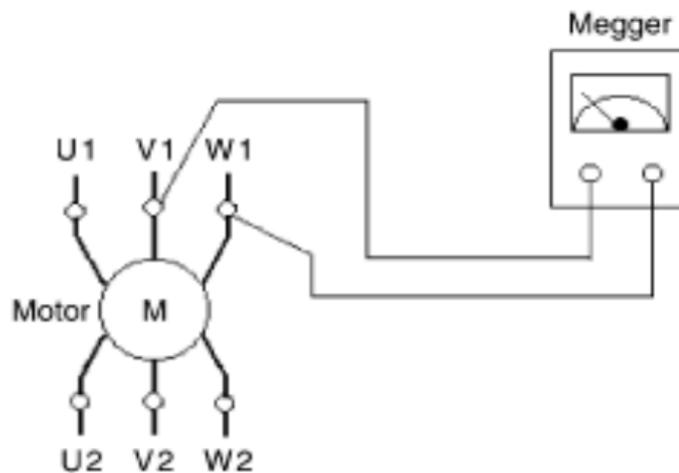
5) Pengujian resistansi motor

Kondisi awal untuk pengujian tahanan isolasi motor, pertama-tama motor harus terisolasi total dari sumber tegangan. Hubungkan megger pada masing-masing penghantar motor dan arde, seperti yang ditunjukkan pada gambar 98, untuk memeriksa kumparan stator terhadap arde.

Ini akan membantu untuk menentukan kondisi kumparan stator. Secara sederhana, untuk pengujian hubung singkat antara dua kumparan dengan megger pada terminal kumparan stator, seperti yang ditunjukkan pada gambar 99. Jika hasil pembacaan rendah dapat diidentifikasi adanya kegagalan isolasi pada kumparan motor.



Gambar 98. Pengujian dengan megger untuk kumparan motor



Gambar 99. Pengujian dengan megger untuk kumparan motor

6) Contoh troubleshooting

Pada uraian diatas, bermacam-macam rangkaian kontrol dasar dan kompleks untuk motor tiga fasa telah dibahas secara detail.

Berikut adalah contoh troubleshooting rangkaian control, yaitu rangkaian kontrol untuk motor tiga fase DOL starter dengan kontak kontrol yang terpelihara.

Permasalah mula jalan dan jalan motor diuraikan dibawah ini :

1. Motor akan jalan dengan menekan tombol tekan start, tetapi segera berhenti setelah melepas tombol tekan start.
2. Motor jalan dan berhenti setelah 2 menit tombol tekan start dilepas. Dengan asumsi sikring pada rangkaian utama tidak putus.

Berikut adalah solusi terhadap permasalahan yang diuraikan diatas :

1. Sejak motor jalan dengan menekan tombol tekan start, ini mengindikasikan bahwa kontaktor (K1) akan mengendalikan sumber tegangan jika rangkaian sempurna dengan menekan tombol tekan start. Bagaimanapun juga, motor akan segera berhenti saat tombol tekan start dilepas.
2. Pada rangkaian kontrol, secepatnya kontaktor utama terhubung on, kontak NO diparalel dengan kontak tombol tekan start yang harus tertutup dan rangkaian kontrol bekerja saat tombol tekan start ditekan atau relay beban lebih bekerja dan kontak NC terbuka.

Jika motor jalan dan berhenti setelah 2 menit, untuk troubleshoot, dilakukan berdasarkan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Periksa sumber tegangan (L1), periksa tegangan antara L1 dan netral (N).
2. Periksa sikring rangkaian kontrol (F3) dengan multimeter. Jika sikring rangkaian pengendali (F3) putus, ganti sikring dan jalankan motor, motor harus jalan jika permasalahannya hanya sikring rangkaian pengendali (F3) putus.
3. Jika sikring rangkaian kontrol (F3) OK, periksa apakah relay beban lebih telah bekerja. Periksa dengan bantuan multimeter. Periksa tegangan antara terminal netral dengan kontak terminal keluaran relay beban lebih, hubungkan tombol tekan stop. Jika relay beban lebih telah bekerja, tidak akan mendapatkan tegangan antara kedua terminal. Reset relay beban lebih dan pastikan bahwa motor tidak berputar karena beban lebih.

Jika tidak ada tegangan antara kedua terminal, cari kehilangan kontak atau kawat penghantar putus pada kontak berikutnya di rangkaian pengendali.

7) Strategi troubleshooting

Strategi troubleshooting rangkaian pengendali dan rangkaian logik ladder :

- a) Disini yang penting gambar rangkaian pengendali, rincian peralatan, keberadaan interkoneksi dan interlok sewaktu troubleshooting rangkaian pengendali. Troubleshooting mesin atau masalah peralatan, sangat baik jika mempunyai "Manufacturer,s Operation dan Maintenance Manual", juga "Troubleshooting Instructions".
- b) Blok diagram interlok dan urutan kontrol operasi peralatan/mesin harus tersedia selama troubleshooting.
- c) Gambar dan uraian rangkaian daya peralatan atau mesin, peralatan kontrol, kontaktor, timer, counter, safety, dan peralatan proteksi dan sebagainya dibutuhkan untuk alasan troubleshooting.
- d) Kelayakan pengujian dan instrumen pengukuran dipersyaratkan untuk pengujian rangkaian daya dan pengendali peralatan, atau mesin harus tersedia.
- e) Saklar utama daya OFF pada peralatan/mesin dan saklar pengendali OFF, untuk menghindari sesuatu yang merugikan atau kecelakaan sewaktu troubleshooting pada rangkaian pengendali yang disebabkan peralatan bekerja secara mendadak.
- f) Sebagai rangkaian pengendali ada perbedaan dari peralatan terhadap peralatan dan mesin terhadap mesin, ini tidak memungkinkan untuk diformasikan atau strategi dasar untuk troubleshooting pada rangkaian pengendali. Bagaimanapun juga, standar engineering dan praktisi profesi harus diikuti sewaktu troubleshooting rangkaian pengendali.

Dokumen umum daftar isian untuk troubleshooting

- a. Gambar rangkaian pengendali
- b. Manufacturers operations dan maintenance manuals dan troubleshooting instruction
- c. Blok diagram interlok dan urutan kontrol operasi peralatan/mesin
- d. Gambar dan uraian rangkaian daya peralatan atau mesin

- e. Detail peralatan kontrol, kontaktor, timer, counter, safety, dan peralatan proteksi
- f. Rangkaian daya peralatan atau mesin.

b. Kesalahan Pemasangan Sambungan dan Terminal Konduktor

- 1) Persyaratan Umum
 - a) Sambungan antar konduktor pada instalasi seharusnya dilakukan dengan baik dan kuat.
 - b) Sambungan perlu diberi isolasi yang memberikan jaminan yang sama dengan isolasi konduktor yang disambungkan. Bahan dan perlengkapan yang digunakan seharusnya memenuhi persyaratan yang ditentukan untuk konduktor yang disambungkan atau dihubungkan, misalnya jumlah inti, luas penampang konduktor, dan macam bahan isolasinya. Setiap sambungan dan terminasi (hubungan) harus dilaksanakan dengan baik, sehingga tahan terhadap beban terus menerus ataupun keadaan hubung pendek yang mungkin terjadi.
 - c) Sambungan antar konduktor instalasi yang fleksibel lainnya boleh dilaksanakan dengan pertolongan kotak sambung.

Dilapangan banyak ditemukan sambungan puntiran kawat padat (ekor babi) yang ada dalam kotak sambungan, tidak kuat puntirannya, terlalu panjang puntirannya, bahkan arah puntirannya tidak searah jarum jam. Hal ini akan terkendala bila digunakan lasdop untuk menutup sambungan yang terbuka tersebut.

- d) Sambungan dengan solder tidak boleh dipakai pada setiap bagian instalasi dimana suhunya akan melampaui 120 °C. Sambungan dengan solder tidak boleh dipakai pada konduktor yang mengalami gaya mekanis (7.11.1.13)
- e) Dalam membuat sambungan solder untuk konduktor tidak boleh digunakan fluks yang menyebabkan korosi. Air keras atau cairan asam lainnya tidak boleh digunakan dalam proses penyolderan (7.11.1.14).
- f) Terminal penghubung, misalnya pada sakelar atau kotak kontak, tidak boleh digunakan untuk lebih dari satu inti (7.11.1.4).

- g) Terminal perlengkapan lampu tidak boleh digunakan untuk menyambung konduktor utama instalasi magun di luar perlengkapan tersebut (7.11.1.6).

Terminasi kawat yang salah arah sangat banyak ditemukan di lapangan, sehingga bila dikunci murnya, konduktor tidak semakin kuat, malah terjadi sebaliknya.

- h) Persiapan ujung konduktor untuk terminasi harus sedemikian sehingga bagian konduktor yang telanjang tidak terlalu panjang.
- i) Untuk terminasi tanpa sepatu konduktor dimana konduktor langsung dipasang pada baut terminal posisi ujung harus sedemikian sehingga terminasi baik dan kuat

c. Kesalahan Pemasangan Konduktor dalam Konduit

- 1) Konduktor instalasi hanya boleh dimasukkan ditarik ke dalam konduit setelah konduit setiap sirkit daya terpasang lengkap. (7.13.14)
- 2) Konduktor instalasi tidak boleh dipasang dalam konduit sebelum pekerjaan kasar, antara lain pembetonan dan plesteran diselesaikan. (7.13.1.5)

Tabel 4. Diameter dalam minimum konduit listrik untuk pemasangan Konduktor rumah berisolasi PVC (NYA)

No	Jumlah konduktor rumah PVC (NYA)		1	2	3	4	5	6
	Luas penampang nominal (mm ²)	Diameter luar maksimum (mm)	Diameter dalam minimum dari konduit (mm)					
1.	1,5	3,3	7	9	9	11	13	13
2.	2,5	2,9	7	10	11	13	14	16
3.	4	4,4	7	11	13	14	16	17
4.	6	2,4	9	14	16	17	20	21
5.	10	6,8	10	17	19	22	24	27
6.	16	8	13	20	22	26	29	34
7.	25	9,8	14	24	27	34	35	38
8.	35	11	16	27	34	35	40	44
9.	50	13	19	34	36	44	46	56
10	70	15	22	36	34	48	56	-
11	95	17	24	44	48	56	-	-
12	120	19	27	48	56	-	-	-
13	150	21	34	56	-	-	-	-

Kenyataan dilapangan, jumlah konduktor yang diisikan dalam konduit, melebihi dari ketentuan yang ada.

- 3) Konduktor dari system arus bolak balik yang dipasang dalam conduit yang bersifat magnetis (misalnya: conduit dari baja) harus dikelompokkan sehingga konduktor rumah yang tersebut di bawah ini berada dalam conduit yang sama. (7.13.1.9):
- a) Pada system fasa tiga : Konduktor rumah dari ketiga fasa dan kawat netralnya (kalau ada)
 - b) Pada system fasa dua : Konduktor rumah dari kedua fasa dan kawat netralnya (kalau ada)
 - c) Pada system fasa tunggal : Konduktor rumah dari fasa dan kawat netralnya.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

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

- a. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh guru kejuruan sebelum mempelajari materi pembelajaran Rangkaian Motor Listrik dan Kesalahan Penggunaan Peralatan Instalasi Motor? Sebutkan!
- b. Bagaimana guru kejuruan mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
- c. Ada berapa dokumen yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- d. Apa topik yang akan dipelajari oleh guru kejuruan di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- e. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
- f. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh guru kejuruan bahwa dia telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK-6. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran dimulai dengan membaca seluruh bagian dari kegiatan pembelajaran ini, disarankan anda membaca secara berurutan, sehingga anda mengetahui tujuan dan indikator capaian kompetensi. Belajar dengan menggunakan modul ini menuntut kemandirian dan kejujuran anda terhadap diri sendiri. Beberapa kegiatan yang juga harus anda lakukan:

1. Membaca dan mempelajari bahan referensi sebagai penunjang materi yang akan diberikan.
2. Apabila ada bagian-bagian yang belum anda kuasai sesuai yang diharapkan, ulangi kembali dengan tidak tergesa-gesa.
3. Jawablah pertanyaan pada bagian Latihan/Kasus/Tugas pada lembar jawaban dan lembar kerja yang sudah disediakan
4. Jika saudara dapat menjawab pertanyaan pada bagian Latihan/Kasus/Tugas dengan baik, maka saudara dapat melanjutkan menjawab evaluasi.

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Buatlah rangkaian forward/reverse/stop jenis jog menggunakan saklar selektor !
2. Buatlah salah satu jenis rangkaian untuk motor dua-kecepatan !
3. Sebutkan strategi untuk troubleshooting !

F. Rangkuman

1. Beberapa rangkaian komponen instalasi motor listrik adalah :
 - a. Rangkaian pembalik (Reversing circuit) dengan merubah arah kedua fasa dari motor induksi tiga fasa. Ini akan merubah arah putaran motor.
 - b. Pengendali motor dua-kecepatan
 - c. biasanya diperlukan pada aplikasi tertentu di industri, seperti kecepatan motor pengaduk, ventilasi pompa, proses kontrol terpadu. Khususnya pada pengontrolan terpadu, dimana komponen yang digunakan pada pengontrolan terpadu digabungkan, komponen yang digunakan tersebut digabung dengan komponen yang digunakan secara cepat dan lambat. Komponen-komponen yang digunakan ini

akurat. Untuk merealisasikan ini, dipergunakan pada motor dua-kecepatan.

Jenis rangkaian pengendali motor dua-kecepatan secara kelistrikan kumparan motor dibagi dua. Rangkaian kontrol menghubungkan kumparan motor pada konfigurasi yang berbeda yang menyebabkan perubahan kecepatan dari suatu kecepatan tertentu ke yang lainnya. Masing-masing kumparan dapat menyalurkan daya motor pada kecepatan tertentu.

2. Ada enam tahap pekerjaan yang harus dilakukan oleh seorang troubleshooter pada saat melakukan troubleshooting yaitu :
 - Mengenali keluhan atau gangguan yang timbul.
 - Melakukan serangkaian pemeriksaan.
 - Menganalisa hasil pemeriksaan.
 - Menentukan penyebab gangguan dan cara mengatasinya.
 - Memperbaiki kerusakan yang terjadi.
 - Melakukan pengujian (testing).
3. Ada beberapa kesalahan pemasangan instalasi motor listrik diantaranya :
 - a. Kesalahan pemasangan sambungan dan terminal konduktor
 - b. Kesalahan pemasangan konduktor dalam Konduit

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik :

1. Dapat menentukan komponen I/O pada instalasi pengontrolan motor listrik dengan pemograman (PLC).
2. Dapat memasang rangkaian komponen instalasi motor listrik sesuai standar
3. Dapat menentukan kesalahan secara sistematis tentang penggunaan peralatan instalasi motor listrik sesuai standar PUIL/SNI..

Tindak Lanjut :

1. Penguatan dan penghargaan diberikan kepada peserta diklat yang telah memenuhi standar

2. Teguran yang bersifat mendidik dan memotivasi diberikan kepada peserta diklat yang belum memenuhi standar
3. Peserta diklat diberi kesempatan untuk mengikuti diklat lebih lanjut.

LEMBAR KERJA KB-4

LK - 6

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Rangkaian Motor Listrik dan Kesalahan Penggunaan Peralatan Instalasi Motor? Sebutkan!

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

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

A. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas Kegiatan Pembelajaran 1

- 1) d
- 2) b
- 3) d
- 4) a
- 5) b
- 6) c

B. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas Kegiatan Pembelajaran 2

- 1) Prinsip kerja motor listrik berdasarkan hukum gaya lorenz dan kaidah tangan kiri Fleming, yang menyatakan bahwa: Apabila sebatang konduktor yang dialiri arus listrik ditempatkan didalam medan magnet maka konduktor tersebut akan mengalami gaya.
- 2) Jenis-jenis motor DC
 - Motor Penguatan Terpisah / *separately excited*
Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah / *separately excited*.
 - Motor Shunt / *Self Excited*
Pada motor shunt, gulungan medan (medan shunt) disambungkan secara paralel dengan gulungan dynamo. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dynamo.
 - Motor Seri
Dalam motor seri, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara seri dengan gulungan dynamo. Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus dynamo.
 - Motor Kompon / Gabungan
Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan shunt. Pada motor kompon, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan. Sehingga, motor kompon memiliki torsi penyalan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil.
- 3) Kelebihan motor induksi sebagai berikut:

- Bentuknya yang sederhana dan memiliki konstruksi yang kuat.
 - Harga relatif murah dan dapat diandalkan.
 - Efisiensi tinggi pada keadaan berputar normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi – rugi daya yang dari gesekan dapat dikurangi.
 - Perawatan waktu mulai beroperasi tidak memerlukan *starting* tambahan khusus dan tidak harus sinkron.
- 4) Motor sinkron pada dasarnya merupakan alat yang menyuplai tenaga ke beban pada kecepatan konstan. Kecepatan putaran motor adalah terkunci pada frekuensi listrik yang diterapkan, oleh karena itu kecepatan motor adalah konstan pada beban bagaimanapun. Kecepatan motor yang tetap ini dari kondisi tanpa beban sampai torsi maksimum yang bisa disuplai motor disebut torsi *pullout*.
- 5) Konstruksi motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian yaitu sebagai berikut :
- Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
 - Celah : Merupakan celah udara: Tempat berpindahnya energi dari startor ke rotor.
 - Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.
- 6) Informasi data sebuah motor yang tertera di *name plate* sangat penting sebagai acuan seorang teknisi untuk:
- mengatur berapa besar proteksi yang harus dipasang
 - melihat sumber tegangan dan maksimum ampere yang dapat dilewati
 - berapa power / kekuatan yang bisa dilakukan oleh motor tersebut

C. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas Kegiatan Pembelajaran 3

1. Konsep PLC adalah sebagai berikut :
 - Programmable, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.

- Logic, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan logic (ALU), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya.
- Controller, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

2. Lima bagian pokok dari PLC

- Central processing unit (CPU). Bagian ini merupakan otak atau jantung PLC, karena bagian ini merupakan bagian yang melakukan operasi / pemrosesan program yang tersimpan dalam PLC. Disamping itu CPU juga melakukan pengawasan atas semua operasional kerja PLC, transfer informasi melalui internal bus antara PLC, memory dan unit I/O.
- Programmer / monitor (PM). Pemrograman dilakukan melalui keyboard sehingga alat ini dinamakan Programmer. Dengan adanya Monitor maka dapat dilihat apa yang diketik atau proses yang sedang dijalankan oleh PLC. Bentuk PM ini ada yang besar seperti PC, ada juga yang berukuran kecil yaitu hand-held programmer dengan jendela tampilan yang kecil, dan ada juga yang berbentuk laptop. PM dihubungkan dengan CPU melalui kabel. Setelah CPU selesai diprogram maka PM tidak dipergunakan lagi untuk operasi proses PLC, sehingga bagian ini hanya dibutuhkan satu buah untuk banyak CPU.
- Modul input / output (I/O). Input merupakan bagian yang menerima sinyal elektrik dari sensor atau komponen lain dan sinyal itu dialirkan ke PLC untuk diproses. Ada banyak jenis modul input yang dapat dipilih dan jenisnya tergantung dari input yang akan digunakan. Jika input adalah limit switches dan pushbutton dapat dipilih kartu input DC. Modul input analog adalah kartu input khusus yang menggunakan ADC (Analog to Digital Conversion) dimana kartu ini digunakan untuk input yang berupa variable seperti temperatur, kecepatan, tekanan dan posisi.
- Printer. Alat ini memungkinkan program pada CPU dapat di printout atau dicetak. Informasi yang mungkin dicetak adalah diagram ladder, status register, status dan daftar dari kondisi-

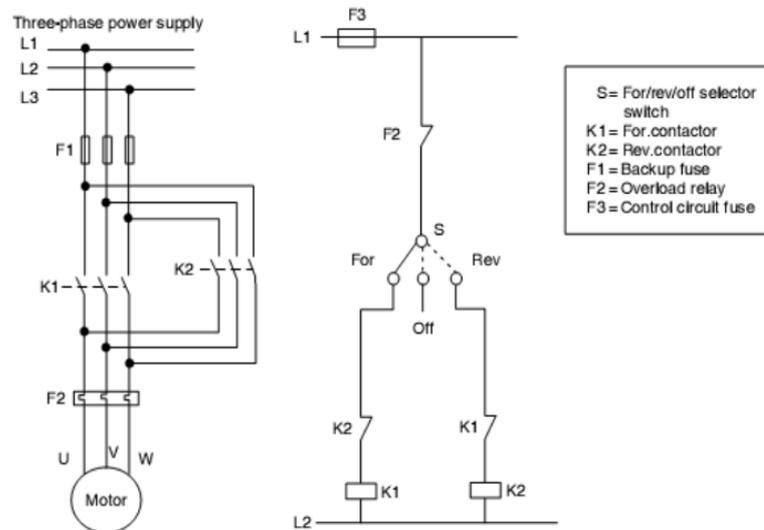
kondisi yang sedang dijalankan, timing diagram dari kontak, timing diagram dari register, dan lain-lain.

- The Program Recorder / Player.

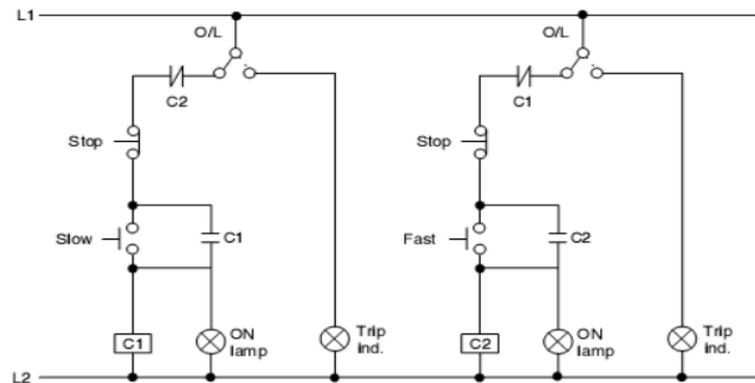
Alat ini digunakan untuk menyimpan program dalam CPU. Pada PLC yang lama digunakan tape, sistem floppy disk. Sekarang ini PLC semakin berkembang dengan adanya hard disk yang digunakan untuk pemrograman dan perekaman. Program yang telah direkam ini nantinya akan direkam kembali ke dalam CPU apabila program aslinya hilang atau mengalami kesalahan.

D. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas Kegiatan Pembelajaran 4

1. Rangkaian forward/reverse/stop jenis jog menggunakan saklar selector adalah sebagai berikut :



2. Rangkaian untuk motor dua-kecepatan adalah sebagai berikut :



3. Strategi troubleshooting rangkaian pengendali dan rangkaian logik ladder

- Disini yang penting gambar rangkaian pengendali, rincian peralatan, keberadaan interkoneksi dan interlok sewaktu troubleshooting rangkaian pengendali. Troubleshooting mesin atau masalah peralatan, sangat baik jika mempunyai "Manufacturer,s Operation dan Maintenance Manual", juga "Troubleshooting Instructions".
- Blok diagram interlok dan urutan kontrol operasi peralatan/mesin harus tersedia selama troubleshooting.
- Gambar dan uraian rangkaian daya peralatan atau mesin, peralatan kontrol, kontaktor, timer, counter, safety, dan peralatan proteksi dan sebagainya dibutuhkan untuk alasan troubleshooting.
- Kelayakan pengujian dan instrumen pengukuran dipersyaratkan untuk pengujian rangkaian daya dan pengendali peralatan, atau mesin harus tersedia.
- Saklar utama daya OFF pada peralatan/mesin dan saklar pengendali OFF, untuk menghindari sesuatu yang merugikan atau kecelakaan sewaktu troubleshooting pada rangkaian pengendali yang disebabkan peralatan bekerja secara mendadak.
- Sebagai rangkaian pengendali ada perbedaan dari peralatan terhadap peralatan dan mesin terhadap mesin, ini tidak memungkinkan untuk diformasikan atau strategi dasar untuk troubleshooting pada rangkaian pengendali. Bagaimanapun juga, standar engineering dan praktisi profesi harus diikuti sewaktu troubleshooting rangkaian pengendali.

EVALUASI

A. Pedagogik

1. Salah satu upaya guru dalam melaksanakan langkah-langkah perbaikan pembelajaran yang telah dirancang melalui Penelitian Tindakan Kelas antara lain
 - a. guru meyakini ada masalah dalam pembelajaran selama ini yang memerlukan peningkatan
 - b. guru melakukan introspeksi terhadap kelemahan yang ada dari aspek guru
 - c. guru merancang upaya latihan mengerjakan soal-soal untuk persiapan Ujian Nasional
 - d. guru mengevaluasi kembali rancangan mengatasi kelemahan yang ada

2. Upaya merancang pengayaan bagi peserta didik yang mencapai ketuntasan belajar optimal tampak dalam kegiatan guru sebagai berikut:
 - a. memberikan tambahan materi berupa sumber ajar dari pengarang yang berbeda
 - b. memberikan test tambahan dengan tingkat kesukaran lebih tinggi
 - c. memberian tambahan sumber bacaan yang lebih mendalam dan tingkat variasi yang tinggi berikut instrumen testnya yang sesuai
 - d. diberikan materi bahan ajar yang lebih tinggi tingkatannya dan mengerjakan soal-soal yang memiliki kesulitan tinggi

3. Perhatikan pernyataan-pernyataan berikut:
 - 1) Mendata siswa yang memiliki kecerdasan (IQ) tinggi
 - 2) Menganaalisis soal yang paling banyak salah dan pling banyak benar dijawab siswa
 - 3) Menganalisis latar belakang sosial, ekonomi, dan budaya orang tua mereka
 - 4) Mengevaluasi sitem PBM secara menyeluruh berdasarkan atas dasar analisis penilaian belajar

Pernyataan di atas yang merupakan langkah guru menginterpretasi hasil analisis evaluasi hasil belajar adalah...

- a. 1 dan 2
- b. 1 dan 3
- c. 2 dan 4
- d. 3 dan 4

4. Manfaat kegiatan ekstrakurikuler bagi peserta didik adalah :

- a. Untuk memberikan kesempatan bagi pematangan ketertarikan yang telah tertanam serta pembangunan ketertarikan yang baru.
- b. Untuk memberikan pendidikan sosial melalui pengalaman dan pengamatan, terutama dalam hal perilaku kepemimpinan, persahabatan, kerjasama, dan kemandirian.
- c. Untuk memberikan kepuasan bagi perkembangan jiwa anak atau pemuda
- d. Semua pernyataan salah

5. Profesional prinsip program ekstrakurikuler adalah :

- a. Semua peserta didik, pendidik, dan personel administrasi hendaknya ikut serta dalam usaha meningkatkan program.
- b. Untuk memberikan kepuasan bagi perkembangan jiwa anak atau pemuda
- c. Pembatasan-pembatasan untuk partisipasi hendaknya dihindarkan.
- d. Program hendaknya cukup komprehensif dan seimbang dapat memenuhi kebutuhan dan minat semua siswa.

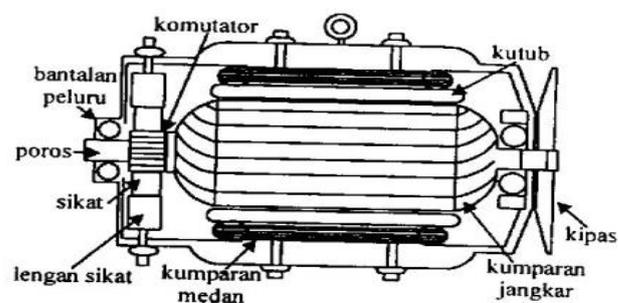
6. Seberapa jauh hasil yang telah dicapai peserta didik dalam penguasaan tugas-tugas atau materi pelajaran yang diterima dalam jangka waktu tertentu adalah penjelesan dari :

- a. Evaluasi peserta didik
- b. Prestasi peserta didik
- c. Pembelajaran
- d. Belajar dan pembelajaran

B. Profesional

1. Mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis merupakan motor :
 - a. Motor AC
 - b. Motor DC

- c. Motor kapasitor
 - d. Motor universal
2. Macam-macam motor DC adalah :
- a. Motor DC penguatan terpisah
 - b. Motor DC shunt
 - c. Motor DC seri dan kompon
 - d. Semuanya benar
3. Penggunaan motor induksi banyak dipakai dikalangan industri karena mempunyai banyak keuntungan, kecuali :
- a. Bentuknya yang sederhana dan memiliki konstruksi yang kuat.
 - b. Harga relatif mahal dan tidak dapat diandalkan.
 - c. Efisiensi tinggi pada keadaan berputar normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi – rugi daya yang dari gesekan dapat dikurangi.
 - d. Perawatan waktu mulai beroperasi tidak memerlukan starting tambahan khusus dan tidak harus sinkron
4. Motor yang mempunyai kumparan utama dan kumparan bantu yang tersambung paralel dan mempunyai perbedaan fasa antara keduanya mendekati 90° listrik merupakan motor
- a. Motor fase belah
 - b. Motor kapasitor
 - c. Motor shaded pole
 - d. Motor universal
5. Gambar dibawah ini merupakan konstruksi dari motor



- a. Motor AC
- b. Motor kapasitor
- c. Motor Universal
- d. Motor DC

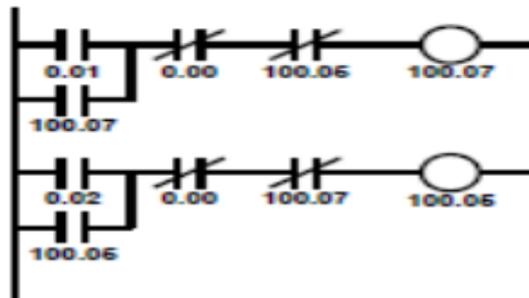
6. Alamat output PLC omron CPM 2A yang dapat disambung dengan relay adalah :

- a. 10.16
- b. 10.20
- c. 001
- d. 002
- e. 10.00

e. Contoh bahasa pemrograman PLC dengan instruksi adalah

- e. Mnemonic code
- f. Ladder diagram
- g. Logik diagram
- h. Diagram I/O
- i. Memori diagram

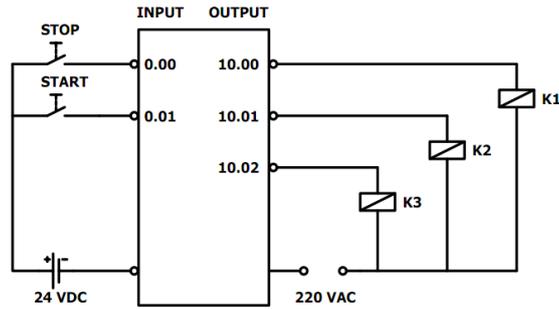
f. Gambar Ladder Diagram dari pemrograman PLC dibawah ini digunakan untuk pengoperasian:



- a. Motor putar secara berurutan
- b. Motor putar secara interlock
- c. Motor putar secara otomatis

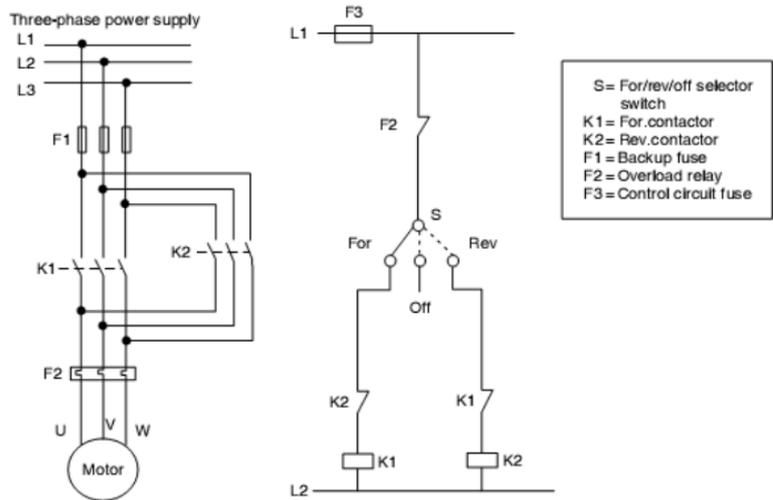
- d. Motor putar secara bintang-segitiga
- e. Motor putar secara bergantian / Forward Reverse

g. Gambar Ladder Diagram dari pemrograman PLC dibawah ini digunakan untuk pengoperasian:



- a. Motor putar secara berurutan
- b. Motor putar secara interlock
- c. Motor putar secara otomatis
- d. Motor putar secara bintang-segitiga
- e. Motor putar secara bergantian / Forward Reverse

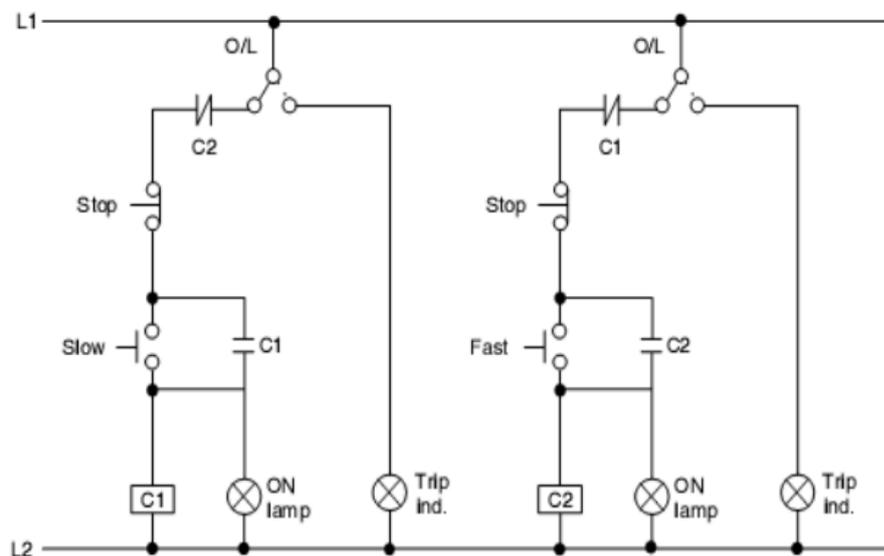
h. Gambar rangkaian dibawah ini merupakan rangkaian dari :



- e. Rangkaian star/ delta
- f. Rangkaian DOL
- g. Rangkaian forward/reverse/stop jenis jog menggunakan saklar selector
- h. Rangkaian on/off dari banyak tempat

- i. Secara umum, rangkaian listrik disini dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :
 - e. Rangkaian kontrol dan rangkaian daya
 - f. Rangkaian star dan delta
 - g. Rangkaian kontrol dan rangkaian DOL
 - h. Rangkaian DOL dan rangkaian star/delta

- j. Gambar rangkaian dibawah ini merupakan rangkaian jenis :



- a. Rangkaian star/ delta
- b. Rangkaian DOL
- c. Rangkaian forward/reverse/stop jenis jog menggunakan saklar selector
- d. Rangkaian rangkaian pengendali untuk motor dua-kecepatan

- k. Pengecekan pada rangkaian kontrol adalah :
 - e. Periksa kebenaran fungsi dari relay, timer dan saklar.
 - f. Periksa kontinuitas kabel secara penglihatan.
 - g. Periksa sambungan kawat dan terminal rangkaian.
 - h. Periksa operasi logika sekuense pensaklaran kontaktor dan Periksa penyetelan durasi waktu.
 - i. Semuanya benar

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.

GLOSARIUM

beban harian	motor listrik terbakar
beban puncak	motor tidak mau berputar
beban rata-rata	motor terlalu cepat putarannya
beban tahunan	mutu tenaga listrik
belitan	<i>operator system</i>
belitan primer	<i>operation planning</i>
belitan skunder	operasi
biaya produksi	operasi unit pembangkit
<i>black start</i>	<i>output</i>
<i>blow down</i> (air ketel)	<i>over heating</i>
<i>boiler</i>	pemadam kebakaran
<i>breakdown voltage</i>	pembangkitan tenaga listrik
<i>buffer baterey</i>	pemeliharaan dan sop
<i>bushing</i>	pemeliharaan bulanan
<i>circulating water pump</i>	pemeliharaan alat komunikasi pada
<i>condition based maintenance</i>	pusat pembangkit
<i>control room</i>	pemeliharaan generator dan <i>governor</i>
debit air	pemeliharaan harian
diagram AVR	<i>pemeliharaan instalasi pada pusat</i>
diagram beban	<i>pembangkit listrik</i>
diagram <i>excitacy</i>	pemeliharaan mingguan
dokumen sop	pemeliharaan periodik
energi listrik	pemeliharaan
energi mekanik	pemeliharaan rutin
energi primer	pemeliharaan sistem kontrol
<i>exitacy</i>	pemeliharaan sumber dc
<i>flashover</i>	pemeliharaan transformator
frekuensi	pemeliharaan triwulan
gangguan belitan kutub	pemeriksaan transformator
gangguan dan kerusakan	penggerak mula
gangguan elektrik generator	pengujian transformator
gangguan mekanis generator	pengukuran frekuensi
gangguan, pemeliharaan dan perbaikan generator sinkron	penyaluran tenaga listrik
gangguan, pemeliharaan dan perbaikan motor asinkron	penyaring pengait
gangguan pada mesin dc generator	penyediaan tenaga listrik
generator asinkron	perbaikan dan perawatan genset,
generator arus searah shunt	perkiraan beban,
generator dc	penyimpanan alat ukur
generator dc dengan 2 kutub	<i>power generator</i>
generator dc shunt 4 kutub	<i>power plant</i>
generator listrik	<i>predictive maintenance</i>
generator <i>main excitacy</i>	prime mover
generator sinkron	pusat listrik tenaga <i>thermo</i>
generator sinkron 3 phasa	pusat listrik tenaga <i>hydro</i>
<i>geothermal</i>	sistem <i>excitacy</i>
instalasi pemakain sendiri	sistem <i>excitacy</i> dengan sikat
instalasi pendingin	sistem <i>excitacy</i> tanpa sikat
instalasi penerangan	<i>sop blower</i>
instalasi tegangan tinggi	<i>sop operator boiler lokal</i>
	<i>sop</i> sistem kelistrikan
	start nor mal stop
	suku cadang

instalasi tegangan rendah
instalasi telekomunikasi
instalasi sumber energi
kendala pembangkit
kegiatan pemeliharaan
kendala operasi
konversi energi primer
koordinasi pemeliharaan
kualitas tenaga listrik
laporan kerusakan
laporan pemeliharaan
laporan dan analisis gangguan
main generator
main exciter
maintenance
manajemen operasi
manajemen pemeliharaan
medan magnet
mencari kerusakan generator sinkron
menentukan letak kerusakan motor *dc*
mesin *diesel*

perkembangan teknologi
pembangkitan
time based maintenance
top overhaul
transformator
turbin *pelton*
turbin *crossflow*
turbin air
trip coil
turbin *francis*
turbin gas
turbin *kaplan*
turbin uap
turbocharger

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir, Pengantar Teknik Tenaga Listrik, LP3ES, 1993.
- Badan Standarisasi Nasional SNI 04-0225-2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, Yayasan PUIL, Jakarta, 2000.
- DirectIndustry. Virtual Industry Exhibition. 2005. www.directindustry.com
- Electrical Energy Equipment: Electric Motors----- Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia – www.energyefficiencyasia.org
- E. Mulyasa.2003. *Kurikulum Berbasis Kompetensi. Konsep; Karakteristik dan Implementasi*. Bandung : P.T. Remaja Rosdakarya.
- Eko Putra Agfianto, PLC Konsep Pemrograman dan Aplikasi (Omron CPM1A /CPM2A dan ZEN Programmable Relay). Gava Media : Yogyakarta, 2004.
- Hamzah Berahim. 2011. Teknik tenaga listrik dasar. Jakarta : Gramedia.
- [http://edihsupardi.web.id/main/detail-halaman-0-standar-kompetensi pedagogi-indonesia](http://edihsupardi.web.id/main/detail-halaman-0-standar-kompetensi_pedagogi-indonesia), diakses tanggal 29 November 2015.
- <http://makalahpai.blogspot.co.id/2008/11/program-ekstrakurikuler-pendidikan.html>, diakses tanggal 29 November 2015
- <https://afidburhanuddin.wordpress.com/2014/01/07/pengelolaan-ekstrakurikuler-siswa/>, diakses tanggal 29 November 2015
- <http://penelitianindakankelas.blogspot.co.id/2010/03/perbedaan-kegiatan-ekstrakurikuler-dan.html>, diakses tanggal 29 November 2015
- https://www.academia.edu/11281707/Macam-macam_Metode_Pembelajaran, diakses tanggal 29 November 2015
- <http://belajarpsikologi.com/macam-macam-metode-pembelajaran/>,diakses tanggal 29 November 2015
- <http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/BahanAjar/ZurimanAnthony/Mesin%20Listrik%20A/C/Bab%20IV.pdf>, diakses tanggal 30 November 2015
- <https://rekayasalistrik.wordpress.com/2013/04/27/cara-membaca-nameplate-motor/>, diakses tanggal 30 November 2015
- <http://electric-mechanic.blogspot.co.id/2010/11/name-plate-motor-3-pasa.html>, diakses tanggal 30 November 2015
- <http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-motor-induksi-1-fasa/>, diakses tanggal 30 November 2015

<http://edihsupardi.web.id/main/detail-halaman-0-standar-kompetensi-pedagogi-indonesia>, diakses tanggal 30 November 2015.

<https://bagawanabiyasa.wordpress.com/2013/06/20/pembelajaran-aktif-kreatif-efektif-dan-menyenangkan/>, diakses tanggal 30 November 2015.

<http://www.gurukelas.com/2013/01/standar-kompetensi-pedagogik-guru-sdmi.html>, diakses tanggal 30 November 2015.

<https://afidburhanuddin.wordpress.com/2014/01/07/pengelolaan-ekstrakurikuler-siswa/>, diakses tanggal 30 November 2015.

<http://www.electrical4u.com/fleming-left-hand-rule-and-fleming-right-hand-rule/>, diakses tanggal 30 November 2015.

Juhari. 2014. Instalasi motor listrik semester 5. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Kurnia, Ingridwati, dkk. 2007. *Perkembangan belajar Peserta Didik*. Jakarta: Depdiknas.

Moh. Uzer Usman. (2000). *Menjadi Guru Profesional*. Bandung : Remaja Rosdakarya.

Prih Sumardjati dkk. 2008. *Teknik pemanfaatan tenaga listrik dasar jilid 3*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Sumanto, *Mesin Arus Searah*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta, 1995.

Syamsuarnis, *modul diklat PKB Guru 2015*, UNP, Padang.

Zuhal, *Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Gramedia, Jakarta, 2000..