



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Otomasi Industri

Pedagogik : Penentuan Aspek-Aspek Hasil Belajar
Profesional : Sistem Mikrokontroler

KELOMPOK
KOMPETENSI





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Otomasi Industri

Penyusun :

**Drs. Ta'ali, MT
UNP Padang
taalimt@gmail.com
08126775001**

Reviewer :

**Ir. Morlan Pardede, MT
POLMED Medan
—
—**

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



KATA PENGANTAR

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

Pedoman Penyusunan Modul Diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Bagi Guru dan Tenaga Kependidikan merupakan petunjuk bagi penyelenggara pelatihan di dalam melaksanakan pengembangan modul. Pedoman ini disajikan untuk memberikan informasi tentang penyusunan modul sebagai salah satu bentuk bahan dalam 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 pedoman ini, mudah-mudahan pedoman ini dapat menjadi acuan dan sumber informasi bagi penyusun modul, pelaksanaan penyusunan modul, dan semua pihak yang terlibat dalam penyusunan modul diklat PKB.

Jakarta, Maret 2016
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP. 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	xi
I. PENDAHULUAN	ii
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	3
D. Ruang Lingkup	3
E. Saran Cara penggunaan modul.....	4
II. KEGIATAN PEMBELAJARAN	6
Kegiatan Pembelajaran 1.....	6
Penentuan Aspek-aspek Hasil Belajar	6
A. Tujuan	6
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	6
C. Uraian Materi.....	7
1. Konsep-Konsep Dasar Pengukuran dan Penilaian	7
2. Peranan Penilaian dalam Pembelajaran	21
3. Pengukuran dan Penilaian.....	23
4. Prinsip-prinsip Penilaian	24
5. Aspek-Aspek Kompetensi yang diukur.....	29
D. Aktivitas Pembelajaran	44
1. Kegiatan Pendahuluan	44

2. Kegiatan Inti	45
3. Kegiatan Penutup	47
E. Latihan/Kasus/Tugas	47
F. Rangkuman	50
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	51
Kegiatan Pembelajaran 2.....	52
Rangkaian Pnumatik Dengan Kontrol Relay	52
A. Tujuan	52
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	52
C. Uraian Materi	52
D. Aktivitas Pembelajaran	71
E. Latihan/ Kasus /Tugas	72
F. Rangkuman	73
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	74
Kegiatan Pembelajaran 3.....	76
Perancangan Program PLC Pada Rangkaian Pneumatik	76
A. Tujuan	76
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	76
C. Uraian Materi	76
1. Realisasi Fungsi Logika Dasar dengan Pneumatik	76
2. Sistem Kontrol Berbasis Data Kontinyu	80
3. Organisasi Program.....	82
4. Merancang Algoritma Kontrol	83
5. Contoh Perancangan program pneumatik	84
D. Aktivitas Pembelajaran	86
E. Latihan/Kasus/Tugas	87

F. Rangkuman	88
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	88
Kegiatan Pembelajaran 4.....	90
Mengkomisioning Rangkaian Pneumatik Dengan Kontrol PLC	
Berdasarkan Hasil Rakitan	90
A. Tujuan	90
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	90
C. Uraian Materi.....	90
1. Mengkomisioning Rangkaian Pneumatik	90
2. Menginstal Input dan Output Pneumatik Ke Dalam PLC.....	93
3. Mengoperasikan Sirkuit Pneumatik Dengan PLC	98
D. Aktivitas Pembelajaran	99
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	99
F. Rangkuman	101
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	101
Kegiatan Pembelajaran 5.....	103
Trouble Shooting Pada Rangkaian Elektronika Digital Dan Mikrokontroler.....	103
A. Tujuan	103
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	103
C. Uraian Materi.....	103
1. PELACAKAN KERUSAKAN RANGKAIAN DIGITAL.....	104
2. TroubleShooting Peralatan Elektronik Berbasis Mikrokontroler..	138
D. Aktivitas Pembelajaran	151
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	152
F. Rangkuman	152
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	153

Kegiatan Pembelajaran 6.....	155
Kontrol Motor Listrik Menggunakan Plc.....	155
A. Tujuan	155
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	155
C. Uraian Materi.....	155
1. Pengontrolan Motor	157
4. Kontrol Motor dengan PLC	169
D. Aktivitas Pembelajaran	174
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	175
F. Rangkuman	175
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	176
Kegiatan Pembelajaran 7.....	177
Parameter Sistem HMI.....	177
A. Tujuan	177
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	177
C. Uraian Materi.....	177
1. Parameter Sistem.....	177
2. Sistem Online dan Real Time	179
3. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)	181
D. Aktivitas Pembelajaran	192
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	193
F. Rangkuman	193
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	194
DAFTAR PUSTAKA	183
LAMPIRAN 1. KUNCI JAWABAN	186

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Gambar bentuk dan simbol relay	53
Gambar 2.	Struktur relay	54
Gambar 3.	Konstruksi kontak dari relay	54
Gambar 4.	Penggolongan Relay berdasarkan Jumlah Pole	56
Gambar 5a.	Diagram Relay penunda waktu ON.	58
Gambar 5b.	Diagram kontrol Relay penunda waktu ON.	58
Gambar 5c.	Diagram pewaktu Relay penunda waktu ON.	58
Gambar 6a.	Diagram Relay penunda waktu OFF.....	58
Gambar 6b.	Diagram kontrol Relay penunda waktu OFF.	59
Gambar 6c.	Diagram pewaktu Relay penunda waktu OFF.....	59
Gambar 7.	Rangkaian elektropneumatik dengan memory-circuit dominan reset.....	60
Gambar 8.	Rangkaian pneumatik.....	61
Gambar 9.	Rangkaian listriknya	61
Gambar 10.	Rangkaian pneumatik.....	62
Gambar 11.	Rangkaian kelistrikan	62
Gambar 12.	Diagram step multiple actuator	63
Gambar 13.	Diagram Rangkaian Elektropneumatik “Proses Riveting”.....	64
Gambar 14.	(a) dan (b).Diagram Langkah (step).....	65
Gambar 15.	Diagram fungsi proses Riveting	66
Gambar 16a.	Rangkaian Kontrol Relay Langkah 1	67
Gambar 16b.	Rangkaian Kontrol Relay Langkah 2	68
Gambar 16c.	Rangkaian Kontrol Relay Langkah 3	69
Gambar 16d.	Rangkaian Kontrol Relay Langkah 4	69
Gambar 16e.	Rangkaian Kontrol Relay Langkah 5	70
Gambar 16f.	Rangkaian Kontrol Relay Langkah 6	70
Gambar 17.	Ilustrasi Pemindahan barang	72
Gambar 18.	Wiring piranti Input/Output berbasis data diskrit	78
Gambar 19.	Wiring piranti Input Diskrit PLC Dengan DC Voltage.....	78
Gambar 20.	Wiring Piranti output diskrit PLC dengan AC Voltage.....	79
Gambar 21.	Program kontrol PLC fungsi Start/Stop menggunakan sebuah Pushbutton	79

Gambar 22.	Diagram kontrol Relai fungsi Start/Stop menggunakan sebuah Pushbutton	80
Gambar 23.	Flowchart for contoh Furnace	83
Gambar 24.	FlowchartSorting system	84
Gambar 25.	Perancangan rangkaian squensial A+, A-, A+, B+, A-, B-	85
Gambar 28.	Soal latihan	87
Gambar 29.	Diagram rangkaian pneumatik yang akan dikorelasikan dengan diagram ladder	94
Gambar 30.	Skema instalasi pemasangan hardware PLC pada rangkaian pneumatik.....	94
Gambar 31.	Cara pemasangan input positif dengan sensor PNP dan reed switch	96
Gambar 32.	Cara pemasangan input negatif dengan sensor NPN dan Reed switch	97
Gambar 33.	Cara pemasangan output coil dapat kita gunakan tegangan AC atau DC	97
Gambar 34.	Cara pemasangan output positif jjenis transisitor.....	97
Gambar 35.	Rangkaian latihan 1.....	100
Gambar 36.	Latihan 2	101
Gambar 38.	Contoh Rangkaian DTL	106
Gambar 39.	Contoh Rangkaian TTL	106
Gambar 40.	Contoh Rangkaian ECL.....	107
Gambar 41.	Contoh Rangkaian MOS.....	107
Gambar 42.	Bistable R-S	111
Gambar 43.	Bistable R-S Clock.....	114
Gambar 44.	Bistable D	114
Gambar 45.	Bistable T	115
Gambar 46	Penggunaan Flip-Flop Edge-triggered Tipe D Pembagi dua.	115
Gambar 47:	Bistable JK Dasar	116
Gambar 48.	Bistable JK Master Slave	117
Gambar 49 (a).	Asinkron (<i>ripple through</i>) Pembagi 16	118
Gambar 49 (b).	Sinkron Pembagi16	119
Gambar 49 (c).	Penghitung Dekade Asinkron	119
Gambar 49 (d).	Twisted Ring OR Johnson Counter	119

Gambar 50 (a).	Shift Register Dasar Serial In / Serial Out (4 Bit)	120
Gambar 50 (b).	Shift Register Dasar Paralel In / Serial Out (4 Bit)	120
Gambar 50 (c).	Shift Register Dasar Serial In / Paralel Out (4 Bit)	121
Gambar 51.	Bistable MOS	121
Gambar 52.	Shift Register MOS Dinamik (1 Bit).....	122
Gambar 53.	Multimeter Analog dan Multimeter Digital	123
Gambar 54.	Jenis Klip Logik	124
Gambar 55:	Jenis Klip Logik dan Penggunaannya.....	124
Gambar 56:	Macam-Macam Logik	126
Gambar 57.	Analisa Rangkaian Dimulai pada Pusat Rangkaian	127
Gambar 58.	Pembangkit Pulsa Logik yang Dapat Memberikan Sinyal pada Rangkaian	128
Gambar 59.	Beberapa Cara Untuk Menguji Gerbang Logik	128
Gambar 60.	Letakkan Probe pada Keluaran Gerbang NAND dan Pembangkit Pulsa pada Keluaran Gerbang AND.	129
Gambar 61.	Tempatkan Probe dan Pembangkit Pulsa pada Keluaran Gerbang AND.....	129
Gambar 62.	IC Tester	130
Gambar 63.	Penumpukan IC.....	132
Gambar 64.	Mikrovolt meter Untuk Mengetahui Rangkaian Yang Hubung Singkat Ke Ground	133
Gambar 65:	Kondisi-Kondisi Kesalahan yang Mungkin Disuatu Gerbang Tunggal	135
Gambar 66.	Keluaran Mensuplai Beberapa Masukan	136
Gambar 67.	Rangkaian Lampu Kedip dengan Memori.....	136
Gambar 68.	Contoh sistem minimum mikrokontroler	139
Gambar 69.	Arsitektur sistem mikrokontroler keluarga MCS51	140
Gambar 70.	Sistem memori yang ada pada mikrokontroler MCS51	140
Gambar 71.	Alokasi penggunaan register memori pada MCS51	142
Gambar 72.	Peta register memori pada MCS51.....	143
Gambar 73.	Lokasi Set Flag Register	144
Gambar 74	Register PSW.....	146
Gambar 75.	Proses Konversi Analog - ke - Digital.	148
Gambar 76.	DAC dalam bentuk IC.....	149

Gambar 77.	Bentuk Gelombang Tangga.....	150
Gambar 78.	Rangkaian Konverter Digital ke Analog,	150
Gambar 79.	Skema rangkaian kontrol manual motor 3 fasa.....	157
Gambar 80.	Ilustrasi sistem kontrol motor menggunakan manual	158
Gambar 81.	Skema rangkaian kontrol semi otomatis motor 3 fasa.....	159
Gambar 82.	Skema rangkaian kontrol otomatis motor 3 fasa	160
Gambar 83.	Bentuk fisik jenis saklar untuk sistem kontrol motor	161
Gambar 84.	Kontaktor dan relay beban lebih	163
Gambar 85.	Simbol kontak untuk kontaktor relay beban lebih	163
Gambar 86.	Hubungan Bintang/ Star (Y).....	164
Gambar 87.	Hubungan Delta (▲).....	165
Gambar 88.	Rangkaian Sistem Kendali Elektromagnetik Pada Motor Induksi 3 Fasa	166
Gambar 89.	Rangkaian Sistem Kendali Elektromagnetik Pada Motor Induksi 3 Fasa Hubungan Bintang Segitiga dilengkapi timer.....	168
Gambar 90.	Rangkaian Sistem Kendali Elektromagnetik Motor Induksi 3 Fasa Hubungan Bintang Segitiga bergantian.....	169
Gambar 91.	Peralatan untuk kontrol motor dengan PLC	170
Gambar 92.	Rangkaian star-Stop motor menggunakan PLC.....	171
Gambar 93a.	Rangkaian star-Stop motor menggunakan PLC Saat tombol START ditekan	171
Gambar 93b.	Rangkaian star-Stop motor menggunakan PLC Setelah tombol START ditekan, dilepaskan dan mengunci	172
Gambar 93c.	Rangkaian star-Stop motor menggunakan PLC Saat tombol STOP ditekan	172
Gambar 94a.	Rangkaian star-Stop motor dengan PLC dilengkapi lampu indikator, Kondisi normal tanpa ada tombol yang ditekan lampu indikator STOP menyala.....	173
Gambar 94b.	Rangkaian star-Stop motor dengan PLC dilengkapi lampu indikator, Kondisi saat tombol START ditekan, output Q0.0 ON dan lampu indikator pada Q0.1 menyala	173
Gambar 96.	HMI dalam Sistem SCADA	178
Gambar 97.	Contoh Jaringan pada Sistem SCADA	184

Gambar 98.	Contoh jaringan pada sistem SCADA skala yang lebih besar	184
Gambar 99.	Contoh lain sistem SCADA dengan HMI.....	185
Gambar 100.	Sistem SCADA untuk skala industri/perusahaan berbasis web	186
Gambar 101.	Contoh tampilan SCADA-HMI yang digunakan untuk sistem Spindle Mixer System.....	187
Gambar 102.	Contoh tampilan SCADA-HMI yang digunakan untuk sistem Spindle Mixer System (lanjutan)	187
Gambar103.	Tipikal arsitektur RTU.....	190
Gambar 104.	Tipikal arsitektur MTU.....	192

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Simbol-simbol relay yang dipakai pada program FluidSim Pneumatik..	56
Tabel 2. Perbedaan pneumatik dan elektro-pneumatik	73
Tabel 3. Alokasi Input dan Output pada PLC (Omron) dan Pneumatik.....	95
Tabel 4. Karakteristik Beberapa Gabungan IC Logik	109
Tabel 5. Tabel Kebenaran R-S FF (Menggunakan Gerbang NAND).....	112
Tabel 6. Tabel Kebenaran R-S FF (Menggunakan Gerbang NOR).....	113
Tabel 7. Tabel kebenaran untuk Bistable D	114
Tabel 8. Tabel kebenaran untuk Bistable JK.....	116
Tabel 9. Konversi A/D	149

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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

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

Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan PKB baik secara mandiri maupun kelompok. Khusus untuk PKB dalam bentuk diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru. Penyelenggaraan diklat PKB dilaksanakan oleh PPPPTK dan LPPPTK KPTK atau penyedia layanan diklat lainnya.

Pelaksanaan diklat tersebut memerlukan modul sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat berisi materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

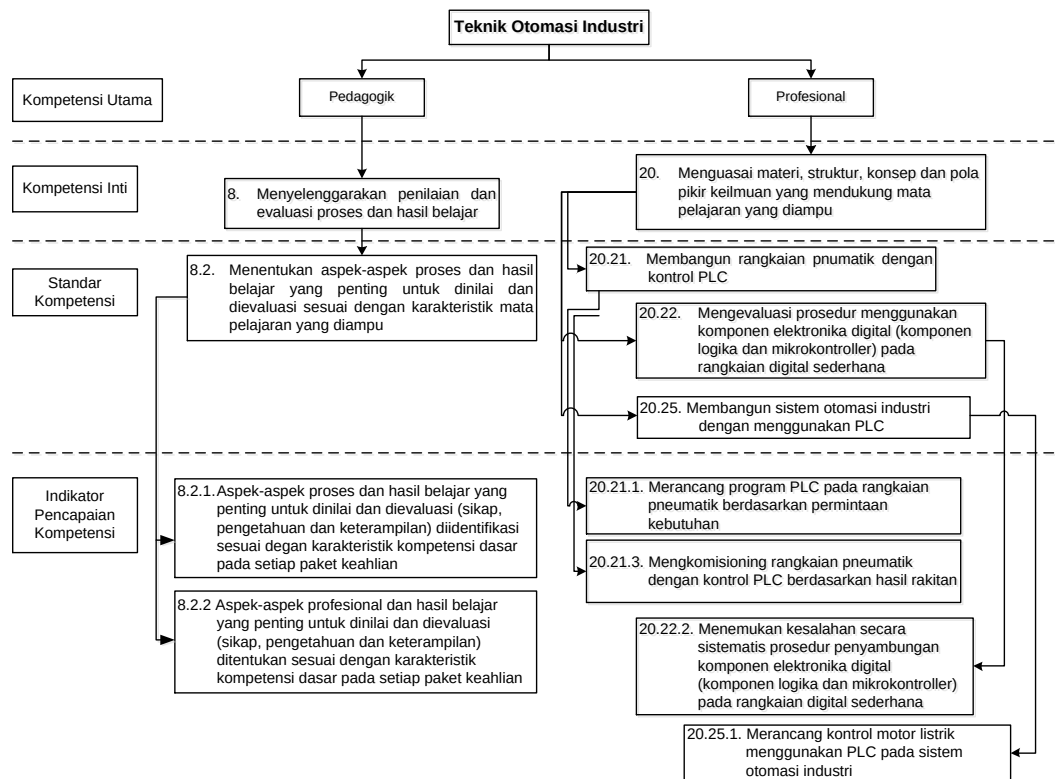
Dengan modul ini diharapkan proses belajar mengajar akan menjadi program dan terencana untuk meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan pada siswa didik. Judul modul ini adalah modul diklat PKB Guru Teknik Otomasi Industri.

B. Tujuan

Tujuan dari modul Diklat PKB Guru Teknik Otomasi Industri Grade 8 ini adalah:

1. Menjelaskan tujuan dan fungsi penilaian untuk proses pembelajaran (PBM) di SMK
2. Menjelaskan pentingnya penilaian dalam untuk PBM di SMK
3. Menjelaskan perbedaan antara pengukuran dan penilaian untuk PBM di SMK
4. Menjelaskan perbedaan antara skor dan nilai untuk PBM di SMK
5. Menjelaskan prinsip-prinsip dasar tentang pengukuran dan penilaian: otentik, objektif, kontinyu dan komprehensif untuk PBM di SMK
6. Menjelaskan lingkup-lingkup dan/atau *subject matter* yang harus dievaluasi sesuai bidang studinya untuk PBM di SMK
7. Menjelaskan jenis-jenis alat evaluasi dalam kaitannya dengan kegunaannya pada bidang studi tertentu untuk PBM di SMK
8. Peserta diklat mampu merancang rangkaian elektro pneumatik berdasarkan kebutuhan
9. Peserta diklat mampu mengkomisioning rangkaian pneumatik dengan kontrol PLC berdasarkan hasil rakitan
10. Peserta diklat mampu menemukan kesalahan secara sistematis prosedur penyambungan komponen elektronika digital (komponen logika dan mikrokontroller) pada rangkaian digital sederhana
11. Peserta diklat mampu merancang kontrol motor listrik menggunakan PLC pada sistem otomasi industri

C. Peta Kompetensi



D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup bahasan dalam modul Diklat PKB Guru Teknik Otomasi Grade 8 ini meliputi aspek pedagogik dan profesional, yakni:

1. Penyelenggaraan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar yang menentukan aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran yang diampu
 - a. Aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi (sikap, pengetahuan dan keterampilan) diidentifikasi sesuai dengan karakteristik kompetensi dasar pada setiap paket keahlian
 - b. Aspek-aspek profesional dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi (sikap, pengetahuan dan keterampilan) ditentukan sesuai dengan karakteristik kompetensi dasar pada setiap paket keahlian

2. Merancang rangkaian elektro pneumatik berdasarkan kebutuhan
3. Mengkomisioning rangkaian pneumatik dengan kontrol PLC berdasarkan hasil rakitan
4. Menemukan kesalahan secara sistematis prosedur penyambungan komponen elektronika digital (komponen logika dan mikrokontroler) pada rangkaian digital sederhana
5. Merancang kontrol motor listrik menggunakan PLC pada sistem otomasi industri

E. Saran Cara penggunaan modul

Modul ini terdiri dari tujuh kegiatan belajar. Kegiatan belajar pertama akan menguraikan tentang Aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran yang diampu sebagai materi pedagogik.

Kegiatan belajar kedua akan menguraikan tentang Membangun ajakan bagaimana Peserta diklat dapat belajar secara aktif dan mandiri, pada kegiatan belajar ketiga akan dibahas mengenai membangun kontrol elektronik pada pengaturan motor listrik berdasarkan hasil rancangan. Pada kegiatan belajar keempat akan dibahas mengenai merawat rangkaian pneumatik dengan kontrol rele secara procedural. Kegiatan belajar kedua akan menguraikan tentang bagaimana membangun rangkaian pneumatik dengan kontrol rele berdasarkan gambar rancangan. Kegiatan belajar ketiga akan menguraikan tentang Perancangan Program PLC pada Rangkaian Pneumatik Berdasarkan Permintaan Kebutuhan. Kegiatan belajar kedua akan menguraikan tentang Mengkomisioning rangkaian pneumatik dengan kontrol PLC berdasarkan hasil rakitan. Kegiatan belajar kedua akan menguraikan tentang Trouble shooting pada rangkaian elektronika digital dan mikrokontroler. Kegiatan belajar kedua akan menguraikan tentang Merancang kontrol motor listrik menggunakan PLC pada sistem otomasi industri. Kegiatan belajar kedua akan menguraikan tentang Pengenalan sistem HMI pada kontrol proses manufaktur.

Jangan terlalu memaksakan diri untuk cepat menyelesaikan modul ini sebelum benar-benar menguasai bagian demi bagian dalam modul ini, karena masing-masing saling berkaitan. Setiap kegiatan belajar dilengkapi dengan uji keahaman berupa latihan/kasus/tugas. Uji keahaman dan uji kompetensi menjadi alat ukur tingkat penguasaan anda setelah mempelajari materi dalam modul ini. Jika anda belum menguasai 80% dari setiap kegiatan, maka anda dapat mengulangi untuk mempelajari materi yang tersedia dalam modul ini. Apabila anda masih mengalami kesulitan memahami materi yang ada dalam modul ini, silahkan diskusikan dengan rekan sejawat.

Anda dapat mempelajari keseluruhan modul ini dengan cara yang berurutan. Jangan memaksakan diri sebelum benar-benar menguasai bagian demi bagian dalam modul ini, karena masing-masing saling berkaitan. Setiap kegiatan belajar dilengkapi dengan uji keahaman berupa latihan/kasus/tugas. Uji keahaman dan uji kompetensi menjadi alat ukur tingkat penguasaan anda setelah mempelajari materi dalam modul ini. Jika anda belum menguasai 80% dari setiap kegiatan, maka anda dapat mengulangi untuk mempelajari materi yang tersedia dalam modul ini. Apabila anda masih mengalami kesulitan memahami materi yang ada dalam modul ini, silahkan diskusikan dengan rekan sejawat.

Saran dari penggunaan modul grade 8 ini pemakaian software untuk simulasi elektro pneumatik menggunakan FLUIDSIM versi 4.2. Sementara untuk program simulasi PLC dapat menggunakan ZelioSoft 2 atau yang lebih tinggi

II. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1 **Penentuan Aspek-aspek Hasil Belajar**

A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran ini peserta diklat diharapkan mampu:

1. Menjelaskan tujuan dan fungsi penilaian untuk proses pembelajaran (PBM) di SMK
2. Menjelaskan pentingnya penilaian dalam untuk PBM di SMK
3. Menjelaskan perbedaan antara pengukuran dan penilaian untuk PBM di SMK
4. Menjelaskan perbedaan antara skor dan nilai untuk PBM di SMK
5. Menjelaskan prinsip-prinsip dasar tentang pengukuran dan penilaian: otentik, objektif, kontinyu dan komprehensif untuk PBM di SMK
6. Menjelaskan lingkup-lingkup dan/atau *subject matter* yang harus dievaluasi sesuai bidang studinya untuk PBM di SMK
7. Menjelaskan jenis-jenis alat evaluasi dalam kaitannya dengan kegunaannya pada bidang studi tertentu untuk PBM di SMK

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Mampu menentukan aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi (sikap, pengetahuan dan keterampilan) diidentifikasi sesuai dengan karakteristik kompetensi dasar pada setiap paket keahlian

C. Uraian Materi

1. Konsep-Konsep Dasar Pengukuran dan Penilaian

a. Hakikat Pengukuran dan Penilaian

Dalam kehidupan sehari-hari tanpa disadari kita sering melakukan kegiatan pengukuran maupun penilaian. Sering kali kita harus masuk keluar toko untuk mencari barang yang sesuai dengan keinginan kita, kita juga sering membandingkan baik harga, ukuran, kuantitas maupun kualitas dari barang yang akan kita beli.

Pada saat kita berkendara dengan menggunakan sepeda motor, terkadang mata kita melihat speedometer. Kita mengukur laju berkendara yang kita kendarai. Apabila kendaraan yang kita kendarai terlalu laju, maka kita akan mencoba untuk mengurangi kecepatan kendaraan tersebut dengan menginjak rem kaki dan/atau menarik rem tangan. Demikian juga pada saat kita ke pasar hendak membeli sayur atau buah, kita memilih sayur atau buah yang baik “menurut ukuran kita”. Sayur atau buah yang jelek tidak kita pilih untuk kita beli.

Contoh-contoh tersebut di atas merupakan contoh sederhana atas kegiatan pengukuran dan penilaian terjadi di sekitar kita sehari-hari. Masih banyak lagi contoh kegiatan pengukuran dan penilaian yang dapat kita kemukakan.

Berdasarkan contoh di atas, kita dapat membedakan makna dari pengukuran dan penilaian. Kegiatan ***pengukuran*** merupakan kegiatan menentukan kuantitas atas suatu objek dan membandingkan sesuatu dengan suatu ukuran tertentu, sedangkan ***penilaian*** merupakan kegiatan menentukan kualitas atas suatu objek untuk mengambil keputusan terhadap sesuatu dengan ukuran tertentu, misalnya baik buruk.

Dari contoh di atas, kegiatan ***pengukuran*** yang dilakukan adalah mengukur objek “barang”, dengan ukuran “harga”, mengukur objek “laju sepeda motor” dengan ukuran “*speedometer*”, mengukur objek “sayur atau buah” dengan ukuran “segar atau besar”. Ukuran yang dipergunakan untuk

mengukur dibedakan menjadi dua. Pertama adalah ukuran yang sudah terstandar, seperti: meter, kilogram, derajat celcius, dan sebagainya. Sedangkan yang kedua adalah ukuran yang tidak terstandar, misalnya langkah, jengkal, pengalaman kita dan sebagainya. Sementara, kegiatan *penilaian* dari contoh di atas adalah membandingkan harga yang lebih murah, laju kendaraan yang terlalu cepat, memilih sayur atau buah yang baik.

Dari penjelasan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa kegiatan penilaian merupakan tindak lanjut dari kegiatan pengukuran. Setelah kita melakukan pengukuran maka selanjutnya kita mengadakan penilaian agar kegiatan pengukuran yang dilakukan memiliki makna atau arti tertentu.

Banyak orang mencampuradukkan pengertian antara **pengukuran** (measurement), **penilaian** (assessment), **evaluasi** (evaluation), dan **tes**, padahal keempatnya memiliki pengertian yang berbeda.

b. Pengukuran

Pengukuran (*measurement*) adalah proses pemberian angka atau usaha memperoleh deskripsi numerik dari suatu tingkatan di mana seorang Peserta diklat telah mencapai karakteristik tertentu. Hasil penilaian dapat berupa nilai kualitatif (pernyataan naratif dalam kata-kata) dan nilai kuantitatif (berupa angka). Pengukuran berhubungan dengan proses pencarian atau penentuan nilai kuantitatif tersebut (Departemen Pendidikan Nasional, 2003). Guilford (1982, dalam Tim Pengembang Pedoman Umum Pengembangan Penilaian 2004) mendefinisikan pengukuran sebagai proses penetapan angka terhadap suatu gejala menurut aturan tertentu. Pada pendidikan berbasis kompetensi, pengukuran didasarkan atas klasifikasi observasi unjuk kerja atau kemampuan Peserta diklat dengan menggunakan suatu standar.

Dalam bidang pendidikan, pengukuran dapat menggunakan tes dan non-tes. Tes adalah seperangkat pertanyaan yang memiliki jawaban benar

atau salah. Non-tes berisi pertanyaan atau pernyataan yang tidak memiliki jawaban benar atau salah. Instrumen non tes bisa berbentuk kuesioner atau inventori. Kuesioner berisi sejumlah pertanyaan atau pernyataan, Peserta diklat diminta menjawab atau memberikan pendapat terhadap pernyataan. Inventori merupakan instrumen yang berisi tentang laporan diri yaitu keadaan Peserta diklat, misalnya potensi Peserta diklat.

1) Penilaian

Penilaian (*assessment*) adalah penerapan berbagai cara dan penggunaan beragam alat penilaian untuk memperoleh informasi tentang sejauh mana hasil belajar Peserta diklat atau ketercapaian kompetensi (rangkain kemampuan) Peserta diklat . Penilaian menjawab pertanyaan tentang sebaik apa hasil atau prestasi belajar seorang Peserta diklat (Departemen Pendidikan Nasional, 2003). Sementara penilaian menurut Tim Pengembang Pedoman Umum Pengembangan Penilaian (2004) berpendapat bahwa penilaian merupakan istilah umum yang mencakup semua metoda yang biasa digunakan untuk menilai unjuk kerja individu Peserta diklat atau kelompok.

Proses penilaian mencakup pengumpulan bukti untuk menunjukkan pencapaian belajar Peserta diklat. Lebih lanjut tim Pengembang Pedoman Umum Pengembangan Penilaian menyadur pendapat Griffin & Nix (1991) yang menyatakan bahwa penilaian merupakan suatu pernyataan berdasarkan sejumlah fakta untuk menjelaskan karakteristik seseorang atau sesuatu.

Definisi penilaian berhubungan dengan setiap bagian dari proses pendidikan, bukan hanya keberhasilan belajar saja, tetapi juga mencakup karakteristik metoda mengajar, kurikulum, fasilitas dan administrasi sekolah. Instrumen penilaian bisa berupa metoda atau prosedur formal atau informal untuk menghasilkan informasi tentang Peserta diklat, yaitu tes tertulis, tes lisan, lembar pengamatan,

pedoman wawancara, tugas rumah, dan sebagainya. Penilaian juga diartikan sebagai kegiatan menafsir data hasil pengukuran.

Penilaian kelas merupakan penilaian yang dilakukan guru, baik yang mencakup aktivitas penilaian untuk mendapatkan nilai kualitatif maupun aktivitas pengukuran untuk mendapatkan nilai kuantitatif (angka). Perlu diingat bahwa penilaian kelas dilakukan terutama untuk memperoleh informasi tentang hasil belajar Peserta diklat yang dapat digunakan sebagai diagnosis dan masukan dalam membimbing Peserta diklat dan untuk menetapkan tindak lanjut yang perlu dilakukan guru dalam rangka meningkatkan pencapaian kompetensi Peserta diklat (Departemen Pendidikan Nasional, 2003).

2) Evaluasi

Departemen Pendidikan Nasional, 2003, mengartikan **evaluasi** sebagai kegiatan identifikasi untuk melihat apakah suatu program yang telah direncanakan telah tercapai atau belum, berharga atau tidak, dan dapat pula untuk melihat tingkat efisiensi pelaksanaannya. Evaluasi berhubungan dengan keputusan nilai (*value judgement*). Di bidang pendidikan, kita dapat melakukan evaluasi terhadap kurikulum baru, suatu kebijakan pendidikan, sumber belajar tertentu, atau etos kerja guru. Sementara definisi evaluasi yang lain dikemukakan oleh Stufflebeam & Shinkfield (1985, dalam Tim Pengembang Pedoman Umum Pengembangan Penilaian 2004). Stufflebeam & Shinkfield mengartikan evaluasi sebagai penilaian yang sistematis tentang manfaat atau kegunaan suatu objek.

Dalam artian luas, evaluasi adalah suatu proses merencanakan, memperoleh dan menyediakan informasi yang sangat diperlukan untuk membuat alternatif-alternatif keputusan (Mehrens & Lehmann, 1978, dalam Ngalim Purwanto, 2001). Lebih lanjut Ngalim Purwanto mengungkapkan bahwa kegiatan evaluasi atau penilaian merupakan suatu proses yang sengaja direncanakan untuk memperoleh informasi

atau data; berdasarkan data tersebut kemudian dicoba membuat suatu keputusan.

Dalam hubungannya dengan kegiatan pengajaran, evaluasi diartikan oleh Norman E. Gronlund (1976, dalam Ngalim Purwanto, 2001) sebagai suatu proses yang sistematis untuk menentukan atau membuat keputusan sampai sejauh mana tujuan-tujuan pengajaran telah dicapai Peserta diklat . Sementara Wrightstone dan kawan-kawan (1956, dalam Ngalim Purwanto, 2001) mendefinisikan evaluasi pendidikan sebagai penaksiran terhadap pertumbuhan dan kemajuan Peserta diklat ke arah tujuan atau nilai-nilai yang telah ditetapkan dalam kurikulum.

Berdasarkan definisi evaluasi di atas, dalam melakukan evaluasi di dalamnya ada kegiatan untuk menentukan nilai suatu program, sehingga ada unsur judgment tentang nilai suatu program. Oleh karenanya terdapat unsur yang subjektif. Dalam melakukan judgement diperlukan data hasil pengukuran dan informasi hasil penilaian. Objek evaluasi adalah program yang hasilnya memiliki banyak dimensi, seperti kemampuan, kreativitas, sikap, minat, ketrampilan, dan sebagainya. Oleh karena itu, dalam kegiatan evaluasi alat ukur yang digunakan juga bervariasi tergantung pada jenis data yang ingin diperoleh.

Dalam bidang pembelajaran, evaluasi memiliki beberapa aspek, yaitu

- (a) Kegiatan evaluasi merupakan proses yang sistematis. Ini berarti bahwa evaluasi (dalam pembelajaran) merupakan kegiatan terencana dan dilakukan secara berkesinambungan. Evaluasi dilakukan tidak hanya pada akhir kegiatan atau penutup pembelajaran tertentu, tetapi dilakukan pada awal pembelajaran, selama pembelajaran berlangsung, dan pada akhir pembelajaran.
- (b) Kegiatan evaluasi diperlukan berbagai informasi yang menyangkut objek yang sedang dievaluasi. Informasi-informasi tersebut kemudian digunakan oleh guru untuk mengambil keputusan atau

tindakan yang berkaitan dengan proses pembelajaran. Dalam kegiatan pembelajaran, data yang dimaksud dapat berupa perilaku Peserta diklat ; penampilan Peserta diklat ; hasil belajar Peserta diklat baik ulangan, ujian akhir nasional, tugas-tugas yang dikerjakan Peserta diklat baik di sekolah maupun di rumah, dan sebagainya. Agar keputusan yang diambil tepat, maka informasi yang diperoleh harus sah dan objektif.

- (c) Kegiatan evaluasi tidak lepas dari tujuan pembelajaran yang hendak dicapai. Tanpa menentukan atau merumuskan tujuan-tujuan terlebih dahulu, tidak mungkin menilai sejauh mana pencapaian hasil belajar Peserta diklat . Hal ini dikarenakan setiap kegiatan penilaian memerlukan suatu kriteria tertentu sebagai acuan dalam menentukan ketercapaian objek yang dinilai.

3) Tes

Tes adalah cara penilaian yang dirancang dan dilaksanakan kepada Peserta diklat pada waktu dan tempat tertentu serta dalam kondisi yang memenuhi syarat-syarat tertentu yang jelas (Departemen Pendidikan Nasional, 2003).

b. Tujuan dan Fungsi Pengukuran dan Penilaian

Setiap kegiatan yang dilakukan oleh manusia pasti mempunyai tujuan. Misalnya dari contoh di atas, tujuan kita keluar masuk toko adalah mencari barang yang berkualitas sesuai dengan keinginan kita. Kita rela untuk lelah dan mungkin 'pusing' karena harus memilih. Namun itu kita lakukan demi mendapatkan apa yang menjadi tujuan kita. Kita menggunakan sepeda motor mungkin mempunyai tujuan agar kita dapat segera sampai di tempat tujuan kita. Demikian juga tujuan kita juga memilih sayur atau buah adalah agar kita mendapatkan sayur atau buah yang baik.

Dalam dunia pendidikan, pengukuran dan penilaian yang dilakukan oleh guru juga memiliki tujuan tertentu. Sesuai dengan definisi evaluasi di atas, pada dasarnya tujuan pengukuran dan penilaian terhadap anak didik adalah untuk merencanakan, memperoleh dan menyediakan informasi yang diperlukan untuk membuat alternatif-alternatif keputusan. Namun demikian, beberapa ahli tidak membedakan antara tujuan dan fungsi pengukuran dan penilaian. Ngalm Purwanto (2001) menjelaskan bahwa fungsi penilaian dalam pendidikan tidak dapat dilepaskan dari tujuan evaluasi itu sendiri. Tujuan evaluasi dalam pendidikan adalah untuk mendapatkan data pembuktian yang akan menunjukkan sampai di mana tingkat kemampuan dan keberhasilan Peserta diklat dalam pencapaian tujuan-tujuan pembelajaran (kurikuler). Disamping itu, penilaian juga dapat digunakan oleh guru-guru dan para pengawas pendidikan untuk mengukur atau menilai sampai di mana keefektifan pengalaman-pengalaman mengajar, kegiatan-kegiatan belajar, dan metoda-metoda pembelajaran yang digunakan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa penilaian memiliki peranan dan fungsi yang cukup penting dalam proses pembelajaran.

Lebih lanjut, Ngalm Purwanto menjelaskan secara lebih rinci fungsi evaluasi dalam pendidikan dan pengajaran. Menurutnya, fungsi evaluasi dalam pendidikan dan pengajaran dapat dikelompokkan menjadi empat fungsi, yaitu:

- 1) Untuk mengetahui kemajuan dan perkembangan serta perkembangan serta keberhasilan Peserta diklat setelah mengalami atau melakukan kegiatan belajar selama jangka waktu tertentu. Hasil evaluasi yang diperoleh itu selanjutnya dapat digunakan untuk memperbaiki cara belajar Peserta diklat (fungsi formatif) dan atau untuk mengisi rapor, Nilai Ebtanas Murni (NEM) atau Surat Tanda Tamat Belajar (STTB), yang berarti pula untuk menentukan kenaikan kelas atau lulus tidaknya seorang siswa dari suatu lembaga pendidikan (fungsi sumatif).

- 2) Untuk mengetahui tingkat keberhasilan program pembelajaran. Pembelajaran sebagai suatu sistem terdiri atas beberapa komponen yang saling berkaitan satu sama lain. Komponen-komponen dimaksud antara lain tujuan, materi atau bahan pembelajaran, metoda dan kegiatan belajar-mengajar, alat dan sumber pembelajaran, dan prosedur serta alat evaluasi. Dalam Prosedur Pengembangan Sistem Instruksional.
- 3) Untuk keperluan Bimbingan dan Konseling. Hasil-hasil evaluasi yang telah dilaksanakan oleh guru terhadap Peserta diklat nya dapat dijadikan sumber informasi atau bagi pelayanan Bimbingan dan Konseling oleh para konselor sekolah atau guru pembimbing lainnya seperti antara lain:
 - untuk membuat diagnosis mengenai kelemahan-kelemahan dan kekuatan-kekuatan atau kemampuan Peserta diklat
 - untuk mengetahui dalam hal-hal aapa seseorang atau sekelompok Peserta diklat memerlukan pelayanan remedial
 - sebagai dasar dalam menangani kasus-kasus tertentu di antara Peserta diklat
 - sebagai acuan dalam melayani kebutuhan-kebutuhan Peserta diklat dalam rangka bimbingan karier.
- 4) Untuk keperluan pengembangan dan perbaikan kurikulum sekolah yang bersangkutan. Hampir setiap saat guru melakukan kegiatan evaluasi dalam rangka menilai keberhasilan belajar Peserta diklat dan menilai program pengajaran, yang berarti pula menilai isi atau materi pelajaran yang terdapat dalam kurikulum. Seorang guru yang dinamis tidak akan begitu saja mengikuti apa yang tertera di dalam kurikulum, ia akan selalu berusaha untuk menentukan dan memilih materi-materi yang sesuai dengan kondisi Peserta diklat dan situasi lingkungan serta perkembangan masyarakat. Dengan demikian guru harus selalu memperbarui pengetahuannya.

Sementara, Arikunto (2001) menyebutkan bahwa tujuan dan fungsi penilaian terdiri dari empat hal, yaitu:

(a) Penilaian berfungsi selektif,

Dengan mengadakan penilaian, guru mempunyai cara untuk mengadakan seleksi atau pun penilaian terhadap Peserta diklat nya. Penilaian itu sendiri mempunyai berbagai tujuan, antara lain:

- untuk memilih Peserta diklat yang dapat diterima di sekolah tertentu.
- Untuk memilih Peserta diklat yang dapat naik ke kelas atau tingkat berikutnya
- Untuk memilih Peserta diklat yang seharusnya mendapat beaPeserta diklat
- Untuk memilih Peserta diklat yang sudah berhak meninggalkan sekolah dan sebagainya

(b) Penilaian berfungsi diagnostik

Apabila alat yang digunakan dalam penilaian cukup memenuhi persyaratan, maka dengan melihat hasilnya, guru akan mengetahui kelemahan Peserta diklat . Di samping itu, diketahui pula sebab-musababnya kelemahan itu. Jadi dengan mengadakan penilaian, sebenarnya guru mengadakan diagnosis kepada Peserta diklat tentang kebaikan dan kelemahannya. Dengan diketahui sebab-sebab kelemahan ini, akan lebih mudah dicari cara untuk mengatasi.

(c) Penilaian berfungsi sebagai penempatan

Sistem baru yang kini banyak dipopulerkan di negara barat, adalah sistem belajar sendiri. Belajar sendiri dapat dilakukan dengan cara mempelajari sebuah paket belajar, baik itu berbentuk modul maupun paket belajar yang lain. Sebagai alasan dari timbulnya sistem ini adalah adanya pengakuan yang besar terhadap kemampuan individual. Setiap Peserta diklat sejak lahirnya telah membawa bakat

sendiri-sendiri sehingga pelajaran akan lebih efektif apabila disesuaikan dengan pembawaan sifat Peserta diklat . Karena keterbatasan sarana dan tenaga, pendidikan yang bersifat individual kadang-kadang sukar untuk dilaksanakan. Pendekatan yang lebih bersifat melayani perbedaan kemampuan, adalah pembelajaran secara kelompok. Untuk dapat menentukan dengan pasti di kelompok mana seseorang Peserta diklat harus ditempatkan, digunakan suatu penilaian. Sekelompok Peserta diklat yang mempunyai hasil penilaian yang sama, akan berada dalam kelompok yang sama dalam belajar.

(d) Penilaian berfungsi sebagai pengukur keberhasilan

Fungsi keempat dari penilaian ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana suatu program berhasil diterapkan, telah disinggung pada bagian sebelum ini, keberhasilan program ditentukan oleh beberapa faktor yaitu faktor guru, metoda pembelajaran, kurikulum, sarana dan sistem administrasi.

Masidjo (1995) menjelaskan bahwa fungsi kegiatan pengukuran dan penilaian terhadap suatu objek adalah untuk:

(a) Memilih dan membantu Peserta diklat

Berdasarkan informasi perolehan skor dan nilai prestasi belajar Peserta diklat dalam penguasaan suatu mata pelajaran, seorang guru dapat memilih Peserta diklat -Peserta diklat yang bermutu yang memenuhi syarat-syarat tertentu untuk sesuatu program atau suatu kegiatan. Keputusan-keputusan yang diperoleh tentang Peserta diklat dari hasil pemilihan tersebut lebih dapat dipertanggung jawabkan karena berdasarkan skor dan nilai yang andal. Misalnya keputusan tentang kelulusan seseorang. Apabila seseorang sudah mencapai skor dan nilai tertentu maka ia dapat dikatakan lulus, sementara seseorang yang belum dapat mencapai skor dan nilai tertentu maka ia belum dapat dikatakan lulus. Guru, berdasarkan informasi yang diperoleh dari kegiatan pengukuran dan penilaian, dapat membantu

Peserta diklat yang belum mampu mencapai skor dan nilai yang telah ditetapkan dengan melakukan berbagai langkah. Bantuan yang dilakukan oleh guru dapat berupa:

1) Pendeteksian dan pengidentifikasian kesukaran-kesukaran yang dialami Peserta diklat dalam mengikuti suatu program atau suatu kegiatan. Dari kegiatan ini, guru dapat menemukan sebab-sebab kesukaran Peserta diklat , menentukan serta melakukan berbagai alternatif pemecahan untuk membantu Peserta diklat .

2) Penyadaran Peserta diklat akan kemampuan dirinya.

Seseorang Peserta diklat dapat mengetahui prestasi belajarnya sendiri dalam berbagai mata pelajaran adalah sangat penting. Dengan mengetahui prestasi belajarnya, Peserta diklat dapat mengetahui kekurangan dan kelebihanannya dalam mempelajari setiap mata pelajarannya. Selanjutnya guru dapat merangsang Peserta diklat agar mengatasi kekurangannya dalam mempelajari materi tertentu dan sekurang-kurangnya dapat mempertahankan kelebihanannya atau meningkatnya. Untuk itu guru perlu mengembalikan pekerjaan Peserta diklat agar Peserta diklat dapat mengetahui kekurangan dan kelebihanannya.

3) Penentuan perlakuan yang sesuai bagi masing-masing Peserta diklat sesuai dengan prestasi belajarnya.

Seorang guru yang dapat memahami prestasi belajar Peserta diklat nya dan mampu menyadarkan mereka untuk memahami kemampuan mereka masing-masing, maka seorang guru akan mampu pula untuk menentukan perlakuan yang sesuai bagi masing-masing Peserta diklat . Penentuan perlakuan yang sesuai terhadap Peserta diklat akan mudah diterima oleh Peserta diklat , karena berdasarkan keadaan prestasi Peserta diklat yang sesungguhnya dan diyakini Peserta diklat sebagai prestasinya sendiri. Perlakuan terhadap Peserta diklat yang sesuai sesuai

dengan kondisinya merupakan dukungan guru terhadap Peserta diklat dalam merealisasikan prestasi belajarnya secara optimal.

(b) Keperluan penelitian

Untuk dapat mengetahui kekurangan-kekurangan yang ada pada Peserta diklat, maka seorang guru dapat meneliti skor dan nilai yang diperoleh Peserta diklat untuk mengetahui sumber permasalahannya. Sumber permasalahan tersebut dapat berupa dari guru yang 'gagal' dalam melakukan kegiatan pembelajaran, ketidakmampuan guru dalam menyusun tes, kesalahan penilaian yang dilakukan oleh guru, cara belajar Peserta diklat yang tidak efektif dan efisien, dan sebagainya. Penelitian yang dilakukan oleh guru dapat berupa *action class research*.

(c) Mengetahui sifat-sifat Peserta diklat

Berdasarkan informasi perolehan skor dan nilai prestasi belajar Peserta diklat dalam penguasaan suatu mata pelajaran, seorang guru sampai pada batas tertentu dapat mengetahui sifat-sifat Peserta diklat. Melalui jawaban-jawaban Peserta diklat dalam tes prestasi belajar tipe karangan misalnya, seorang guru dapat mengetahui kelurusan jalan pikiran Peserta diklat dalam mengungkapkan pikirannya, kejelasan, kelengkapan dan kecermatan dalam memberikan jawaban dengan bahasa yang baku, kebersihan jawaban yang diberikan Peserta diklat dan sebagainya.

Ngalim Purwanto (2001) mengklasifikasikan kegunaan evaluasi dalam empat bagian sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai. Klasifikasi tersebut adalah:

(a) Kegunaan Administratif

Administrator dapat menggunakan hasil evaluasi untuk melengkapi kartu catatan-catatan tingkah laku murid, minat, kecakapan-kecakapan, dan kartu catatan kumulatif murid atau folder kumulatif,

dan menjadi suatu dasar bagi evaluasi pertumbuhan dan perkembangan individu atau untuk pengelompokan kelas.

Kegunaan lain bagi administrator ialah untuk melengkapi laporan-laporan kepada orang tua murid. Sering kali data yang diperoleh melalui tes-tes, kuesioner, wawancara atau catatan-catatan harian merupakan data bukti-bukti penting yang sangat diperlukan untuk melengkapi laporan kepala sekolah dan guru-guru kepada orang tua murid atau rapat komite sekolah.

Kegunaan lainnya adalah sebagai catatan-catatan objektif dan sistematis dari murid-murid, yang sangat diperlukan jika seorang murid pindah ke sekolah lain. Catatan pribadi murid seperti tersebut sangat penting bagi sekolah yang baru (yang menerima murid tersebut) untuk menentukan status serta di kelas mana murid tersebut seharusnya di tempatkan.

Administrator juga dapat menggunakan data evaluasi untuk melengkapi laporan-laporan periodik tentang kemajuan sekolah kepada instansi-instansi atasan yang memerlukan.

(b) Kegunaan Instruksional

Supervisor dapat menggunakan data atau hasil evaluasi untuk berbagai keperluan antara lain:

- 1) Untuk membantu atau menolong guru-guru dalam cara mengajar yang lebih baik. Hal ini dimungkinkan bila guru-guru maupun supervisor sama-sama mengetahui data tentang status murid dan juga kebutuhan-kebutuhan serta minat-minatnya.
- 2) Untuk menentukan status kelas atau murid dalam hubungannya dengan tujuan pokok kurikulum. Hal ini akan memungkinkan supervisor mengevaluasi metoda-metoda mengajar dan bahan-bahan pelajaran yang akan diberikan, dan selanjutnya bagaimana mengubah dan memperbaiki cara-cara mengajar dan hubungan guru dengan murid yang sebaik-baiknya.

Guru juga dapat menggunakan data tes dan data evaluasi itu untuk berbagai keperluan dan tujuan, yang dalam garis besarnya banyak persamaannya dengan tujuan administrator dan supervisor seperti telah diuraikan di atas.

Guru dan supervisor sering kali perlu mendiskusikan data kuantitatif dan kualitatif yang diperoleh dari berbagai teknik evaluasi untuk mencapai kesepakatan mengenai berbagai masalah tentang belajar mengajar. Guru dapat menggunakan hasil-hasil tes dan evaluasi itu untuk:

- 1) Menentukan status masing-masing murid dalam berbagai mata pelajaran dan berbagai tujuan kurikulum
- 2) Mengidentifikasi murid-murid yang pandai (gifted), yang normal (sedang), dan yang lambat belajar.
- 3) Mengelompokkan murid-murid di dalam kelas untuk tujuan-tujuan pengajaran.
- 4) Membuat analisis diagnosis tentang kesulitan-kesulitan murid dan menilai pertumbuhannya.
- 5) Menentukan status individu murid atau kelas pada permulaan atau akhir tahun ajaran atau kuartal.

(b) Kegunaan bagi Bimbingan dan Penyuluhan

Bimbingan dan penyuluhan dipandang sebagai suatu bagian yang integral dari program pendidikan. Kecakapan sebagai petugas bimbingan telah menjadi sebagian dari tugas dan tanggung jawab guru terhadap murid-muridnya, seperti halnya dengan tugas dan tanggung jawab para konselor bimbingan.

Guru dan konselor menggunakan data-data yang baik dan tepat untuk memberikan bimbingan dan penasihatn terhadap murid-murid dalam hal pertumbuhan dan perkembangan fisik, mental, emosional dan sosial seperti bimbingan dalam hal memilih jurusan, mengubah

program studi, memberikan motivasi untuk belajar lebih giat, memilih sekolah tempat melanjutkan, mengenal minat dan kecakapannya sendiri, dan mengembangkan penyesuaian pribadinya.

Bimbingan vocational terutama penting bagi sekolah lanjutan, seperti memilih jurusan, atau lapangan pekerjaan apa yang sesuai dengan pribadi serta kemampuan murid. Data yang diperoleh dari evaluasi melalui berbagai teknik evaluasi, seperti tes intelegensi, *achievement test*, *attitude test*, catatan-catatan observasi, catatan harian, *interest inventories*, dan catatan kumulatif dapat dipergunakan oleh konselor (guru pembimbing) untuk membimbing ke arah pemilihan pekerjaan sesuai dengan minat, kemampuan, dan kecakapan Peserta diklat masing-masing.

(c) Kegunaan bagi Penyelidikan

Data yang dikumpulkan dengan berbagai teknik evaluasi dapat pula digunakan bagi keperluan tujuan penyelidikan, seperti penyelidikan tentang keefektifan metoda pembelajaran, penyelidikan untuk menemukan kebutuhan sosial Peserta diklat, penyelidikan tentang eksperimen suatu kurikulum atau sistem pengajaran dan sebagainya. Penyelidikan semacam itu biasanya dilakukan oleh suatu lembaga, biro. Di samping itu, data yang diperoleh dengan berbagai teknik evaluasi itu dapat juga digunakan dalam penyelidikan mengenai kesulitan belajar murid, penempatan/penyesuaian mata pelajaran pada tingkat kelas atau umur murid, penyesuaian metoda atau cara belajar dengan berbagai bahan pelajaran, mencari korelasi antara bermacam-macam hasil pengukuran tentang kemampuan, kecakapan, dan sifat-sifat pribadi dari murid tertentu.

2. Peranan Penilaian dalam Pembelajaran

Departemen Pendidikan Nasional (2003) menyatakan bahwa penilaian secara umum memiliki peranan yang sangat penting dalam kurikulum.

Peranan penilaian adalah untuk *grading*, seleksi, mengetahui tingkat penguasaan kompetensi, bimbingan, diagnosis, dan prediksi.

- a. Sebagai *grading*, penilaian berperan untuk menentukan atau membedakan kedudukan hasil kerja Peserta diklat dibandingkan dengan Peserta diklat lain. Penilaian ini akan menunjukkan kedudukan Peserta diklat dalam urutan dibandingkan dengan anak yang lain. Karena itu, fungsi penilaian untuk *grading* ini cenderung membandingkan anak dengan anak yang lain sehingga lebih mengacu kepada penilaian acuan norma (*norm-referenced assessment*).
- b. Sebagai alat seleksi, penilaian berperan untuk memisahkan antara Peserta diklat yang masuk dalam kategori tertentu dan yang tidak. Peserta diklat yang boleh masuk sekolah tertentu atau yang tidak boleh. Dalam hal ini, fungsi penilaian untuk menentukan seseorang dapat masuk atau tidak di sekolah tertentu.
- c. Peranan penilaian untuk menggambarkan sejauh mana seorang Peserta diklat telah menguasai kompetensi.
- d. Sebagai bimbingan, penilaian berperan untuk mengevaluasi hasil belajar Peserta diklat dalam rangka membantu Peserta diklat memahami dirinya, membuat keputusan tentang langkah berikutnya, baik untuk pemilihan program, pengembangan kepribadian maupun untuk penjurusan.
- e. Sebagai alat diagnosis, penilaian berperan menunjukkan kesulitan belajar yang dialami Peserta diklat dan kemungkinan prestasi yang bisa dikembangkan. Ini akan membantu guru menentukan apakah seseorang perlu remidiasi atau pengayaan.
- f. Sebagai alat prediksi, penilaian berperan untuk mendapatkan informasi yang dapat memprediksi bagaimana kinerja Peserta diklat pada jenjang pendidikan berikutnya atau dalam pekerjaan yang sesuai. Contoh dari penilaian ini adalah tes bakat skolastik atau tes potensi akademik.

Dari keenam peranan penilaian tersebut, peranan untuk melihat tingkat penguasaan kompetensi, bimbingan, dan diagnostik merupakan peranan utama dalam penilaian kelas.

Sesuai dengan peranan tersebut, penilaian kelas menuntut guru agar secara langsung atau tak langsung mampu melaksanakan penilaian dalam keseluruhan proses pembelajaran. Jadi, peran penilaian kelas adalah memberikan masukan informasi secara komprehensif tentang hasil belajar Peserta diklat baik dilihat ketika saat kegiatan pembelajaran berlangsung maupun dilihat dari hasil akhirnya, dengan menggunakan berbagai cara penilaian sesuai dengan kompetensi yang diharapkan dapat dicapai Peserta diklat .

3. Pengukuran dan Penilaian

Seperti telah dijelaskan di atas, bahwa Pengukuran (*measurement*) adalah proses pemberian angka atau usaha memperoleh deskripsi numerik dari suatu tingkatan di mana seorang Peserta diklat telah mencapai karakteristik tertentu. Hasil penilaian dapat berupa nilai kualitatif (pernyataan naratif dalam kata-kata) dan nilai kuantitatif (berupa angka). Pengukuran berhubungan dengan proses pencarian atau penentuan nilai kuantitatif tersebut. Sementara **Penilaian** (*assessment*) merupakan penerapan berbagai cara dan penggunaan beragam alat penilaian untuk memperoleh informasi tentang sejauh mana hasil belajar Peserta diklat atau ketercapaian kompetensi (rangkaian kemampuan) Peserta diklat . Penilaian menjawab pertanyaan tentang sebaik apa hasil atau prestasi belajar seorang Peserta diklat . Beberapa ahli pendidikan menyatakan bahwa kegiatan pengukuran mendahului kegiatan penilaian.

Pengukuran, penilaian dan evaluasi bersifat hirarkis, maksudnya kegiatan dilakukan secara berurutan. Kegiatan tersebut dimulai dari pengukuran, kemudian penilaian, dan yang terakhir evaluasi. Pengujian (tes) merupakan bagian dari pengukuran yang dilanjutkan dengan kegiatan penilaian. Dengan kata lain guru dapat melakukan evaluasi apabila guru sudah melakukan

kegiatan pengukuran dan penilaian. Demikian juga, guru dapat melakukan kegiatan penilaian apabila kegiatan pengukuran sudah dilakukan oleh guru.

Kegiatan pengukuran harus dilakukan dengan sungguh-sungguh dan benar agar guru dapat mengevaluasi dan mengambil keputusan dengan benar pula. Apabila data yang diperoleh guru dari kegiatan pengukuran tidak benar maka kegiatan penilaian dan evaluasi yang dilakukan oleh guru juga akan salah. Demikian juga keputusan yang diambil guru bisa salah. Agar kegiatan pengukuran yang dilakukan oleh guru dapat menghasilkan informasi yang benar maka alat ukur yang digunakan harus memenuhi kriteria tertentu seperti valid dan reliabel. Valid menunjukkan bahwa alat ukur yang digunakan mampu mengukur apa yang seharusnya diukur, sementara reliabel menunjukan bahwa alat ukur yang digunakan konsisten (tidak berubah-ubah). Apabila kita hendak mengukur meja, alat ukur yang kita gunakan adalah penggaris atau meteran. Tidak mungkin kita mengukur panjang meja dengan menggunakan timbangan atau termometer. Kita mungkin bisa mengukur meja dengan menggunakan karet, tetapi hasil yang diperoleh tidak ajeg (tidak konsisten).

4. Prinsip-prinsip Penilaian

Hasil kegiatan belajar Peserta diklat yang berupa kemampuan kognitif dan psikomotor ditentukan oleh kondisi afektif Peserta diklat . Kemampuan kognitif adalah kemampuan berpikir, yaitu yang secara hirarki terdiri dari pengetahuan, pemahaman, aplikasi, analisis, sintesis, dan evaluasi. Peserta diklat yang tidak berminat dalam suatu mata pelajaran tidak dapat diharapkan akan mencapai hasil pembelajaran yang optimal. Oleh karena itu, tugas guru adalah membangkitkan minat Peserta diklat terhadap mata pelajaran tersebut. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penilaian yang dilakukan oleh guru harus meliputi penilaian proses dan hasil dan bertitik tolak pada *Autentic Assesment*.

Pada tingkat pengetahuan, Peserta diklat menjawab pertanyaan berdasarkan hafalan saja. Pada tingkat pemahaman, Peserta diklat dituntut untuk

menyatakan masalah dengan kata-katanya sendiri, memberi contoh suatu prinsip atau konsep. Pada tingkat aplikasi, Peserta diklat dituntut untuk menerapkan prinsip dan konsep dalam suatu situasi yang baru. Pada tingkat analisis, Peserta diklat diminta untuk menguraikan informasi ke dalam beberapa bagian, menemukan asumsi, membedakan fakta dan pendapat, dan menemukan hubungan sebab akibat. Pada tingkat, sintesis, Peserta diklat dituntut menghasilkan suatu cerita, komposisi, hipotesis, atau teorinya sendiri, dan mensintesiskan pengetahuan. Pada tingkat evaluasi, Peserta diklat mengevaluasi informasi, seperti bukti sejarah, editorial, teori-teori, dan termasuk di dalamnya melakukan *judgement* terhadap hasil analisis untuk membuat kebijakan.

Kemampuan psikomotor pada mata pelajaran tertentu di sekolah menengah dapat dikembangkan. Kemampuan tersebut misalnya dalam bentuk gerak adaptif atau gerak terlatif (*adaptive movement*) baik ketrampilan adaptif sederhana (*simple adaptive skill*), ketrampilan adaptif gabungan (*compound adaptive skill*), ketrampilan adaptif kompleks (*complex adaptive skill*), maupun ketrampilan komunikasi berkesinambungan (*non-discursive communication*), yaitu baik gerak ekspresif (*expresive movement*) maupun gerak interpretatif (*interpretative movement*) (Harrow, 1972, dalam Tim Pengembang Pedoman Umum Pengembangan Penilaian, 2004). Ketrampilan adaptif sederhana dapat dilatihkan dalam berbagai mata pelajaran, seperti bentuk ketrampilan pemakaian komputer. Ketrampilan adaptif gabungan dan adaptif kompleks juga ketrampilan komunikasi berkesinambungan baik gerak ekspresif maupun gerak interpretatif dapat dilatihkan dalam mata pelajaran pendidikan kesenian dan pendidikan jasmani.

Kondisi afektif Peserta diklat tidak dapat dideteksi dengan tes, tetapi dapat diperoleh melalui angket, inventori, atau pengamatan yang sistematis dan berkelanjutan. Sistematis berarti pengamatan mengikuti suatu prosedur tertentu, sedang berkelanjutan memiliki arti pengukuran dan penilaian dilakukan secara terus menerus. Dalam hal ini, berkelanjutan berarti pengukuran ranah kognitif, psikomotorik dan afektif dilakukan secara serempak

serta terus menerus dan berkesinambungan hingga Peserta diklat menguasai kompetensi dasar. Jadi sistem ujian yang berkelanjutan memiliki makna bahwa ujian yang digunakan untuk mengukur semua kompetensi dasar yang harus dikuasai Peserta diklat yaitu kognitif, afektif dan psikomotorik dilakukan secara serempak dan berkelanjutan. Dengan demikian kemampuan dalam jenjang ranah kognitif, afektif dan psikomotorik yang ada pada diri Peserta diklat harus mendapat perhatian dalam penilaian.

Guru berkewajiban untuk melakukan kegiatan penilaian dan hasilnya digunakan untuk memberikan informasi kepada Peserta diklat, sekolah, orang tua dan dirinya sendiri. Dari kegiatan penilaian ini, Peserta diklat, sekolah, orang tua dan guru dapat mengetahui bagaimana dan sampai di mana tingkat penguasaan dan kemampuan yang telah dicapai oleh Peserta diklat tentang materi yang diajarkan.

Tidak mesti seorang yang menguasai materi dengan baik dapat mengajarkan materi yang ia kuasai dengan baik pula. Tidak mesti pula bahwa seorang yang dapat mengajar dengan baik dapat melakukan kegiatan pengukuran dan penilaian dengan baik. Harus disadari oleh guru bahwa kegiatan pengukuran dan penilaian bukan merupakan masalah yang "remeh" atau "sepele". Kegiatan pengukuran dan penilaian juga bukan kegiatan yang dapat dilakukan dengan mengandalkan intuitif atau *trial and error*. Untuk dapat melakukan kegiatan pengukuran dan penilaian maka guru perlu mempelajari, berlatih dan memahami konsep-konsep dan prinsip-prinsip pengukuran dan penilaian.

Berikut ini diuraikan prinsip-prinsip pengukuran dan penilaian yang perlu diperhatikan sebagai dasar dalam pelaksanaan pengukuran dan penilaian.

- a. Penilaian hendaknya didasarkan atas hasil pengukuran yang ***komprehensif***. Ini berarti bahwa penilaian didasarkan atas sampel prestasi yang cukup banyak, baik macamnya (pekerjaan rumah, kuis, ulangan harian, tugas dan sebagainya) maupun jenisnya (benar-salah, kasus, portofolio, objektif, esai, dan sebagainya). Untuk itu dituntut pelaksanaan penilaian secara **berkesinambungan (*continue*)** dan

penggunaan bermacam-macam teknik pengukuran. Dengan macam dan jumlah ujian yang lebih banyak, prestasi siswa dapat diungkapkan secara lebih mantap meskipun harus pula dicatat bahwa banyaknya macam dan jumlah ujian harus dibarengi dengan kualitas soal-soalnya.

- b. Kegiatan pengukuran dan penilaian dilakukan secara **objektif**. Objektivitas pelaksanaan pengukuran dan penilaian prestasi belajar Peserta diklat dapat dicapai dengan mentaati aturan-aturan yang dituntut dalam kegiatan pengukuran dan penilaian. Objektif dapat diartikan bahwa hasil kegiatan pengukuran dan penilaian diolah dan dilaporkan oleh guru apa adanya, tanpa campur tangan guru. Dengan demikian kegiatan pengukuran dan penilaian menuntut guru untuk bertanggung jawab dalam mengukur dan menilai.
- c. Kegiatan pengukuran dan penilaian dilakukan secara **kooperatif**. Kegiatan pengukuran dan penilaian hendaknya dilakukan secara kooperatif antar guru, antara guru dengan kepala sekolah atau guru lain yang berpengalaman. Kerjasama ini mencakup perencanaan dan penyusunan tes prestasi belajar sehingga setiap prestasi belajar yang akan dipakai diyakini sebagai tes prestasi belajar yang bermutu. Di samping itu kerjasama dapat dilakukan oleh guru dalam hal pemahaman kondisi siswa, kerjasama dalam hal penentuan acuan penilaian yang dipakai di sekolah, diskusi, penataran, lokakarya dan sebagainya.
- d. Kegiatan pengukuran dan penilaian dilakukan secara **otentik**. Penilaian otentik adalah proses pengumpulan informasi oleh guru tentang perkembangan dan pencapaian pembelajaran yang dilakukan oleh Peserta diklat melalui berbagai teknik yang mampu mengungkap, membuktikan atau menunjukkan secara tepat bahwa tujuan pembelajaran dan kemampuan (kompetensi) telah benar-benar dikuasai dan dicapai.

Untuk itu, guru perlu memahami hal-hal sebagai berikut:

- 1) Proses penilaian harus merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses pembelajaran.

- 2) Penilaian harus mencerminkan masalah dunia nyata, bukan dunia sekolah
- 3) Penilaian harus menggunakan berbagai ukuran, metoda dan kriteria sesuai dengan karakteristik dan esensi pengalaman belajar
- 4) Penilaian harus bersifat holistik yang mencakup semua aspek dari tujuan pembelajaran.

Dengan demikian, penilaian otentik berimplikasi bahwa guru harus dapat memberikan jaminan bahwa Peserta diklat mengerjakan pekerjaan sendiri. Guru harus aktif dalam mengumpulkan informasi dan mengikuti perkembangan Peserta diklat . Di samping itu, guru juga harus memahami dan dapat melakukan berbagai teknik penilaian.

- e. Pengukuran dan penilaian harus ***komparabel***. Artinya, setelah tahap pengukuran yang menghasilkan angka-angka itu dilaksanakan, prestasi-prestasi yang menduduki skor yang sama harus memperoleh nilai yang sama pula. Dengan demikian, guru dapat membandingkan prestasi siswa yang satu dengan siswa yang lain. Selanjutnya guru dapat mengambil tindakan-tindakan tertentu agar siswa dapat mencapai kompetensi standar yang ditetapkan.
- f. Sistem pengukuran penilaian yang dipergunakan hendaknya ***jelas*** bagi siswa dan bagi guru. Sumber ketidakberesan dalam penilaian terutama adalah tidak jelasnya sistem penilaian itu sendiri. Ketidakberesan ini berdampak pada interpretasi hasil belajar siswa. Masing-masing guru, orang tua, sekolah, maupun masyarakat tidak memiliki interpretasi yang sama atas hasil belajar Peserta diklat.
- g. Pengukuran dan penilaian yang baik harus dapat memberikan ***informasi*** yang cukup bagi guru untuk mengambil keputusan dan umpan balik. Pemilihan metoda, teknik dan alat pengukuran dan penilaian yang tepat sangat menentukan jenis informasi yang ingin digali dari proses pengukuran dan penilaian. Hendaknya guru dapat melakukan pengukuran dan penilaian dengan cakupan materi dan kemampuan yang

tidak terlalu banyak tetapi informasi yang diperoleh dari hasil pengukuran dan penilaian tersebut sangat dalam dan luas.

- h. Pengukuran dan penilaian hendaknya **mengacu pada kompetensi**. Pengukuran dan penilaian perlu dirancang untuk mengukur apakah Peserta diklat telah menguasai kemampuan sesuai dengan target yang ditetapkan kurikulum. Materi yang dicakup dalam pengukuran dan penilaian harus terkait secara langsung dengan indikator pencapaian kemampuan tersebut. Ruang lingkup materi pengukuran dan penilaian disesuaikan dengan tahapan materi yang telah diajarkan serta pengalaman belajar siswa yang diberikan. Materi penugasan atau ulangan harus betul-betul merefleksikan setiap kemampuan yang ditargetkan untuk dikuasai Peserta diklat .
- i. Penilaian harus **menyeluruh** dengan menggunakan beragam cara dan alat untuk menilai beragam kompetensi atau kemampuan Peserta diklat , sehingga kemampuan Peserta diklat dapat tergambarkan.
- j. Penilaian yang dilakukan oleh guru harus **mendidik**. Penilaian dilakukan bukan untuk mendiskriminasi siswa (lulus atautidak lulus) atau menghukum siswa tetapi untuk mendiferensiasi siswa (sejauh mana seorang siswa membuat kemajuan atau posisi masing-masing siswa dalam rentang cakupan pencapaian suatu kompetensi). Berbagai aktivitas penilaian harus memberikan gambaran kemampuan siswa, bukan gambaran ketidakmampuannya.

5. Aspek-Aspek Kompetensi yang diukur

Untuk memahami aspek kompetensi yang diukur terlebih dahulu Peserta diklat perlu membaca kurikulum tingkat satuan pendidikan baik untuk SMA maupun SMK. Beberapa bagian sudah dijelaskan di BAB I. Silakan Peserta diklat membuka kembali BAB I tersebut. Perlu ditekankan di sini, bahwa seorang guru agar dapat melaksanakan kegiatan pengukuran dan penilaian dengan baik, maka guru perlu memahami standar kompetensi lulusan,

standar kompetensi mata pelajaran, dan kompetensi dasar yang hendak dicapai. Setelah memahami baru guru merancang rencana pembelajaran dan alat ukur keberhasilan pembelajaran.

Pada bagian ini akan dijelaskan tiga aspek/ranah/domain, baik tingkatan beserta penjelasannya, dan kata kerja yang dapat digunakan untuk mengukur masing-masing domain tersebut.

a. Aspek Kognitif

Bloom membedakan ranah kognitif menjadi 6 bagian yaitu

- 1) Hasil belajar tingkat ingatan (pengetahuan), yang dimaksud dengan pengetahuan adalah ingatan tentang materi /bahan yang sudah pernah dipelajari. Hal ini mencakup/meliputi pengingatan kembali tentang materi/bahan yang sangat luas mulai dari fakta-fakta yang spesifik/khas sampai kepada teori-teori yang lengkap/komplit. Tetapi sebenarnya yang dituntut di sini hanyalah sekedar mengingat kembali informasi/bahan yang pernah dimiliki/ dipelajari/ didengar. “pengetahuan” merupakan tingkat hasil belajar yang paling rendah di dalam domain kognitif.

Kata kerja yang menyatakan hasil belajar yang spesifik adalah mendefinisikan, menerangkan, mengidentifikasikan, menunjukkan, mendaftarkan, menjodohkan, menyebutkan, membuat garis-garis besar, reproduksi/mengungkapkan kembali, memilih, menyatakan.

- 2) Hasil belajar tingkat pemahaman (pengertian), yang dimaksud dengan “pengertian” adalah kemampuan untuk menangkap arti suatu materi/bahan. Ini dapat ditunjukkan dengan jalan menterjemahkan/mengubah materi/bahan tersebut dari suatu bentuk tertentu ke dalam bentuk lain (misalnya, dari kata-kata diterjemahkan/diubah menjadi angka-angka), dengan jalan menginterpretasikan materi/bahan tersebut (misalnya, dengan menerangkan atau membuat ringkasan), dan dengan jalan membuat estimasi/perkiraan tentang kecenderungan -

kecenderungan yang akan terjadi di masa yang akan datang (misalnya, dengan meramalkan konsekuensi dan akibat-akibat yang mungkin timbul). Di sini, hasil belajar naik setingkat lebih tinggi dari sekedar mengingat kembali materi/bahan yang pernah dipelajari dan merupakan tingkat pengertian/pemahaman yang paling rendah.

Kata kerja yang menyatakan hasil belajar yang spesifik adalah menggantikan, mempertahankan, membedakan, membuat estimasi/perkiraan, menerangkan, mengembangkan, menyimpulkan, memberi contoh, menarik kesimpulan, menjelaskan dengan kata-kata sendiri, meramalkan, menulis kembali, membuat ringkasan, membuktikan.

- 3) Hasil belajar tingkat aplikasi, yang dimaksud dengan aplikasi adalah kemampuan untuk menggunakan/mengetrapkan materi/ bahan yang sudah pernah dipelajari ke dalam situasi-situasi yang baru dan konkrit. Hal ini mencakup/meliputi pengetrapan hal-hal seperti: peraturan-peraturan, metode-metode, konsep-konsep, prinsip-prinsip/aturan-aturan pokok, hukum-hukum/kaidah-kaidah, serta teori-teori. Di sini hasil belajar menuntut adanya tingkat pengertian yang lebih tinggi daripada yang dituntut dalam pengertian.

Kata kerja yang menyatakan hasil belajar yang spesifik adalah menggantikan, memperhitungkan, mendemonstrasikan, menemukan, memanipulasi, mengubah, mengoperasikan, meramalkan, menyiapkan, menghasilkan, menghubungkan, menunjukkan, memecahkan, menggunakan, mengerjakan.

- 4) Hasil belajar tingkat analitis, yang dimaksud dengan analisis adalah kemampuan untuk memecah-mecah/menguraikan suatu materi/bahan menjadi bagian-bagian/komponen-komponen yang lebih kecil sehingga struktur organisasinya dapat dimengerti. Hal ini mencakup/meliputi identifikasi bagian-bagiannya, penganalisaan hubungan-hubungan antara bagian yang satu dengan lainnya, dan pengenalan prinsip-prinsip/aturan-aturan pokok organisasi. Di sini

hasil belajar merupakan suatu tingkat intelektual yang lebih tinggi daripada pengertian dan aplikasi, sebab di sini dituntut adanya suatu pengertian baik tentang isi maupun bentuk struktural dari materi/bahan itu sendiri

Kata kerja yang menyatakan hasil belajar yang spesifik adalah memerinci, membuat diagram, membedakan, mengidentifikasi, membuat ilustrasi, menarik kesimpulan, membuat garis-garis besar, menunjukkan, menghubungkan, menyeleksi, memisahkan, membagi-bagi, menunjukkan hubungan antara.

- 5) Hasil belajar tingkat sintesis, yang dimaksud dengan sintesis adalah kemampuan untuk menyatukan bagian-bagian sehingga menjadi suatu bentuk yang utuh. Hal ini mencakup/meliputi perbuatan suatu komunikasi yang unik (tema atau pidato/ceramah), suatu rencana operasi (usul untuk mengadakan suatu penyelidikan), atau seperangkat hubungan yang bersifat abstrak (skoema untuk menggolong-golongkan suatu informasi). Di sini hasil belajar menekankan tingkahlaku-tingkahlaku yang kreatif, dengan tekanan khusus pada perumusan pola-pola atau struktur-struktur yang baru.

Kata kerja yang menyatakan hasil belajar yang spesifik adalah mengkategorikan/menggolongkan, mengkombinasikan, menyusun/menyunting dengan mengutip dari buku-buku lain, mengaran, menciptakan, merancang, membuat disain/pola, menerangkan, mengubah, mengorganisir, merencanakan, mengatur kembali, menyusun kembali, menghubungkan, mengorganisir kembali/merevisi, memperbaiki, menuliskan kembali, membuat ringkasan, menceritakan, menulis

- 6) Hasil belajar tingkat evaluasi, evaluasi berhubungan dengan kemampuan untuk menentukan nilai suatu materi/bahan (pernyataan, novel, puisi, laporan tentang suatu penyelidikan) untuk maksud tertentu. Penilaian-penilaian itu harus berdasarkan pada suatu kriteria yang nyata/jelas. Dpat berupa kriteria internal

(organisasi) atau kriteria eksternal (relevansinya dengan tujuan) dan Peserta diklat boelh menentukan kriterianya sendiri atau diberi. Di sini hasil belajar merupakan tingkatan yang paling tinggi di dalam hirarki kognitif oleh karena mencakup juga elemen-elemen semua kategori yang lain ditambah pertimbangan-pertimbangan nilai dengan sadar yang berdasarkan pada kriteria yang benar-benar nyata/jelas.

Kata kerja yang menyatakan hasil belajar yang spesifik adalah menilai, memperbandingkan, menyimpulkan, mengkritik, melukiskan, membedakan, menerangkan, membuktikan kebenaran, menginterpretasikan, menunjukkan hubungan antara dua hal atau lebih, membuat ringkasan, menyokong/membantu.

b. Ranah Psikomotorik

Penilaian pendidikan dari aspek psikomotor menyangkut gerak yaitu aktivitas yang menggunakan otot seperti lari, melompat, menari, melukis, berbicara, membongkar dan memasang peralatan dan sebagainya. Apabila guru hendak melakukan penilaian dalam ranah psikomotor, maka guru perlu memahami bagaimana gerak itu dinilai agar penilaian yang dilakukan oleh guru benar dan dapat dipertanggungjawabkan.

- 1) **Gerakan refleks.** Gerakan refleks adalah basis semua perilaku bergerak. Gerak refleks merupakan respon motor atau gerak tanpa sadar yang muncul ketika bayi lahir. Gerakan refleks juga dapat diartikan sebagai responsi terhadap stimulus tanpa sadar Misalnya: melompat, menunduk, berjalan, menggerakkan leher dan kepala, menggenggam, memegang

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah:

- a) mengupas mangga dengan pisau,
- b) memotong dahan bunga,

- c) menampilkan ekspresi yang berbeda,
- d) meniru gerakan polisi lalu lintas, juru parkir,
- e) meniru gerakan daun berbagai tumbuhan yang diterpa angin.

2) **Gerakan dasar (*Basic fundamental movements*)**. Gerakan dasar berarti Gerakan yang muncul tanpa latihan tapi dapat diperhalus melalui praktik, atau Gerakan yang terpola dan dapat ditebak. Gerakan dasar juga dapat diartikan sebagai gerakan yang mengarah pada ketrampilan kompleks yang khusus. Peserta diklat yang telah mencapai kompetensi dasar pada ranah ini mampu melakukan tugas dalam bentuk ketrampilan sesuai dengan standar atau kriteria.

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah

- a) contoh gerakan tak berpindah: bergoyang, membungkuk, merentang, mendorong, menarik, memeluk, berputar
- b) Contoh gerakan berpindah: merangkak, maju perlahan-lahan, meluncur, berjalan, berlari, meloncat-loncat, berputar mengitari, memanjat
- c) Contoh gerakan manipulasi: menyusun balok/ blok, menggunting, menggambar dengan crayon, memegang dan melepas objek, blok, atau mainan
- d) Keterampilan gerak tangan dan jari-jari: memainkan bola, menggambar.

3) **Gerakan perseptual (*Perceptual abilities*)**. Gerakan persepsi merupakan gerakan yang sudah lebih meningkat karena dibantu kemampuan perseptual. Gerakan ini merupakan kombinasi kemampuan kognitif dan kemampuan motor atau gerak. Kemampuan fisik merupakan kemampuan untuk mengembangkan gerakan yang trampil.

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah:

- a) menangkap bola, mendribble bola
 - b) melompat dari satu petak ke petak lain dengan 1 kali sambil menjaga keseimbangan
 - c) memilih satu objek kecil dari sekelompok objek yang ukurannya bervariasi
 - d) membaca
 - e) melihat terbangnya bola pingpong
 - f) melihat gerak pendulun
 - g) menggambar simbol geometri
 - h) menulis alfabet
 - i) mengulangi pola gerak tarian
 - j) memukul bola tenis, pingpong
 - k) membedakan bunyi beragam alat musik
 - l) membedakan suara berbagai binatang
 - m) mengulangi ritme lagu yang pernah didengar
 - n) membedakan berbagai tekstur dengan meraba
- 4) **Gerakan kemampuan fisik (*Physical abilities*)**, Gerakan trampil adalah gerakan yang mampu dilakukan Peserta diklat sehingga menghasilkan produk yang optimal, seperti gerakan tari, gerakan menendang bola, ketrampilan mengendarai sepeda motor. Gerakan ini dipelajari oleh Peserta diklat dan tertanam dalam jangka waktu yang lama sehingga sulit untuk diperbaiki. Gerakan ini merupakan gerak yang lebih efisien dan berkembang melalui kematangan dan belajar.

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah

- a) Menggerakkan otot/sekelompok otot selama waktu tertentu

- b) berlari jauh
 - c) mengangkat beban,
 - d) menarik-mendorong,
 - e) melakukan push-ups,
 - f) kegiatan memperkuat lengan, kaki, dan perut
 - g) menari
 - h) melakukan senam
 - i) melakukan gerak pesenam, pemain biola, pemain bola
- 5) **Gerakan terampil (*Skilled movements*)**, gerakan terampil merupakan gerakan yang dapat mengontrol berbagai tingkatan gerak, terampil, tangkas, cekatan melakukan gerakan yang sulit dan rumit (kompleks)
- Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah
- a) Melakukan gerakan trampil berbagai cabang olahraga
 - b) menari, berdansa
 - c) membuat kerajinan tangan
 - d) menggergaji
 - e) mengetik
 - f) bermain piano
 - g) memanah
 - h) skating
 - i) melakukan gerak akrobatik
 - j) melakukan koprool yang sulit
- 6) **Gerakan indah dan kreatif (*Non discursive communication*)**, gerakan indah dan kreatif merupakan gerakan yang mengkomunikasikan perasaan melalui gerakan. Sementara gerak

estetik merupakan gerakan-gerakan terampil yang efisien dan indah, dan gerak kreatif merupakan gerakan-gerakan pada tingkat tertinggi untuk mengkomunikasikan peran.

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah

- a) kerja seni yang bermutu (membuat patung, melukis, menari balet, melakukan senam tingkat tinggi, bermain drama (acting)
- b) keterampilan olahraga tingkat tinggi

c. Ranah Afektif

Ranah Afektif mencakup watak perilaku seperti perasaan, minat, sikap, emosi atau nilai. Menurut Popham (1995), ranah afektif menentukan keberhasilan belajar seseorang. Orang yang tidak memiliki minat pada pelajaran tertentu, sulit untuk mencapai keberhasilan studi secara optimal. Masalahnya adalah bagaimana guru membangkitkan ranah afektif dalam pelajaran yang diampunya?.

Pembelajaran ditentukan oleh karakteristik masukannya, yaitu karakteristik Peserta diklat nya. Kemampuan afektif merupakan bagian dari hasil belajar dan memiliki peran yang sangat penting. Keberhasilan belajar pada ranah kognitif dan psikomotor sangat ditentukan oleh kondisi afektif Peserta diklat .

Ada dua syarat yang harus dipenuhi agar suatu perilaku dapat diklasifikasikan sebagai ranah afektif:

- 1) Perilaku ini melibatkan perasaan dan emosi seseorang.
- 2) Perilaku ini harus tipikal perilaku seseorang
- 3) Kriteria lain yang termasuk ranah afektif ini adalah: intensitas, arah, dan target

Target mengacu pada objek, aktivitas, atau ide sebagai arah dari perasaan. Bila kecemasan merupakan karakteristik afektif yang ditinjau, ada beberapa kemungkinan target Peserta diklat mungkin

bereaksi terhadap sekolah, situasi sosial atau pengajaran. Misalnya, seringkali Peserta diklat merasa tegang bila menghadapi tes di kelas. Peserta diklat tersebut cenderung sadar bahwa target ketegangan adalah tes.

Lima tipe karakteristik afektif yang penting adalah

(1) Sikap,

Sikap adalah intensitas positif atau negatif terhadap objek psikologi. Objek ini bisa berupa orang, ide, tindakan, dan lain-lain. Objek ini pada sekolah bisa berwujud sikap Peserta diklat terhadap sekolah atau sikap Peserta diklat terhadap mata pelajaran. Guru diharapkan membuat rencana pembelajaran untuk membuat pengalaman Peserta diklat yang membuat sikap menjadi lebih positif. Perubahan ini merupakan salah satu indikator keberhasilan guru dalam melaksanakan proses pembelajaran. Untuk mengetahui sikap Peserta diklat terhadap suatu objek, misalnya kegiatan sekolah, guru, mata pelajaran dan sebagainya. Hasil pengukuran dapat digunakan untuk memperbaiki proses pembelajaran. Pernyataan tentang sikap dapat berupa menolak-menerima, menyenangkan-tidak menyenangkan, baik-buruk dan sebagainya`

(2) Minat,

bertujuan untuk memperoleh informasi tentang minat Peserta diklat terhadap mata pelajaran yang selanjutnya digunakan untuk meningkatkan minat Peserta diklat terhadap mata pelajaran. Minat Peserta diklat dapat ditingkatkan apabila aktivitas sekolah memberi kontribusi terhadap pengembangan individu, kompetensi sosial, dan kepuasan hidup. Pengukuran

minat dapat dilakukan dengan menggunakan instrumen berupa kuesioner.

(3) konsep diri,

Konsep diri adalah evaluasi yang dilakukan individu mengenai kemampuan dan kelemahan yang dimilikinya. Arah konsep diri bisa positif atau negatif, dan intensitasnya bisa dinyatakan dalam suatu daerah kontinum, yaitu mulai dari yang rendah sampai yang tinggi. Konsep diri ini penting untuk menentukan jenjang karir Peserta diklat , yaitu dengan mengetahui kekuatan dan kelemahan diri sendiri, maka bisa dipilih alternatif karir yang tepat bagi diri Peserta diklat .

Konsep diri bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan dan kelemahan diri sendiri. Peserta diklat menilai potensi yang ada pada diri sendiri. Digunakan untuk menentukan program yang sebaiknya ditempuh oleh Peserta diklat

(4) Nilai,

Nilai merupakan suatu keyakinan dalam perbuatan, tindakan atau perilaku dianggap baik atau dianggap jelek. Sekolah seharusnya mendorong Peserta diklat untuk menemukan dan menguatkan nilai yang bermakna dalam upaya Peserta diklat dapat memperoleh kebahagiaan personal dan memberi kontribusi positif terhadap masyarakat. Beberapa nilai ranah afektif yang tergolong penting adalah kejujuran, adil, dan kebebasan. Nilai bertujuan untuk mengungkap nilai dan keyakinan individu. Informasi yang diperoleh berupa nilai dan keyakinan yang positif dan negatif.

Nilai merupakan konsep penting dalam pembentukan kompetensi Peserta diklat . Pencapaian kemampuan kognitif dan psikomotorik tidak akan bermanfaat bagi masyarakat , apabila tidak diikuti dengan kompetensi nilai. Kemampuan lulusan suatu jenjang pendidikan bisa baik, bila digunakan

membantu orang lain, namun bisa tidak baik jika digunakan untuk merugikan orang lain.

(5) moral.

Bertujuan untuk mengungkap moral. Informasi moral seseorang diperoleh melalui pengamatan akan perbuatan yang ditampilkan dan laporan diri yaitu mengisi kuesioner. Hasil pengamatan dan kuesioner menjadi informasi tentang moral seseorang

Dalam kaitannya dengan keberhasilan belajar, karakteristik sikap dan minat merupakan dua karakteristik yang penting untuk diukur.

Ranah afektif dibedakan menjadi 5 bagian yaitu:

- 1) Penerimaan (*receiving*). Yang dimaksud dengan “penerimaan” adalah kemauan murid untuk memperhatikan hal-hal atau rangsangan tertentu (kegiatan kelas. Buku pelajaran, musik, dan sebagainya). Dari segi pengajaran, hal ini menyangkut bagaimana mendapatkan, memikat, dan mengarahkan perhatian dan minat. Dalam bidang ini hasil belajar mencakup kesadaran yang sederhana bahwa suatu benda itu ada, sampai ke perhatian khusus pihak murid. “Penerimaan” ini merupakan tingkat hasil belajar yang paling rendah di dalam domain afektif. Peserta diklat memiliki keinginan memperhatikan suatu fenomena khusus atau stimulus, misalnya kelas, kegiatan, musik, buku dan sebagainya

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah sering mendengarkan musik, senang membaca puisi, senang mengerjakan soal matematika, ingin menonton sesuatu, senang membaca cerita, senang menyanyikan lagu. Sedangkan contoh istilah/kata kerja untuk menyatakan hasil belajar dalam tingkatan ini adalah menanyakan, memilih, melukiskan, memberi, berpegang teguh, mengidentifikasi, menamai, menunjukkan, menyeleksi, memilih, menjawab, menggunakan.

- 2) Memberi respon (*responding*). Yang dimaksud dengan “memberi respon” adalah partisipasi aktif dari pihak murid. Di tingkat ini, murid tidak hanya memperhatikan hal tertentu, tetapi ia juga menanggapi atau memberikan reaksi terhadapnya. Di sini hasil belajar meliputi kerelaan untuk memberi respon (rela menerima suatu tugas, misalnya: membaca suatu bacaan yang ditunjuk), kemauan untuk memberikan respon (mau = dengan suka rela membaca melebihi dari apa yang ditugaskan), atau rasa puas di dalam memberikan respon itu (misalnya: membaca untuk kesenangan/hobi). Tingkat-tingkat instruksional yang biasa digolongkan pada “minat” yaitu yang menitikberatkan pada mencari serta menyenangkan kegiatan-kegiatan tertentu. Responding merupakan partisipasi aktif Peserta diklat, yaitu sebagai bagian dari perilakunya. Pada peringkat ini, Peserta diklat tidak saja memperhatikan fenomena khusus, tetapi ia juga bereaksi. Hasil pembelajarannya menekankan pada pemerolehan respon, keinginan memberi respon, atau kepuasan dalam memberi respons.

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah mentaati aturan, mengerjakan tugas, mengungkapkan perasaan, menanggapi pendapat, meminta maaf atas kesalahan, mendamaikan orang yang bertengkar, menunjukkan empati, menulis puisi, melakukan renungan, melakukan introspeksi. Sedangkan contoh istilah/kata kerja untuk menyatakan hasil belajar dalam tingkatan ini adalah menjawab, membantu, menyetujui, menyesuaikan, mendiskusikan, menyambut, menolong, menandai, melaksanakan, mempraktikkan, menyajikan, membaca, mengucapkan sesuatu yang telah dihafalkannya, melaporkan, menyeleksi/memilih, menceritakan, menulis.

- 3) Penilaian. Yang dimaksud dengan “penilaian” adalah Peserta diklat mau menghargai suatu objek, gejala, atau tingkah laku tertentu. Ada beberapa tingkatan dari hanya menerima suatu nilai (misalnya keinginan untuk menambah ketrampilan kelompok) sampai ke

tingkat mau melibatkan diri (misalnya merasa ikut bertanggung jawab atas berfungsinya kelompok). Penilaian didasarkan pada internalisasi seperangkat nilai tertentu, tetapi tanda-tanda tentang adanya nilai-nilai tersebut diekspresikan/diungkapkan dalam tingkah laku Peserta diklat yang kelihatan. Hasil belajar dalam bidang ini menyangkut tingkah laku yang tetap dan cukup stabil, sehingga nilai tersebut dapat diidentifikasi dengan jelas. Tujuan-tujuan instruksional yang biasanya diklasifikasikan dengan istilah “sikap” dan “apresiasi/penghargaan” termasuk dalam kategori ini. Peringkat penilaian melibatkan penentuan nilai, keyakinan atau sikap yang menunjukkan derajat internalisasi dan komitmen. Derajat rentangannya mulai dari menerima suatu nilai (misalnya keinginan untuk meningkatkan ketrampilan) sampai pada komitmen. Hasil belajar pada peringkat ini berhubungan dengan perilaku yang konsisten dan stabil. Dalam tujuan pembelajaran, penilaian ini diklasifikasi sebagai sikap dan apresiasi

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah mengapresiasi seni, menghargai peran, menunjukkan keprihatinan, menunjukkan alasan perasaan jengkel, mengoleksi kaset lagu, novel, atau barang antik; melakukan upaya pelestarian lingkungan hidup, menunjukkan simpati kepada korban pelanggaran HAM. menjelaskan alasan senang membaca novel. Sedangkan contoh istilah/kata kerja untuk menyatakan hasil belajar tertentu adalah menyelesaikan, melukiskan, membedakan, menjelaskan, mengikuti, membentuk, memprakarsai, mengajak, mau ikut serta, membenarkan, mengusulkan, membaca, membuat laporan, menyeleksi, mau mengungkapkan/membagi, mempelajari, berkarya.

- 4) **Organisasi.** Yang dimaksud dengan “organisasi” adalah mempersatukan nilai-nilai yang berbeda-beda, menyelesaikan pertentangan antara nilai-nilai tersebut, dan mulai membangun

suatu sistem nilai yang bersifat konsisten. Jadi di sini yang ditekankan adalah membandingkan, menghubungkan, serta mensintesiskan nilai-nilai. Hasil belajar di sini dapat dihubungkan dengan pembentukan konsip nilai (misalnya mengakui tanggung jawab setiap individu untuk mengembangkan hubungan antar manusia) atau dengan organisasi sistem nilai (misalnya mengembangkan suatu rencana kerja yang dapat memenuhi kebutuhannya akan rasa aman dari segi ekonomi dan sosial). Pada peringkat organisasi, nilai satu dengan nilai lain dikaitkan dan konflik antar nilai diselesaikan, dan mulai membangun sistem nilai internal yang konsisten. Hasil pembelajaran pada peringkat ini berupa konseptualisasi nilai atau organisasi. Tujuan-tujuan instruksional yang berhubungan dengan pengembangan suatu filsafat hidup juga termasuk dalam kategori ini.

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah bertanggung jawab terhadap perilaku, menerima kelebihan dan kekurangan pribadi, membuat rancangan hidup masa depan, merefleksi pengalaman dalam hal tertentu, membahas cara melestarikan lingkungan hidup, merenungkan makna ayat kitab suci bagi kehidupan. Sedangkan contoh istilah/kata kerja untuk menyatakan hasil belajar tertentu adalah mengikuti, mengubah, mengatur, mengkombinasikan, memperbandingkan, menjelaskan, menarik kesimpulan umum, mengidentifikasikan, mengintegrasikan, membuat modifikasi, mengatur, mengorganisir, menyiapkan, menghubungkan, mensintesiskan/menyatukan.

- 5) **Memprabadikan nilai** (Karakterisasi/pembentukan ciri oleh suatu nilai atau kelompok nilai). Pada tingkatan ini, seseorang memiliki suatu sistem nilai yang telah dapat mengontrol tingkah lakunya selama kurun waktu yang cukup lama untuk mengembangkan suatu “gaya hidup” tertentu. Jadi, tingkah lakunya bersifat tetap, konsisten, serta dapat diramalkan. Hasil belajar dalam taraf ini meliputi banyak hal, tetapi terutama ditekankan pada kenyataan

bahwa tingkah laku tersebut merupakan kekhususan atau ciri khas dari Peserta diklat . Tujuan-tujuan instruksional yang berhubungan dengan pola umum penyesuaian diri Peserta diklat (personal, sosial, emosional) akan cocok pada tingkatan ini.

Contoh kegiatan belajar yang termasuk dalam tingkatan ini adalah rajin, tepat waktu, berdisiplin diri; mandiri dalam bekerja secara independen; objektif dalam memecahkan masalah; mempertahankan pola hidup sehat; menilai masih pada fasilitas umum dan mengajukan saran perbaikan; menyarankan pemecahan masalah HAM; menilai kebiasaan konsumsi; mendiskusikan cara-cara menyelesaikan konflik antar-teman. Sedangkan contoh istilah/kata kerja untuk menyatakan hasil belajar tertentu adalah bertindak, membedakan, memperagakan, mempengaruhi, mendengarkan, mendefinisikan, mempertunjukkan, mempraktikkan, mengusulkan, menggambarkan, mempersoalkan/mempertanyakan, memperbaiki, melayani, memecahkan, menggunakan dan membuktikan.

D. Aktivitas Pembelajaran

Pelaksanaan pembelajaran meliputi kegiatan pendahuluan, kegiatan inti, dan kegiatan penutup.

1. Kegiatan Pendahuluan

- a. Menyiapkan peserta diklat secara psikis dan fisik untuk mengikuti proses pembelajaran;
- b. mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang mengaitkan pengetahuan sebelumnya dengan materi yang akan dipelajari;
- c. menjelaskan tujuan pembelajaran atau indikator kompetensi yang akan dicapai; dan
- d. menyampaikan cakupan materi dan penjelasan uraian kegiatan.

2. Kegiatan Inti

Pelaksanaan kegiatan inti merupakan proses pembelajaran untuk mencapai KD yang dilakukan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta diklat untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat dan perkembangan fisik serta psikologis peserta diklat.

Kegiatan inti menggunakan metode yang disesuaikan dengan karakteristik peserta diklat, yang dapat meliputi proses eksplorasi, elaborasi, dan konfirmasi.

a. Eksplorasi

- 1) melibatkan peserta diklat mencari informasi yang luas dan dalam tentang topik/tema materi yang akan dipelajari;
- 2) menggunakan beragam pendekatan pembelajaran, media pembelajaran, dan sumber belajar lain;
- 3) memfasilitasi terjadinya interaksi antarpeserta diklat serta antara peserta diklat dengan instruktur, lingkungan, dan sumber belajar lainnya;
- 4) melibatkan peserta diklat secara aktif dalam setiap kegiatan pembelajaran; dan
- 5) memfasilitasi peserta diklat melakukan percobaan di laboratorium, studio, atau lapangan.

b. Elaborasi

- 1) membiasakan peserta diklat membaca dan menulis yang beragam melalui tugas-tugas tertentu yang bermakna;
- 2) memfasilitasi peserta diklat melalui pemberian tugas, diskusi, dan lain-lain untuk memunculkan gagasan baru baik secara lisan maupun tertulis;
- 3) memberi kesempatan untuk berpikir, menganalisis, menyelesaikan

masalah, dan bertindak tanpa rasa takut;

- 4) memfasilitasi peserta diklat dalam pembelajaran kooperatif dan kolaboratif;
- 5) memfasilitasi peserta diklat berkompetisi secara sehat untuk meningkatkan prestasi belajar;
- 6) memfasilitasi peserta diklat membuat laporan eksplorasi yang dilakukan baik lisan maupun tertulis, secara individual maupun kelompok;
- 7) memfasilitasi peserta diklat untuk menyajikan laporan eksplorasi; kerja individual maupun kelompok;
- 8) memfasilitasi peserta diklat melakukan pameran, turnamen, festival, serta produk yang dihasilkan; dan
- 9) memfasilitasi peserta diklat melakukan kegiatan yang menumbuhkan kebanggaan dan rasa percaya diri.

c. Konfirmasi

- 1) memberikan umpan balik positif dan penguatan dalam bentuk lisan, tulisan, isyarat, maupun hadiah terhadap keberhasilan Peserta diklat ;
- 2) memberikan konfirmasi terhadap hasil eksplorasi dan elaborasi Peserta diklat melalui berbagai sumber;
- 3) memfasilitasi peserta diklat melakukan refleksi untuk memperoleh pengalaman belajar yang telah dilakukan;
- 4) memfasilitasi peserta diklat untuk memperoleh pengalaman yang bermakna dalam mencapai kompetensi dasar:
 - a) berfungsi sebagai nara sumber dan fasilitator dalam menjawab pertanyaan peserta diklat yang menghadapi kesulitan, dengan menggunakan bahasa yang baku dan benar;
 - b) membantu menyelesaikan masalah;
 - c) memberi acuan agar Peserta diklat dapat melakukan

- pengecekan hasil eksplorasi;
- d) memberi informasi untuk bereksplorasi lebih jauh; dan
- e) memberikan motivasi kepada peserta diklat yang kurang atau belum berpartisipasi aktif.

3. Kegiatan Penutup

- a. bersama-sama dengan peserta diklat dan/atau sendiri membuat rangkuman atau simpulan pelajaran;
- b. melakukan penilaian dan/atau refleksi terhadap kegiatan yang sudah dilaksanakan secara konsisten dan terprogram;
- c. memberikan umpan balik terhadap proses dan hasil pembelajaran;
- d. merencanakan kegiatan tindak lanjut dalam bentuk pembelajaran remedi, program pengayaan, layanan konseling dan/atau memberikan tugas baik tugas individual maupun kelompok sesuai dengan hasil belajar peserta diklat; dan
- e. menyampaikan rencana pembelajaran pada pertemuan berikutnya.

E. Latihan/Kasus/Tugas

Latihan 1:

Petunjuk:

Pilihlah salah satu jawaban berikut ini dengan cara memberikan tanda silang (X) pada salah satu huruf a, b, c, atau d yang dianggap paling tepat.

1. Serangkaian tugas atau soal yang harus dikerjakan peserta didik untuk mengukur suatu aspek perilaku tertentu disebut :
 - a. Evaluasi
 - b. Pengukuran
 - c. Penilaian
 - d. Tes

2. Pengukuran adalah suatu proses atau kegiatan untuk menentukan :
 - a. Hasil belajar
 - b. Nilai dan arti
 - c. Kualitas
 - d. Kuantitas
3. Alat ukur standar adalah alat ukur yang memiliki :
 - a. Derajat validitas yang tinggi
 - b. Derajat reliabilitas yang tinggi
 - c. Derajat validitas dan reliabilitas yang tinggi
 - d. Daya pembeda soal yang tinggi
4. Suatu proses atau kegiatan yang berkesinambungan untuk pengumpulan informasi tentang proses dan hasil belajar Peserta diklat disebut :
 - a. Pengukuran
 - b. Penilaian
 - c. Evaluasi
 - d. Tes
5. Evaluasi adalah suatu proses atau kegiatan yang sistematis dan berkelanjutan untuk menentukan :
 - a. Nilai dan arti
 - b. Kuantitas
 - c. Prestasi belajar
 - d. Tingkat penguasaan

6. Berikut ini merupakan persamaan antara evaluasi dan penilaian, kecuali :
- a. Alat yang digunakan sama
 - b. Proses yang sistematis
 - c. Ruang lingkup
 - d. Sama-sama menilai
7. Pengukuran merupakan gambaran kuantitatif tentang :
- a. Hasil belajar
 - b. Kemajuan belajar
 - c. Proses belajar
 - d. Kegiatan belajar
8. Pada hakikatnya pembelajaran merupakan suatu proses komunikasi timbal balik antara guru dengan Peserta diklat sehingga menimbulkan :
- a. Tindakan mengajar guru
 - b. Tindakan belajar Peserta diklat
 - c. Hasil belajar
 - d. Prestasi belajar
9. Dalam proses pembelajaran, guru akan mengatur seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran, termasuk proses dan hasil belajar yang berupa :
- a. Dampak mengajar
 - b. Dampak belajar
 - c. Dampak pengiring
 - d. Dampak pengajaran

10. Kemampuan yang diperoleh Peserta diklat dalam mata pelajaran disebut :
- a. Prestasi belajar
 - b. Hasil belajar
 - c. Motivasi belajar
 - d. Kinerja belajar

F. Rangkuman

- ❖ Pada hakikatnya tes adalah serangkaian tugas yang harus dilakukan atau soal- soal yang harus dijawab oleh Peserta diklat untuk mengukur suatu aspek perilaku tertentu. Pengukuran adalah suatu proses atau kegiatan untuk menentukan kuantitas daripada sesuatu. Dalam proses pengukuran tentu harus menggunakan alat ukur. Alat ukur tersebut harus standar, yaitu memiliki derajat validitas dan reliabilitas yang tinggi.
- ❖ Penilaian adalah suatu proses atau kegiatan yang berkesinambungan untuk pengumpulan informasi tentang proses dan hasil belajar Peserta diklat dalam rangka membuat keputusan-keputusan berdasarkan kriteria dan pertimbangan tertentu.
- ❖ Evaluasi adalah suatu proses yang sistematis dan berkelanjutan untuk menentukan kualitas (nilai dan arti) daripada sesuatu, berdasarkan pertimbangan dan kriteria tertentu dalam rangka mengambil suatu keputusan.
- ❖ Antara penilaian dan evaluasi sebenarnya memiliki persamaan dan perbedaan. Persamaannya adalah keduanya mempunyai pengertian menilai atau menentukan nilai sesuatu. Di samping itu, alat yang digunakan untuk mengumpulkan datanya juga sama. Sedangkan perbedaannya terletak pada ruang lingkup (*scope*) dan pelaksanaannya. Evaluasi dan penilaian lebih bersifat komprehensif yang meliputi pengukuran, sedangkan tes merupakan salah satu alat (*instrument*)

pengukuran. Pengukuran lebih membatasi kepada gambaran yang bersifat kuantitatif (angka- angka) tentang kemajuan belajar Peserta diklat (*learning progress*), sedangkan evaluasi dan penilaian lebih bersifat kualitatif.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Cocokkanlah jawaban Anda dengan kunci jawaban Latihan 1 yang terdapat di bagian Latihan/Kasus/Tugas pada modul ini. Hitunglah jumlah jawaban yang benar. Selanjutnya, untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1, gunakanlah rumus sebagai berikut :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban benar}}{10} \times 100\%$$

Kriteria tingkat penguasaan :

90 – 100 % = Baik Sekali

80 – 89 % = Baik

70 – 79 % = Cukup

< 69 % =Kurang

Jika tingkat penguasaan Anda 80 % atau lebih, berarti Anda berhasil. **BAGUS!** Untuk itu, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. Jika masih di bawah 80 %, Anda harus mengulang materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kegiatan Pembelajaran 2

Rangkaian Pnumatik Dengan Kontrol Relay

A. Tujuan

1. Peserta didik mampu membangun rangkaian pneumatik dengan kontrol relay berdasarkan gambar kerja.
2. Peserta didik mampu merangkai rangkaian pneumatik dengan kontrol relay berdasarkan gambar kerja.
3. Peserta didik mampu merealisasikan rangkaian pneumatik dengan relay berdasar kan gambar kerja dalam bentuk program simulasi

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Terbuatnya rangkaian pnumatik dengan kontrol relay dalam bentuk gambar kerja
2. Terbuat rangkaian pneumatik dengan kontrol relay berdasarkan gambar kerja dalam bentuk rangkaian simulasi

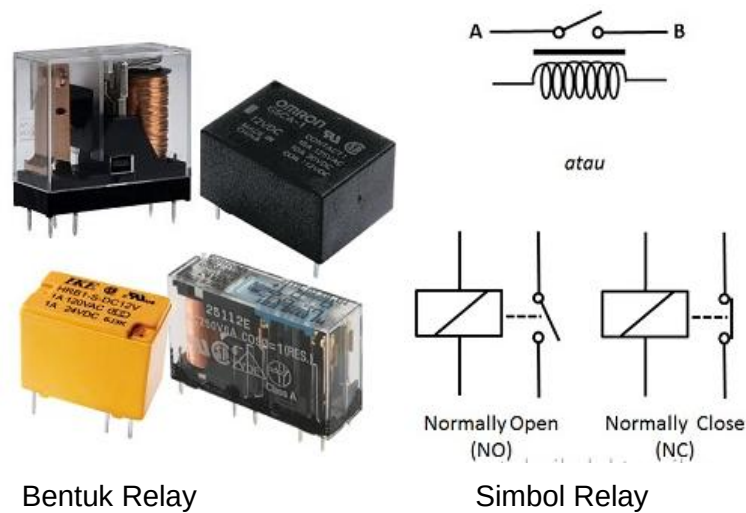
C. Uraian Materi

Rangkaian pneumatik dapat dikombinasikan dengan kontrol relay berdasarkan kebutuhan. Salah satu komponen kontrol pada pneumatik yang umum digunakan diantaranya adalah relay.

Relay adalah suatu saklar yang digerakkan secara elektromagnetik. Bila sumber tegangan diberikan pada kumparan selenoid, maka akan terbangkit suatu medan elektromagnetik yang menakibatkan tertariknya armatur ke inti kumparan. Armature tersebut menggerakkan kontak relai apakah menutup atau membuka sesuai dengan perancangannya. Pegas akan mengembalikan armatur ke posisi semula jika arus listrik yang mengalir ke kumparan tidak ada.

Relay Umum

Perhatikan Gambar 1 berikut yang menunjukkan bentuk dan simbol relay.



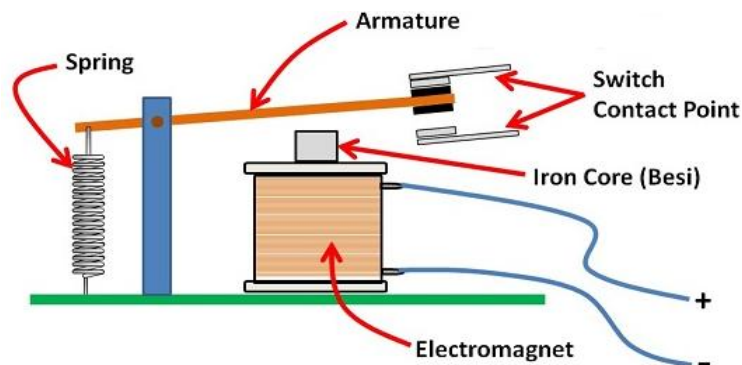
Gambar 1. Gambar bentuk dan simbol relay

Prinsip Kerja Relay

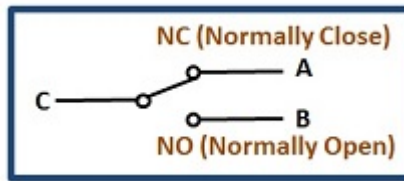
Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

- Electromagnet (Coil)
- Armature
- Switch Contact Point (Saklar)
- Spring

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



Gambar 2. Struktur relay



Gambar 3. Konstruksi kontak dari relay

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar 2 di atas, sebuah Besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan Coil yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik Armature untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana Armature tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). Coil yang digunakan oleh Relay untuk menarik Contact Poin ke Posisi Close pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

Arti *Pole* dan *Throw* pada Relay

Karena Relay merupakan salah satu jenis dari Saklar, maka istilah *Pole* dan *Throw* yang dipakai dalam Saklar juga berlaku pada Relay. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai Istilah Pole and Throw :

- *Pole* : Banyaknya Kontak (*Contact*) yang dimiliki oleh sebuah relay

- *Throw* : Banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah Kontak (Contact)

Berdasarkan penggolongan jumlah Pole dan Throw-nya sebuah relay dapat digolongkan menjadi :

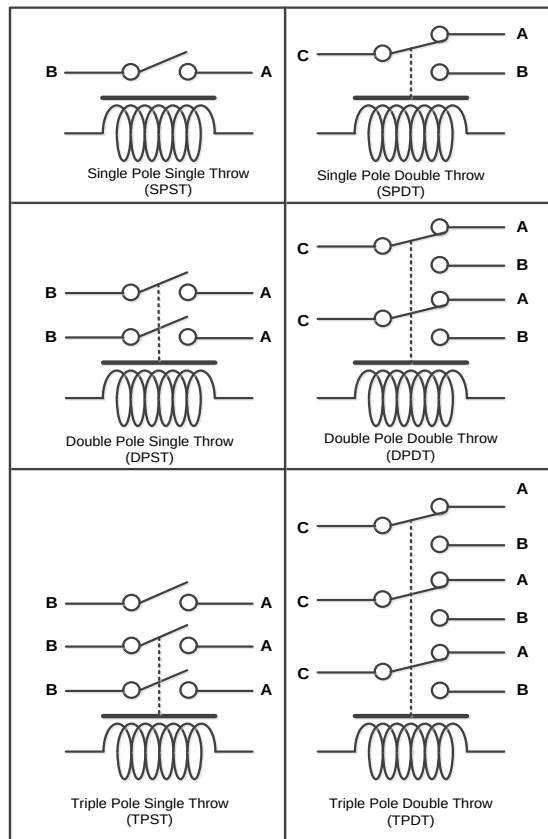
- *Single Pole Single Throw* (SPST) : Relay golongan ini memiliki 4 Terminal, 2 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.
- *Single Pole Double Throw* (SPDT) : Relay golongan ini memiliki 5 Terminal, 3 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.
- *Double Pole Single Throw* (DPST) : Relay golongan ini memiliki 6 Terminal, diantaranya 4 Terminal yang terdiri dari 2 Pasang Terminal Saklar sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil. Relay DPST dapat dijadikan 2 Saklar yang dikendalikan oleh 1 Coil.
- *Double Pole Double Throw* (DPDT) : Relay golongan ini memiliki Terminal sebanyak 8 Terminal, diantaranya 6 Terminal yang merupakan 2 pasang Relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (single) Coil. Sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil.

Selain Golongan Relay diatas, terdapat juga Relay-relay yang Pole dan Throw-nya melebihi dari 2 (dua). Misalnya 3PDT (Triple Pole Double Throw) ataupun 4PDT (Four Pole Double Throw) dan lain sebagainya.

Kumparan relay dapat menggerakkan satu atau lebih kontak. Disamping jenis relay yang digambarkan diatas, ada saklar yang digerakkan secara elektromagnetik jenis lain, relay retentif, relay waktu dan kontaktor. Pada sistem kontak elektropneumatik, relay digunakan untuk fungsi-fungsi sebagai berikut :

- Penggandaan sinyal.
- Menunda dan mengkonversikan sinyal.
- Menggabungkan informasi.
- Mengisolasi rangkaian kontrol dari rangkaian utama.

Jenis relay berdasarkan Pole dan Throw



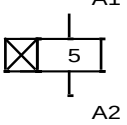
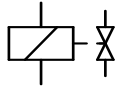
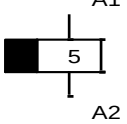
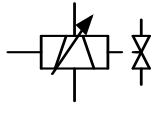
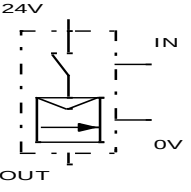
Gambar 4. Penggolongan Relay berdasarkan Jumlah Pole

Relay pada elektropneumatik

Relay yang terdapat pada komponen elektropneumatik memiliki simbol dan arti yang dapat dilihat Tabel 1. berikut:

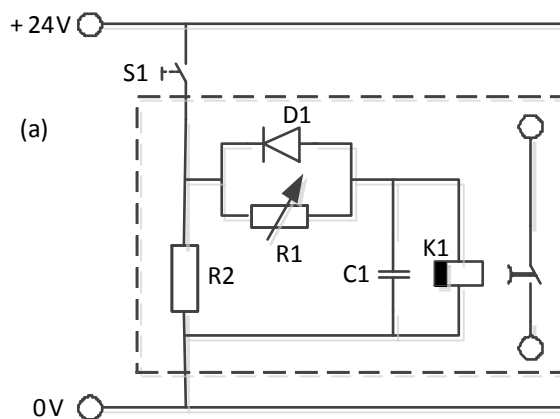
Tabel 1. Simbol-simbol relay yang dipakai pada program FluidSim Pneumatik

Simbol	Arti	Simbol	Arti
	Relay biasa		Relay yang dilengkapi dengan counter (5 count)

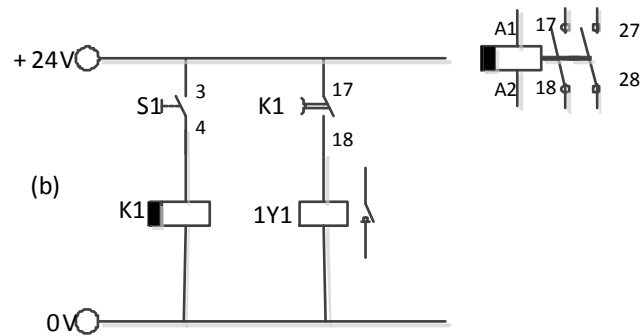
	Relay yang dilengkapi kontak delay ON (5 detik)		Relay yang dilengkapi selenoid valve
	Relay yang dilengkapi kontak delay OFF (5 detik)		Relay yang dilengkapi kontrol posisi dengan selenoid valve
	Relay yang dilengkapi dengan starting pembatas arus		

Relay retentif untuk merespon sinyal impulse :

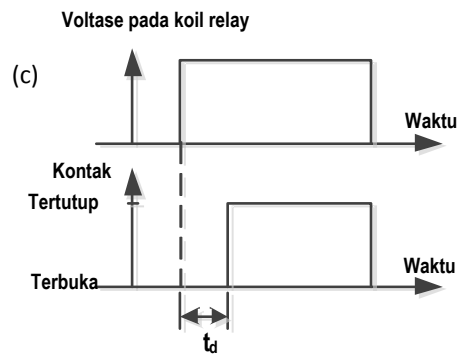
- Armature akan mendapatkan energi bila diberikan sinyal impulse positif.
- Armature akan kehilangan energi bila diberikan sinyal impulse negatif.
- Ada dua macam relay waktu, penunda waktu ON (delay ON) dan penunda waktu OFF (delay OFF), armatur akan mendapatkan energi sesudah penundaan waktu yang diset, sebaliknya ditetapkan pada relay penunda waktu OFF (delay OFF), diperlihatkan pada gambar berikut.



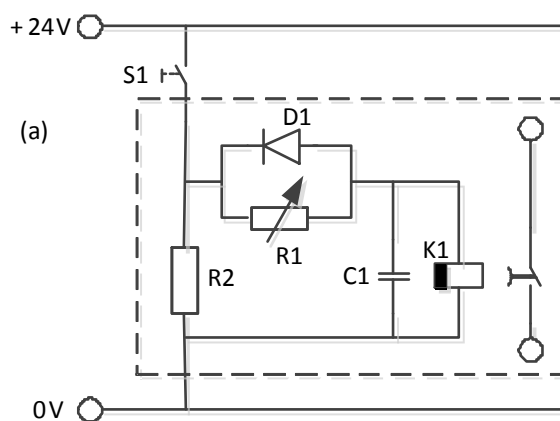
Gambar 5a. Diagram Relay penunda waktu ON.



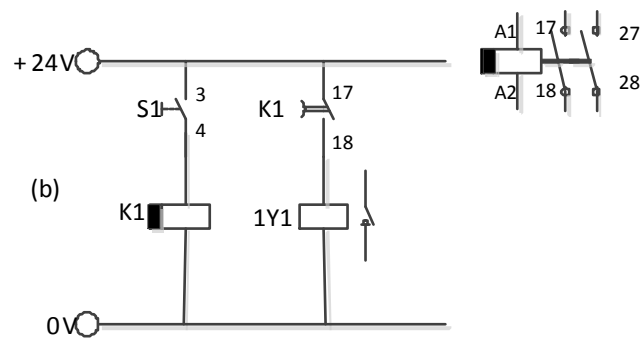
Gambar 5b. Diagram kontrol Relay penunda waktu ON.



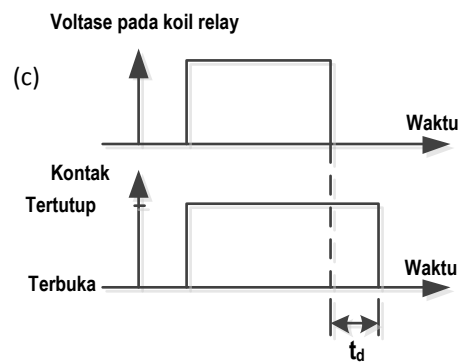
Gambar 5c. Diagram pewaktu Relay penunda waktu ON.



Gambar 6a. Diagram Relay penunda waktu OFF.



Gambar 6b. Diagram kontrol Relay penunda waktu OFF.

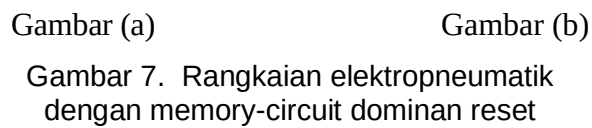


Gambar 6c. Diagram pewaktu Relay penunda waktu OFF

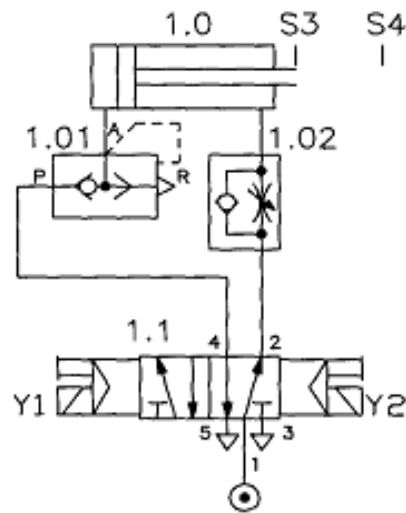
Berikut ini adalah contoh rangkaian elektro pneumatik yang dilengkapi dengan relay

Contoh 1

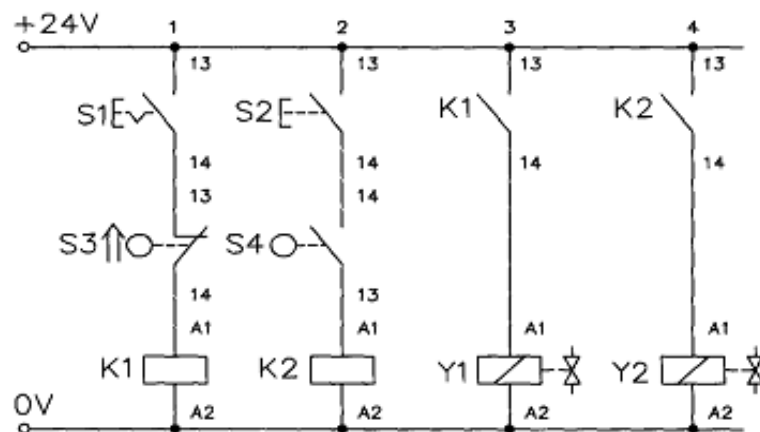
Gambar (a) dan (b) berikut adalah contoh rangkaian elektropneumatik dengan memory- circuit dominan reset. Coba pelajari cara kerjanya dan apakah benar kedua rangkaian tersebut memang sama-sama dapat mengunci . Pelajari juga dimana letak perbedaannya



Rangkaian yang mendeteksi akhir langkah maju dan langkah mundur. S1 adalah saklar (switch) yang tidak otomatis reset. S3 adalah switch normaly open (NO) yang pada posisi awal dalam keadaan operasi (closed) yang ditandai dengan tanda panah. Apabila S1 dan S2 dioperasikan terus rangkaian ini akan bekerja otomatis dan kontinyu. Langkah mundur lebih cepat karena adanya quick exhaust valve(1.01) sedang langkah maju diatur oleh flow control (1.02) . Perhatikan gambar 4.41 di bawah ini.



Gambar 8. Rangkaian pneumatik



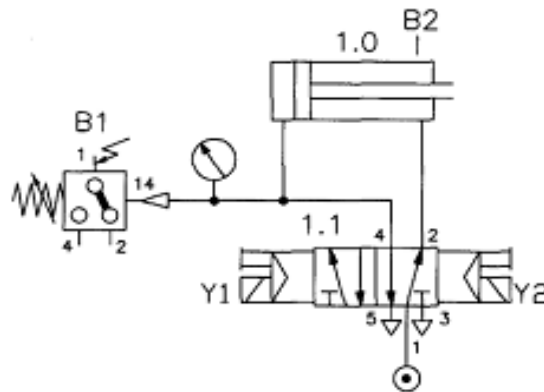
Gambar 9. Rangkaian listriknya

Gambar 9 Rangkaian yang mendeteksi akhir langkah maju dan langkah mundur.

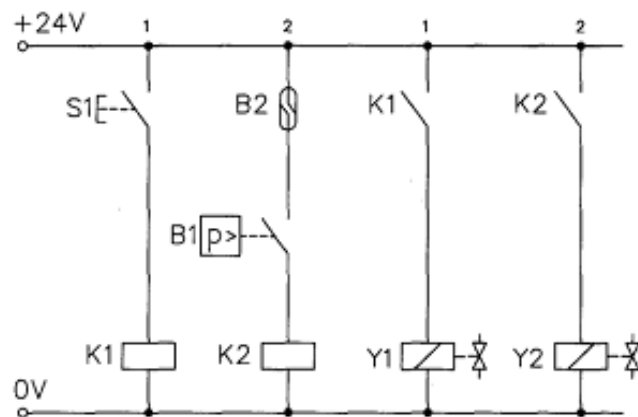
Contoh 3

Rangkaian pada gambar 10 di bawah ini menunjukkan bahwa terjadinya kontrol bergantung pada tercapainya tekanan pada PE converter (B1). Reed switch B2 akan tersambung (closed) apabila piston telah menjangkau medan magnet pada reed switch (posisi akhir langkah maju). Tetapi

walaupun B2 telah tersambung, sedang B1 belum tersambung, arus belum dapat mengalir ke coil relay K2 sehingga kontak relay K2 pun belum bekerja. Selama menunggu tekanan pada B1, batang torak tetap berada pada posisi depan.



Gambar 10. Rangkaian pneumatik



Gambar 11. Rangkaian kelistrikan

Gambar 11. merupakan gambar rangkaian menggunakan reed switch dan PE converter.

Perancangan gambar kerja

Aplikasi Kontrol secara umum sangat tergantung pada karakteristik plant yang akan di atur. Untuk mendukung keperluan ini maka desain sistem kendali

sangatlah diperlukan agar plant bekerja sesuai dengan set point yang ditentukan. Berikut ini diberikan urutan langkah yang harus dilakukan ketika akan mendesain kendali task, sebagai berikut :

Langkah 1: Memahami sistem yang harus dikendalikan (*Plant*)

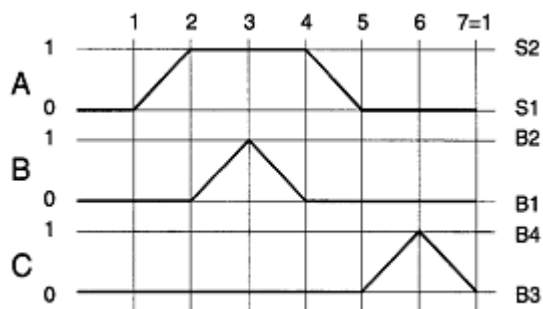
Langkah 2: Menentukan variable yang dikendalikan (*process variable*)

Langkah 3: Menentukan persyaratan teknis yang diperlukan

Langkah 4: Menentukan I/O yang dibutuhkan.

Displacement Step Diagram dan Desain sequence Control

Displacement step diagram adalah suatu metode untuk menjabarkan diagram langkah, posisi dan transisi dari rangkaian *multiple actuator* yang dapat digambarkan sebagai berikut:

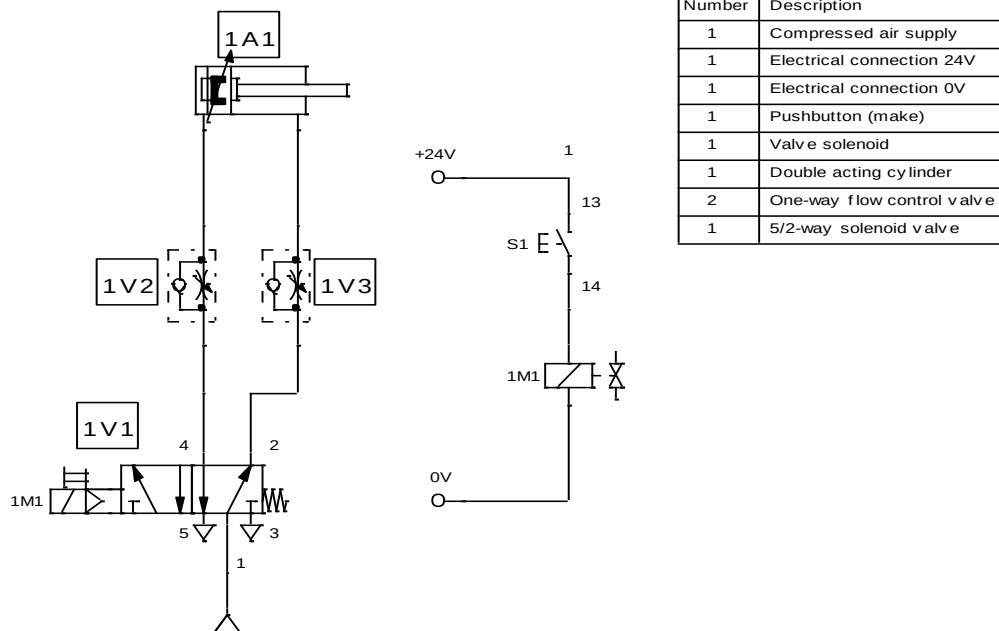


Gambar 12. Diagram step multiple actuator

Adapun urutannya langkahnya sebagai berikut : A+,B+,B-,A-, C+,C-. Yang menjadi bahan pertanyaan sekarang bagaimana kita menentukan dan menganalisis urutan (sequence) rangkaian tersebut. Berarti kita harus memiliki acuan berupa algoritma yang tepat.

Contoh:

1. Rangkaian Elektropneumatik “proses Riveting”:



Gambar 13. Diagram Rangkaian Elektropneumatik “Proses Riveting”:

2. Diagram Langkah (step) dan diagram fungsi riveting

Keterangan : Kontrol Katup Arah (KKA) yang digunakan pada kedua aktuator adalah KKA Double Solenoida (simbol Y). Dengan fungsi :

Y1 (A+)

Y2 (A-)

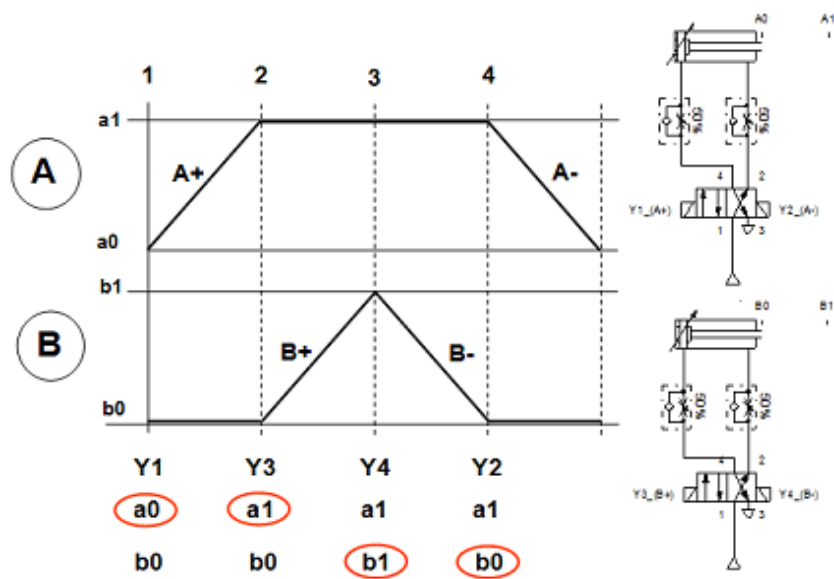
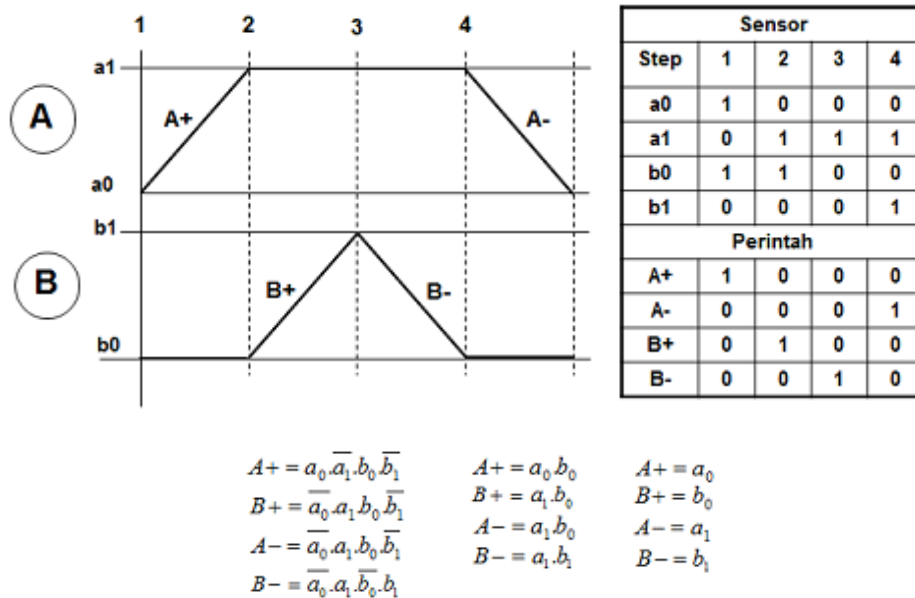
Y3 (B+)

Y4 (B-)

Serta dilengkapi sensor posisi mundur/tepi bawah dan maju/tepi atas (simbol a dan b), sebagai berikut:

Aktuator A (a0 dan a1)

Aktuator B (b0 dan b1)

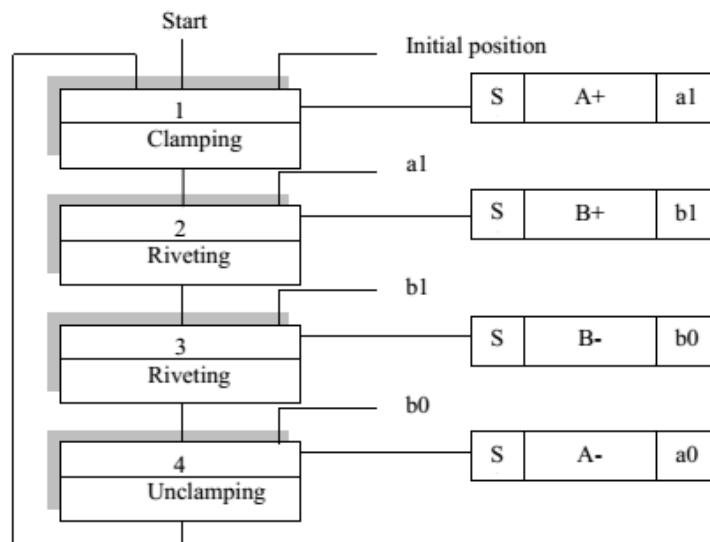


Gambar 14(a) dan (b).Diagram Langkah (step)

Analisis Gambar 14 (b), perhatikan elips warna merah, Urutan langkahnya sebagai berikut:

- Silinder A maju (A+) saat Sensor a0 aktif
- Silinder B maju (B+) saat Sensor a1 aktif

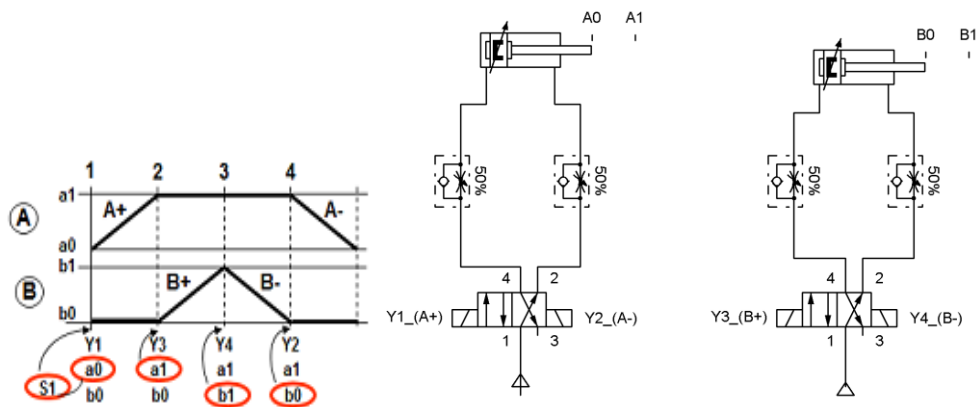
- Silinder B mundur (B-) saat sensor b1 aktif
- Silinder A mundur (A-) saat sensor b0 aktif

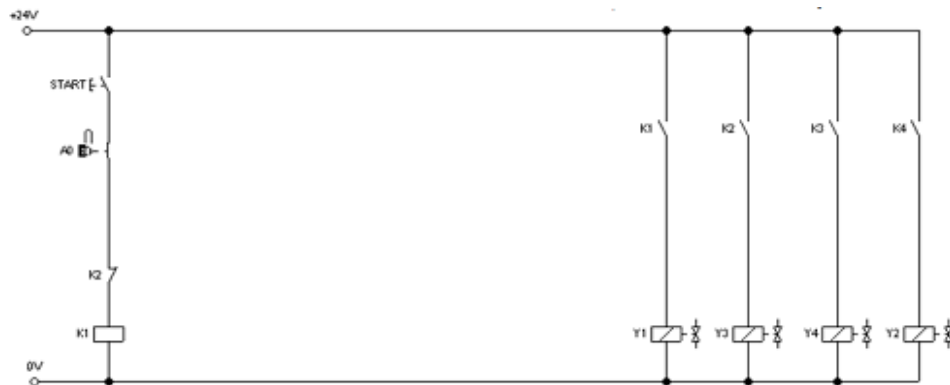


Gambar 15. Diagram fungsi proses Riveting

3. Rangkaian Kontrol Relay

➤ Langkah 1



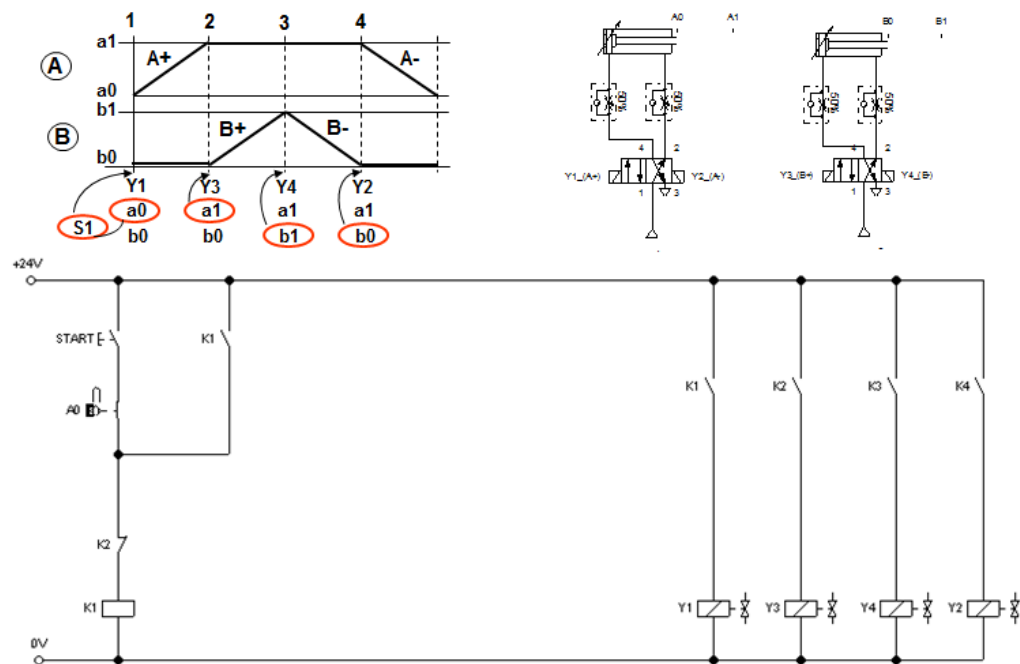


Gambar 16a. Rangkaian Kontrol Relay Langkah 1

Analisis Gambar 16. Perhatikan pada rangkaian relay tersebut secara *sequence flow control*, sebelum melanjutkan ke step berikut jangan lupa step awal yang sangat penting dalam sebuah control sequence yaitu “Inisialisasi” atau kondisi awal (asumsi awal) sistem kontrol.

- Inisial : Sensor a0 (Normally Open yang aktif), sehingga kondisi awal bernilai “1”, dalam keadaan tertekan atau aktif
- Saat Push button Start (PBS) ditekan maka relay K1 bekerja dan memicu/mengaktifkan solenoida Y1 (A+). PBS dipasang seri dengan sensor a0.
- Aktuator A maju (A+), saat yang sama sensor a0 terbuka dan mengaktifkan sensor a1 sebagai syarat aktif solenoida Y3. (aktuator A mempertahankan posisi tepi atas selama Y2 belum aktif).
- Y3 aktif maka Aktuator B maju (B+), lalu menyentuh sensor b1 sebagai syarat aktif solenoid Y4.
- Y4 aktif maka Aktuator B mundur (B-), lalu menyentuh sensor b0 sebagai syarat aktif Y2.
- Y2 aktif maka Aktuator A mundur (A-) sehingga kembali ke posisi initial.
- Saat proses sequence berhenti sampai kembali di posisi initial maka tidak ada relay maupun solenoid yang aktif (bertegangan).
- Relay dan solenoid hanya aktif karena pengaktifan sensor/limit switch karena proses itu sendiri.

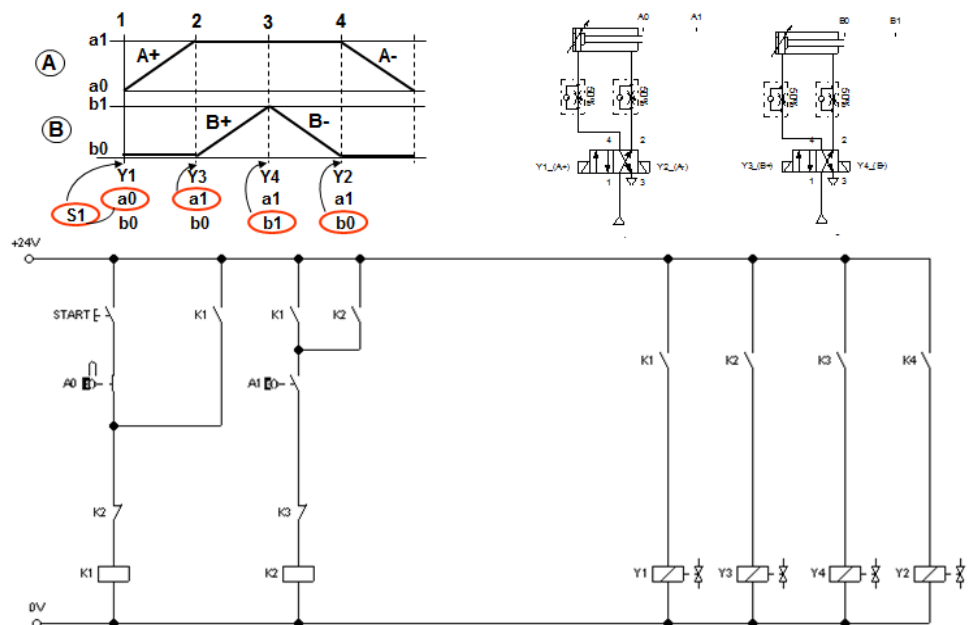
Langkah 2



Gambar 16b. Rangkaian Kontrol Relay Langkah 2

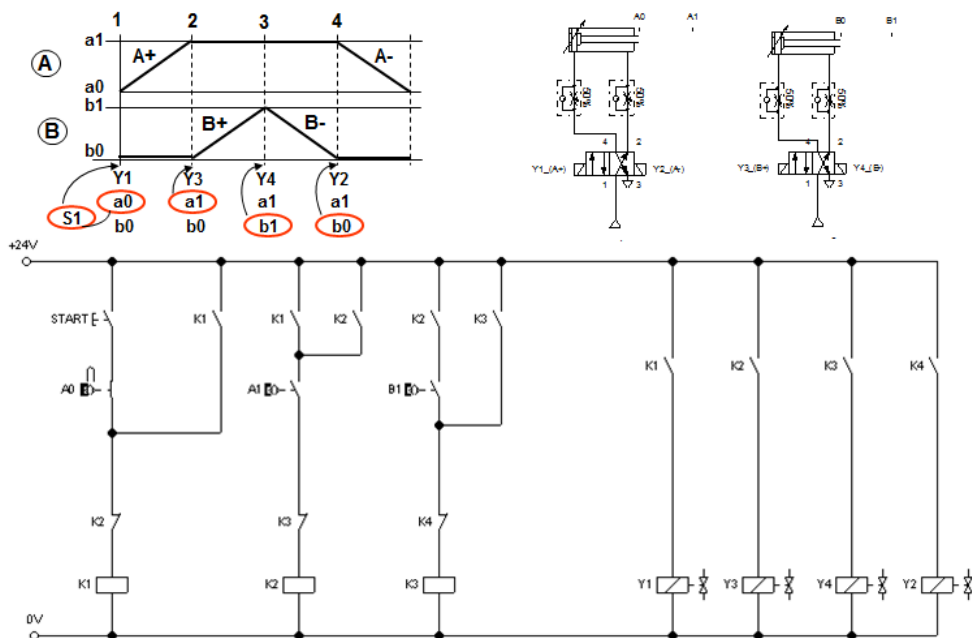
Pertanyaan: Perhatikan rangkaian di atas menggunakan kontak rangkaian latching/pengunci. Mengapa demikian ?

Langkah 3



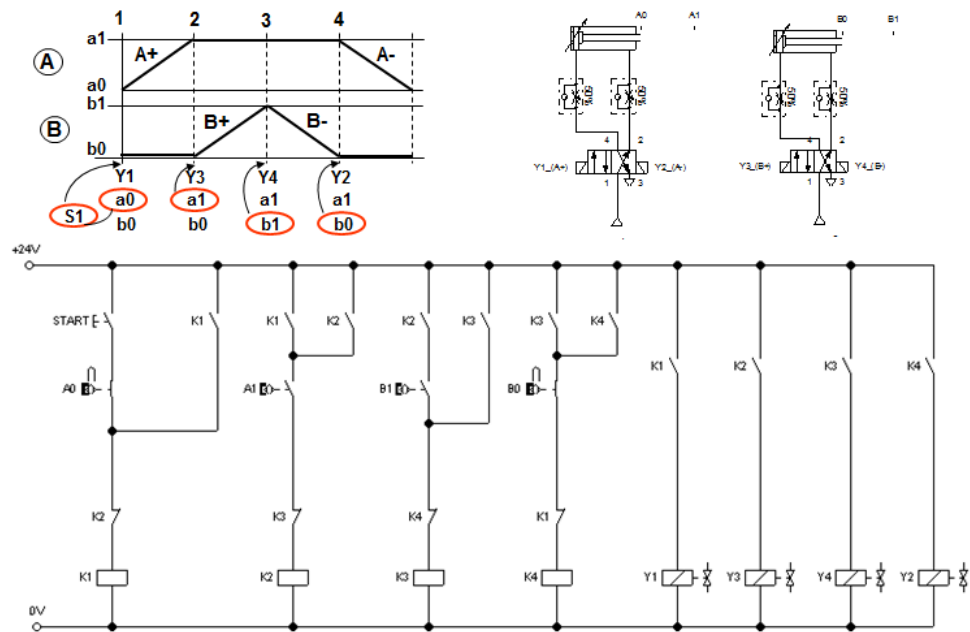
Gambar 16c. Rangkaian Kontrol Relay Langkah 3

Langkah 4

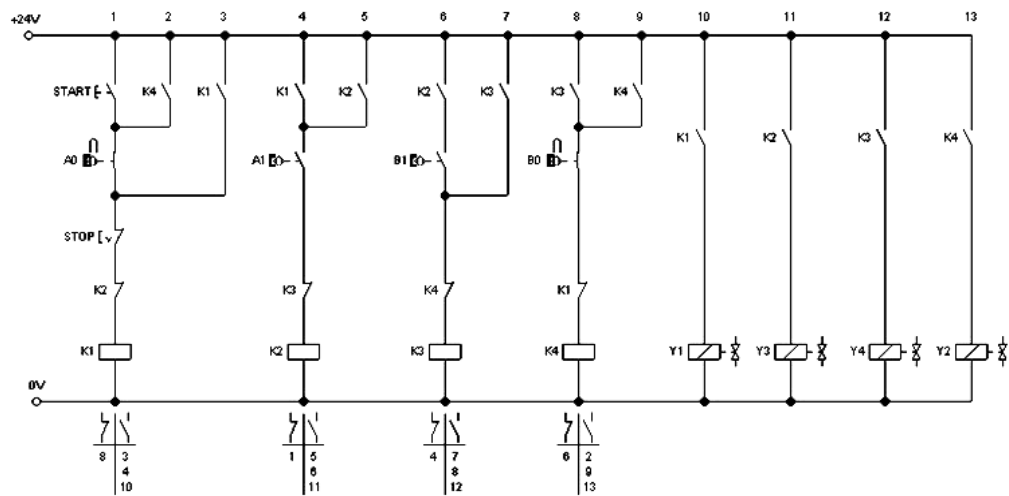


Gambar 16d. Rangkaian Kontrol Relay Langkah 4

Langkah 5



Gambar 16e. Rangkaian Kontrol Relay Langkah 5



Gambar 16f. Rangkaian Kontrol Relay Langkah 6

Pertanyaan: Apabila rangkaiannya dibuat seperti Gb. 2.15f, maka bagaimanakah siklus sekuense yang terjadi?

D. Aktivitas Pembelajaran

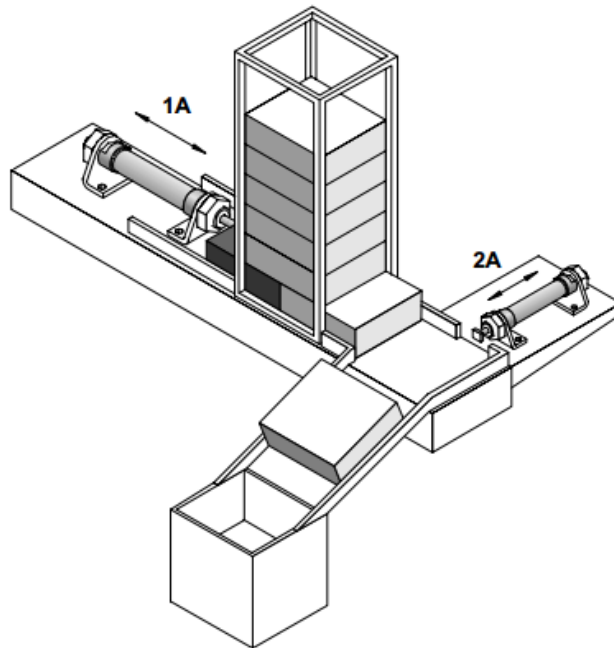
Proses pembelajaran akan dilakukan untuk guru yang mengikuti pengembangan bidang profesional untuk semua jenjang dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan ilmiah (saintifik). Langkah-langkah pendekatan ilmiah (scientific approach) dalam proses pembelajaran meliputi menggali informasi melalui pengamatan, bertanya, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi dilanjutkan dengan menganalisis, menalar, kemudian menyimpulkan, dan mencipta. Pada buku ini, seluruh materi yang ada pada setiap kompetensi dasar diupayakan sedapat mungkin diaplikasikan secara prosedural sesuai dengan pendekatan ilmiah.

Peserta didik melakukan perencanaan dan pembuatan program seperti gambar kerja yang telah disediakan dan mengembangkannya sendiri.

E. Latihan/ Kasus /Tugas

Tugas

Perhatikan gambar ilustrasi berikut:



Gambar 17. Ilustrasi Pemindahan barang

Sistem kontrol koordinat (X-Y) dengan kondisi pergerakan seperti gambar di atas. Gambar ilustrasi tersebut menggambarkan sebuah mesin pendorong untuk mendorong benda yang berada di blok tempat penampungan yang akan dipindahkan ke tempat penyimpanan. Pertanyaan:

- Gambarkan diagram step displacement
- Gambarkan diagram rangkaian pneumatik dan rangkaian kelistrikannya
- Gambarkan diagram pelaksanaan desain sirkuit pneumatik dan listrik
- Berikan daftar komponen yang dibutuhkan pada rangkaian pneumatik
- Berikan daftar komponen yang dibutuhkan pada rangkaian kelistrikan

Deskripsi tugas

Blok didorong keluar dari satu tempat penampungan oleh silinder 1A dan dipindahkan ke tempat penyimpanan yang digerakkan oleh silinder 2A. Piston batang silinder 2A hanya akan kembali ketika batang piston silinder 1A telah mencapai posisi akhir dan hal ini akan dilakukan pengulangan kembali. Tumpukan benda ini dipantau dengan menggunakan limit switch. Jika tidak ada lagi blok di tempat penampungan, maka untuk sementara siklus akan dihentikan. Hal ini ditunjukkan dengan cara adanya suara sinyal. Sistem kontrol untuk pengoperasian dilakukan dengan siklus tunggal.

F. Rangkuman

Pada dasarnya komponen pneumatik yang dilengkapi dengan relay dapat dikategorikan ke dalam elektro-pneumatik. Jika dilihat secara umum ada perbedaan yang mendasar antara pneumatik dengan elektro-pneumatik. Tabel berikut ini memperlihatkan perbedaan antara pneumatik dan elektro pneumatik.

Tabel 2. Perbedaan pneumatik dan elektro-pneumatik

PART	PNEUMATIK	ELEKTRO-PNEUMATIK
Actuating Device (output)	Cylinder	Cylinder
Processing element (processor signal)	Valve	Solenoid valve
Input elements (input signal)	Pneumatikal Limit Switch	Electrical limit switch
Energy Supply (source)	Compressor	Compressor, Voltage supply

Dengan adanya perbedaan dari pneumatik dan elektro-pneumatik, pasti ada pula keuntungan dan kekurangan dari pneumatik dan elektro-pneumatik. Adapun perbandingan pneumatik dengan elektro-pneumatik sebagai berikut:

PNEUMATIK	ELEKTRO-PNEUMATIK
Variasi rangkaian terbatas	Lebih banyak variasi rangkaian
Tidak perlu menggunakan listrik	Memerlukan supply listrik
Butuh converter agar dapat dikendalikan oleh PLC dan mikroprosesor	Tidak butuh converter agar dapat dikendalikan melalui PLC dan mikroprosesor
Sistem kontrol sederhana	Sistem control lebih canggih

- Pada hakekatnya sistem kontrol merupakan suatu upaya yang dilakukan secara sistematis untuk memecahkan masalah-masalah di bidang otomasi proses manufaktur. Jadi sistem kontrol merupakan sebuah proses pemecahan masalah (problem solving) otomasi. Para pengguna (user) harus memulai proses problem solving dengan mendefinisikan control task, yakni menentukan *what needs to be done?*. Informasi ini akan memberikan pondasi dan landasan untuk pembuatan kontrol program.
- Bila saat ini aktivitas control task dilakukan secara manual atau menggunakan sistem kontrol berbasis hard wired control (relay logic), maka programmer (user) harus mereview urutan langkah (step) dari sistem manual tersebut termasuk aktivitas pengembangannya bila ada. Walaupun sistem berbasis hard wired dapat diubah secara langsung ke sistem berbasis PLC, tetapi step sequence-nya harus di re-disain, bila memungkinkan, untuk melihat kebutuhan plant saat ini dan untuk membuat kapitalisasi penerapan sistem berbasis programmable controller

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik

Sudahkah anda mampu:

- Mengidentifikasi elemen kontrol elektropneumatik
- Mengenai simbol pneumatik dan elektrik pada sistem elektropneumatik
- Membaca diagram kontrol elektropneumatik
- Membuat diagram kontrol elektropneumatik
- Membuat rancangan sistem kontrol elektropneumatik

Tindak Lanjut

- Siswa dapat mengaplikasikan kontrol elektropneumatik dengan relay sesuai gambar kerja

Kegiatan Pembelajaran 3

Perancangan Program PLC Pada Rangkaian Pneumatik

A. Tujuan

1. Peserta diklat dapat membuat rancangan program PLC sesuai dengan kebutuhan
2. Peserta diklat dapat membuat rancangan program pneumatik sesuai dengan kebutuhan
3. Peserta diklat dapat membuat rancangan program PLC pada rangkaian pneumatik berdasarkan permintaan kebutuhan

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Hasil Rancangan Program PLC pada rangkaian pneumatik sesuai dengan permintaan kebutuhan.

C. Uraian Materi

Pada dasarnya rangkaian pneumatik dapat dianalogikan terhadap rangkaian logika, sebab program pada PLC menganut rangkaian logika baik secara ladder diagram maupun secara diagram blok logika.

Contoh-contoh rangkaian logika dianalogikan dengan pneumatik dapat direalisasikan dalam uraian berikut.

1. Realisasi Fungsi Logika Dasar dengan Pneumatik

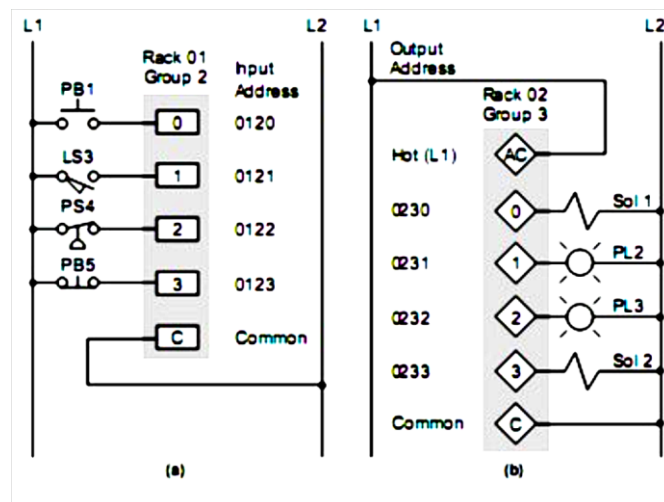
Pada dasarnya sistem kontrol otomatis secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu sistem kontrol diskrit (berbasis data diskrit) dan kontrol

kontinu (berbasis data kontinu). Untuk memberikan gambaran tentang sistem kontrol otomatis, berikut ini diberikan spektrum sistem kontrol.

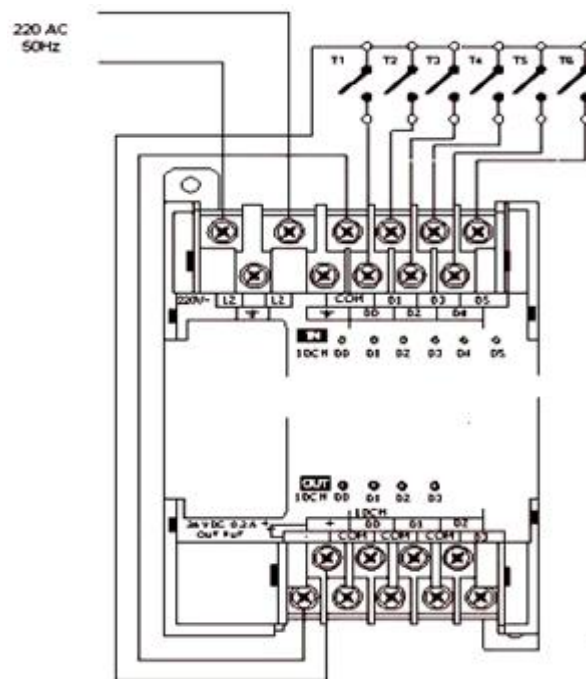
Dalam sistem kontrol diskrit terbagi menjadi dua kategori, yaitu sistem kontrol kondisional dan sistem kontrol sekuensial. Sistem kontrol kondisional dibedakan menjadi dua kategori, yaitu *Boolean system* dan *Expert system*. Sistem kontrol sekuensial terbagi menjadi dua kategori yaitu temporal berbasis waktu dan berbasis kejadian (*event base*). Sistem kontrol sekuensial banyak diterapkan pada sistem manufaktur dan proses di Industri. Hampir 90 % sistem otomatisasi manufaktur dan proses produksi di industri menerapkan sistem kontrol sekuensial. Data diskrit pada sistem ini berupa sinyal diskrit yang diperoleh dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh berbagai piranti deteksi, seperti limit switch, thermostat, pressure switch, float switch, dll. Besaran sinyal pengukuran yang dilakukan oleh berbagai piranti deteksi tersebut berupa sinyal digital yang hanya memberikan dua kemungkinan yaitu High atau Satu dan Low atau nol atau dalam istilah lain On dan Off.

Sistem kontrol berbasis data diskrit ini secara tradisional dilakukan dengan menggunakan piranti elektromekanik seperti rele, timer dan sequencer. Pada kendali otomatis berbasis rele ini, maka sirkit kendali dilakukan secara Hard wired dan bila logika kendali akan dirubah fungsinya maka harus dilakukan pengawatan ulang. Untuk mengatasi masalah fleksibilitas ini, maka dikenalkan sistem otomatisasi baru berbasis Programmable Controller, dengan PLC sebagai kendali utamanya. PLC merupakan microprocessor-based process-control computer yang dapat dihubungkan langsung dengan piranti eksternal seperti saklar, tombol tekan, motor, rele, dan solenoid.

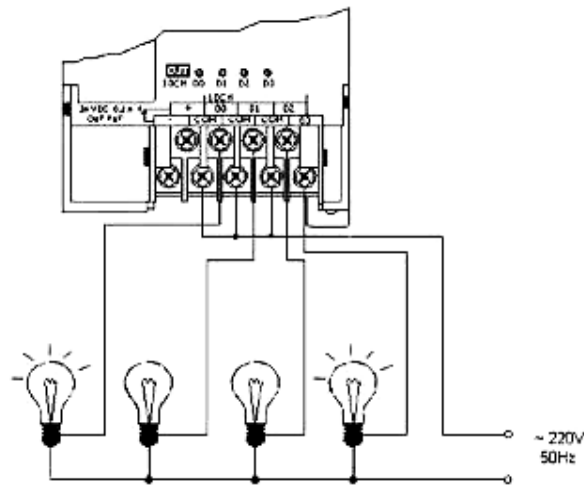
Piranti I/O interface PLC yang digunakan pada sistem kontrol berbasis data diskrit ini adalah digital input interface (DI), dan digital output interface (DO). Sistem pengawatan untuk piranti DI dan DO diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 18. Wiring piranti Input/Output berbasis data diskrit

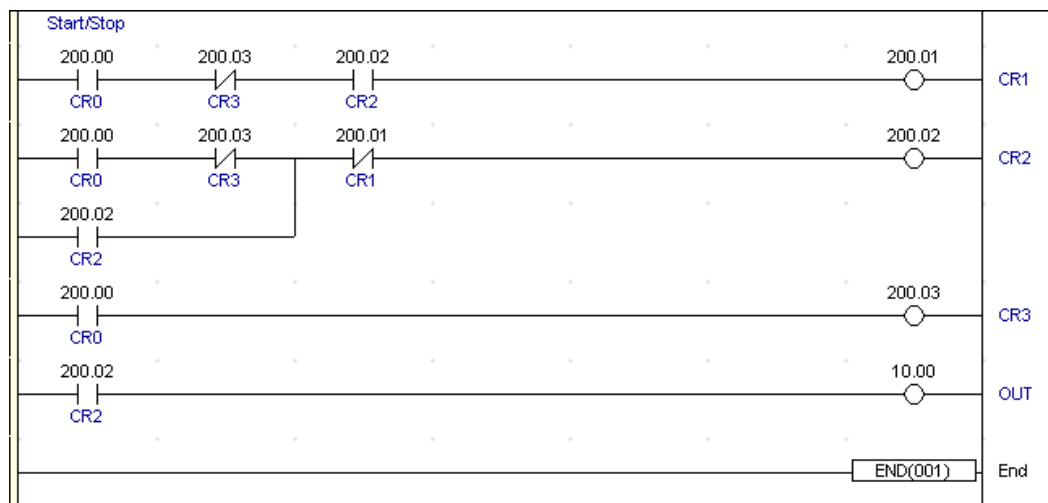


Gambar 19. Wiring piranti Input Diskrit PLC Dengan DC Voltage

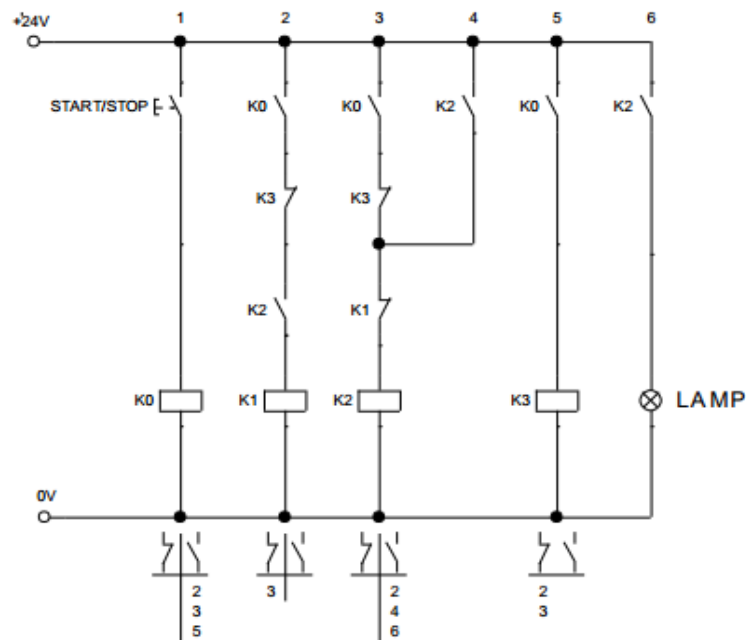


Gambar 20. Wiring Piranti output diskrit PLC dengan AC Voltage

Selain sistem kontrol otomatis berbasis PLC kita juga dapat mengimplementasikan sistem kontrol berbasis relai. Pada implementasi dengan PLC kita membuat program kontrol sedangkan pada sistem kontrol berbasis relai kita terlebih dahulu membuat diagram control. Gambaran Program kontrol dan diagram kontrol adalah sebagai berikut :



Gambar 21. Program kontrol PLC fungsi Start/Stop menggunakan sebuah Pushbutton



Gambar 22. Diagram kontrol Relai fungsi Start/Stop menggunakan sebuah Pushbutton

2. Sistem Kontrol Berbasis Data Kontinyu

Sistem kontrol kontinyu juga terbagi menjadi dua, yaitu sistem kontrol linier dan sistem kontrol non-linier. Sistem kontrol kontinyu ini menggunakan I/O Analog. Sistem kontrol kontinyu ini banyak digunakan pada control proses manufaktur.

Pada hakekanya sistem kontrol merupakan suatu upaya yang dilakukan secara sistematis untuk memecahkan masalah-masalah di bidang otomasi proses manufaktur. Jadi sistem kontrol merupakan sebuah proses pemecahan masalah (problem solving) otomasi. Para pengguna (user) harus memulai proses problem solving dengan mendefinisikan control task, yakni menentukan what needs to be done ?. Informasi ini akan memberikan fondasi dan landasan untuk pembuatan kontrol program.

Bila saat ini aktivitas control task dilakukan secara manual atau menggunakan sistem kontrol berbasis hard wired control (relay logic), maka programmer (user) harus mereview urutan langkah (step) dari sistem manual tersebut termasuk aktivitas pengembangannya bila ada. Walaupun sistem

berbasis hard wired dapat diubah secara langsung ke sistem berbasis PLC, tetapi step sequence-nya harus di re-disain, bila memungkinkan, untuk melihat kebutuhan plant saat ini dan untuk membuat kapitalisasi penerapan sistem berbasis programmable controller.

Setelah control task selesai didefinisikan, maka perancangan proyek untuk membuat solusi cerdas dapat dimulai. Prosedur ini lazimnya mencakup penentuan *control strategy*, dan urutan langkah (*step-sequence*) yang diinginkan. Urutan step harus dapat dipenuhi oleh control program untuk menghasilkan *output control* yang diinginkan. Kegiatan pengembangan ini lazim disebut juga sebagai pengembangan algoritma.

Strategi implementasi kontrol baik menggunakan PLC maupun relai logic untuk memenuhi control task yang diinginkan mengikuti tata cara tersebut berdasarkan Algoritma Kontrol. Dengan adanya urutan langkah yang logis dan sistematis (algoritma), maka memudahkan programmer (user) untuk membangun sistem kontrol. Dalam hal ini programmer harus dapat menterjemahkan control algoritma melalui serangkaian penerapan instruksi (Basic and advance instruction) untuk mengimplementasikan program kontrol.

Teknik yang digunakan untuk membangun kontrol program bervariasi sesuai kreatifitas programmer. Walaupun begitu, para programmer harus mengikuti salah satu cara yang lazim digunakan orang.

Berikut ini diberikan pedoman yang lazim dilakukan banyak programmer ketika harus membuat desain baru atau membuat modifikasi suatu manufactured plant.

Merancang Sistem (*Manufactured Plant*)

- Memahami fungsi sistem
- Me-review kemungkinan penggunaan metode kontrol tertentu dan untuk optimalisasi proses produksi.
- Membuat flowchart (algoritma) untuk proses operasi yang diinginkan.

- Mengimplementasikan flowchart dengan menerapkan relai logic diagram atau ladder diagram.
- Menentukan internal interface addresses, dan operator interface addresses.
- Menterjemahkan algoritma kontrol (control algorithm) ke dalam sistem pengkodean PLC atau step-sequential control berbasis relai.

Memodifikasi Sistem (*Manufactured Plant*)

- Memahami actual process atau fungsi mesin
- Me-review operasi mesin dan upaya optimalisasinya.
- Menentukan internal interface addresses, dan operator interface addresses.
- Menterjemahkan algoritma kontrol (control algorithm) ke dalam sistem pengkodean PLC atau step-sequential control berbasis relai.

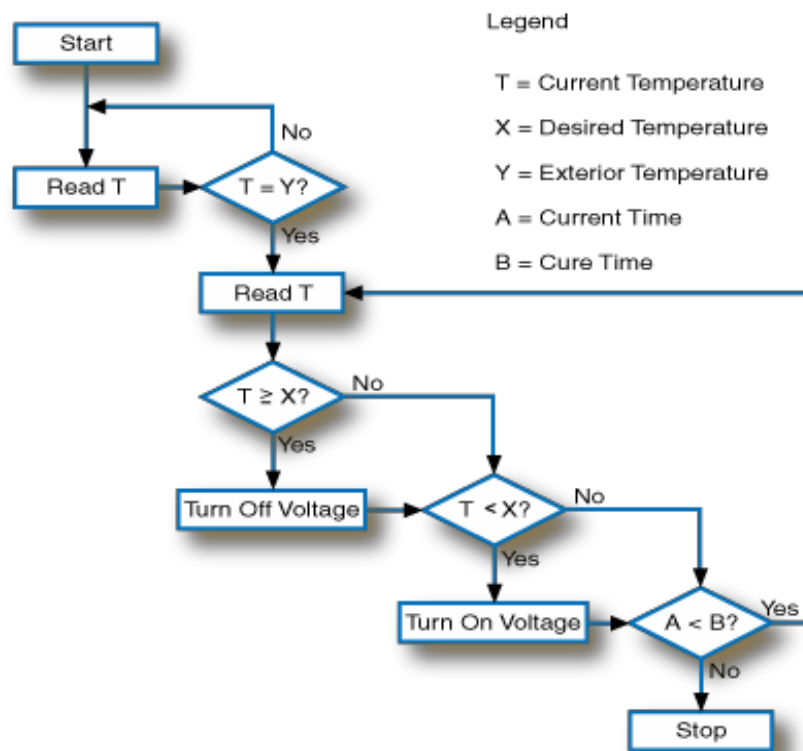
Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, bahwa pemahaman proses atau operasi mesin merupakan langkah awal di dalam pendekatan sistematis untuk menyelesaikan masalah-masalah kontrol.

3. Organisasi Program

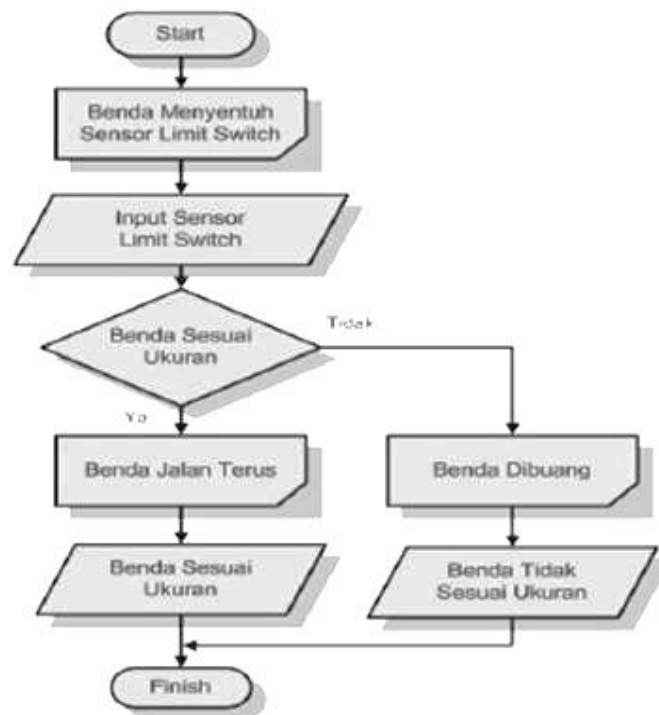
Organisasi merupakan kata kunci ketika melakukan pemrograman dan mengimplementasikan suatu solusi masalah kontrol. Semakin besar permasalahan kontrol semakin besar pula organisasi yang diperlukan, terutama bila melibatkan sekelompok personil. Keberhasilan sebuah solusi masalah kontrol tergantung juga pada kemampuan mengimplementasikannya. Seorang programmer ataupun teknisi /pelaksana di bidang control, harus memahami prinsip kerja sistem secara keseluruhan, mampu memilih komponen dengan benar (hardware and software), dan memilih piranti kontrol yang digunakan. Begitu persyaratan awal ini dipenuhi, maka programmer dapat memulai dengan membuat sketsa untuk membuat control program maupun diagram kontrol.

4. Merancang Algoritma Kontrol

Untuk menyatakan suatu algoritma kontrol dapat digunakan beberapa cara. Selain flowchart ada beberapa cara lain yaitu :timing diagram, logic gate diagram, state diagram atau bentuk lain yang sangat populer yakni ladder diagram. Logic gate mengimplementasikan sequence logika output melalui penerapan gerbang-gerbang logika, sedangkan ladder diagrammelalui simbologi elemen-elemen grafis berupa contact dan coil, yang secara langsung mengimplementasikan logika tersebut untuk mengekseskusi output. Gambar 23 memperlihatkan sebuah algoritma kontrol furnance system berbasis flowchart.



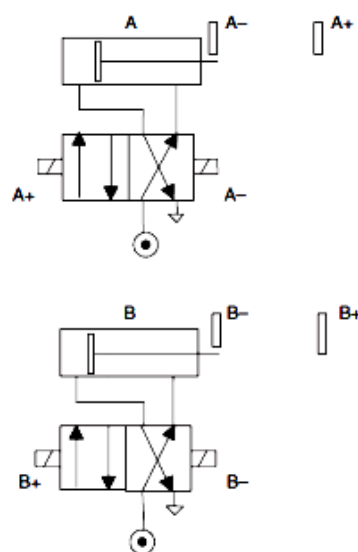
Gambar 23. Flowchart for contoh Furnace



Gambar 24. FlowchartSorting system

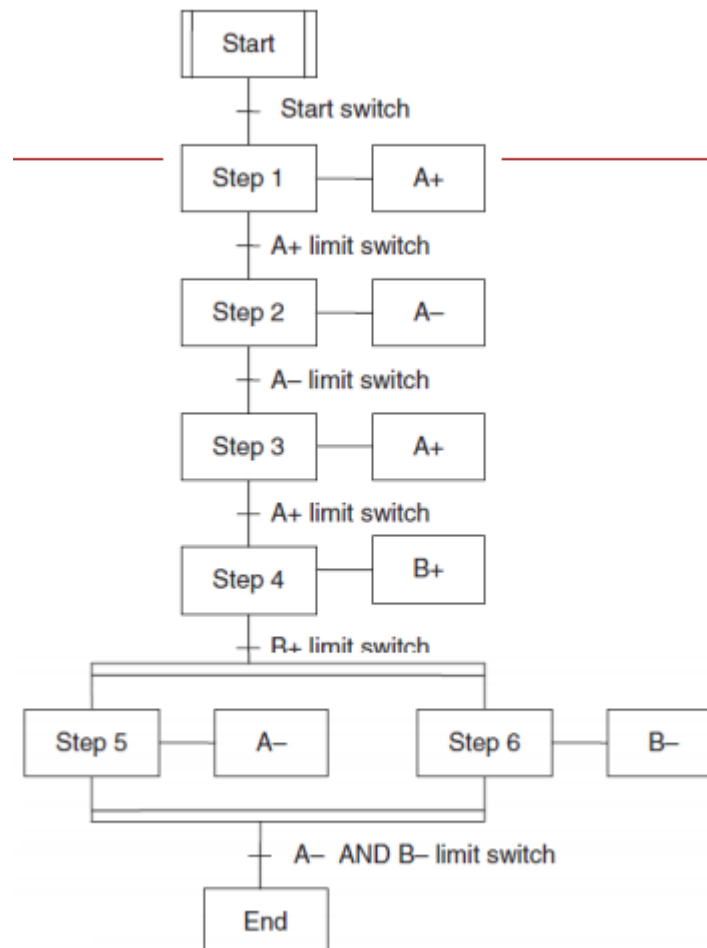
5. Contoh Perancangan program pneumatik

Gambar 3.8. berikut ini, rancanglah gambar rangkaian pneumatik sesuai dengan urutan A+, A-, A+, B+, A-, B-



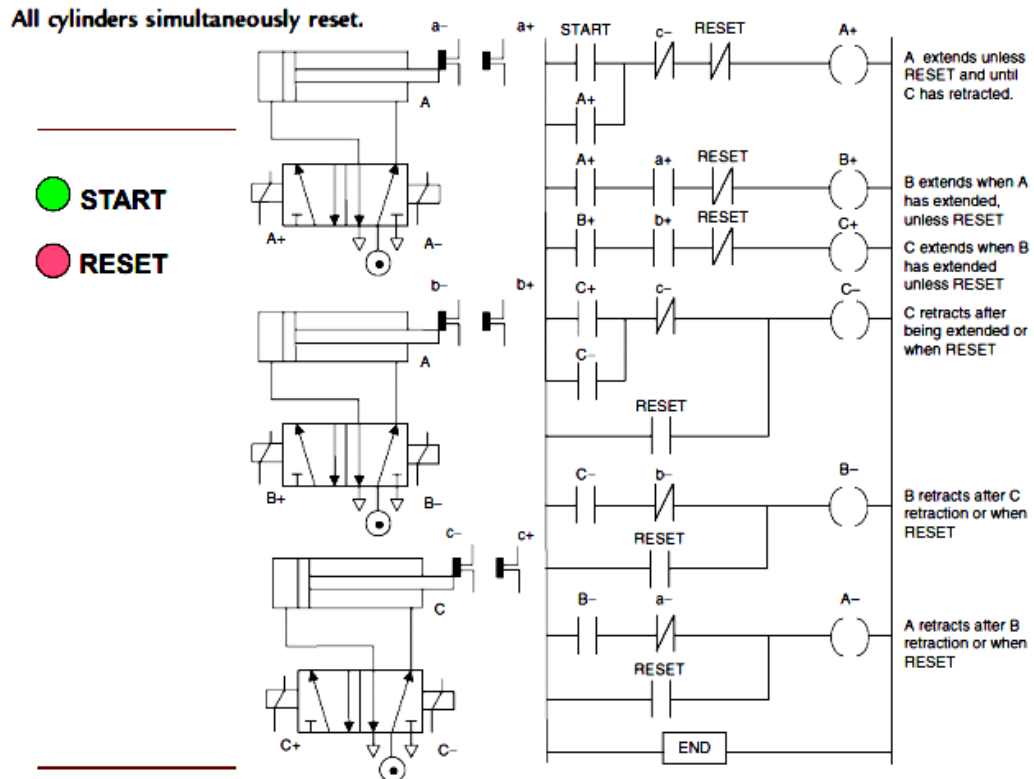
Gambar 25. Perancangan rangkaian squensial A+, A-, A+, B+, A-, B-

Flow chart hasil rancangan:



Gambar 26. Flowchart hasil rancangan

Hasil rancangan ladder diagram



Gambar 27. Ladder diagram hasil rancangan

D. Aktivitas Pembelajaran

Proses pembelajaran akan dilakukan untuk guru yang mengikuti pengembangan bidang profesional untuk semua jenjang dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan ilmiah (saintifik). Langkah-langkah pendekatan ilmiah (scientific approach) dalam proses pembelajaran meliputi menggali informasi melalui pengamatan, bertanya, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi dilanjutkan dengan menganalisis, menalar, kemudian menyimpulkan, dan mencipta. Pada buku ini, seluruh materi yang ada pada setiap kompetensi dasar diupayakan sedapat mungkin diaplikasikan secara prosedural sesuai dengan pendekatan ilmiah.

Peserta diklat melakukan perencanaan dan pembuatan program seperti gambar kerja yang telah disediakan dan mengembangkannya sendiri.

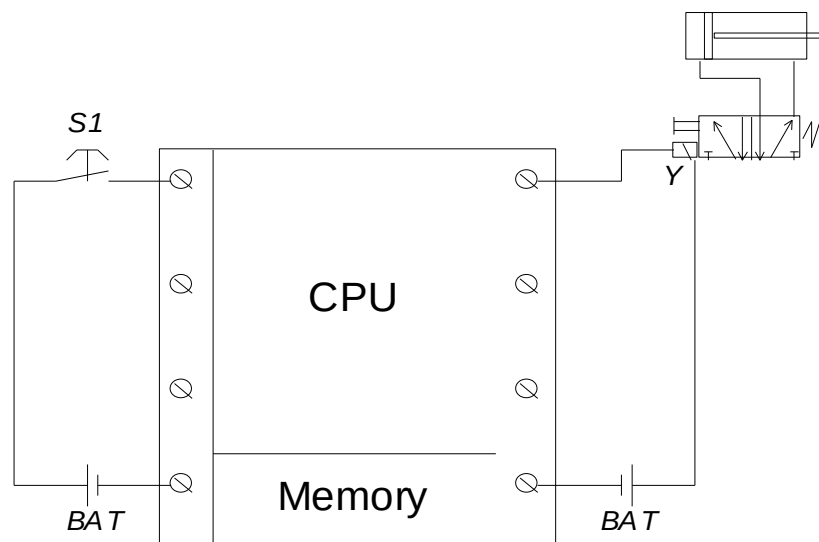
E. Latihan/Kasus/Tugas

Tugas. PLC Pneumatik

Mempergunakan satu peralatan, katup pada pipa akan dibuka dan ditutup dengan mempergunakan sebuah silinder kerja ganda . Katup dibuka dengan menekan tombol S1, dan ditutup dengan melepas tombol S1. Silinder kerja ganda dikontrol dengan menggunakan katup single solenoid.

- Buatkan rangkaian lengkap dengan elektro pneumatik berikut dengan PLC
- Buatlah diagram laddernya
- Operasikan sirkuit pneumatik tersebut dengan PLC anda.

Gunakan FluidSim untuk simulasinya



Gambar 28. Soal latihan

F. Rangkuman

Sistem kontrol elektropneumatik dikembangkan secara individu dan dirancang khusus untuk suatu proyek tertentu. Pengembangan dari sistem kontrol ini meliputi :

- Perancangan proyek (persiapan rencana dan dokumen yang diperlukan).
- Pemilihan dan konfigurasi perlengkapan kelistrikan dan pneumatik.
- Implementasi (dalam pembuatan dan uji coba serah terima).

Implementasi sistem kontrol elektropneumatik, mensyaratkan :

- Memperoleh semua komponen yang diperlukan.
- Memasang sistem kontrol.
- Memprogram/Programming (apabila menggunakan PLC).
- Uji coba serah terima sistem kontrol.

Item-item berikut ini harus diperoleh sebelum memasang sistem kontrol tersebut :

- Diagram rangkaian lengkap dan diagram terminal.
- Semua komponen kelistrikan dan pneumatik sesuai dengan yang tercantum pada daftar suku cadang

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik

Sudahkah anda mampu:

- Mengidentifikasi elemen kontrol PLC
- Mengenal simbol diagram I/O pada PLC
- Membaca diagram kontrol PLC
- Membuat diagram kontrol PLC
- Membuat rancangan sistem kontrol PLC
- Mengidentifikasi elemen kontrol elektropneumatik
- Mengenal simbol pneumatik dan elektrik pada sistem elektropneumatik
- Membaca diagram kontrol elektropneumatik

- Membuat diagram kontrol elektropneumatik
- Membuat rancangan sistem kontrol elektropneumatik

Tindak Lanjut

- Peserta diklat dapat merancang program PLC dengan sistem kontrol elektropneumatik sesuai dengan kebutuhan

Kegiatan Pembelajaran 4

Mengkomisioning Rangkaian Pneumatik Dengan Kontrol Plc Berdasarkan Hasil Rakitan

A. Tujuan

1. Peserta didik dapat merakit rangkaian pneumatik sesuai dengan prosedur rakitan
2. Peserta didik dapat merakit kontrol PLC sesuai dengan prosedur rakitan
3. Peserta didik dapat mengkombinasikan antara rangkaian pneumatik dan kontrol PLC sesuai dengan prosedur rakitan

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Rakitan kontrol PLC dan rangkaian Pneumatik sesuai dengan prosedur rakitan.

C. Uraian Materi

1. Mengkomisioning Rangkaian Pneumatik

Pekerjaan Instalasi rangkaian pada PLC maupun elektro pneumatik yang telah selesai dikerjakan dan akan dioperasikan, tidak boleh langsung dijalankan/dioperasikan. Namun sebelum dan pada saat akan dioperasikan harus diyakini terlebih dahulu bahwa instalasi rangkaian pada PLC maupun elektro pneumatik benar-benar aman untuk dioperasikan. Untuk meyakini bahwa rangkaian pada PLC maupun elektro pneumatik tersebut benar-benar aman dioperasikan, keberadaannya harus telah memenuhi ketentuan dan persyaratan teknis yang ditentukan. Apakah rangkaian pada PLC maupun elektro pneumatik telah memenuhi ketentuan dan persyaratan teknis yang ditentukan, perlu dilakukan pemeriksaan dan pengujian atau disebut Testing dan Komisioning.

Testing dan Komisioning (*Commissioning test*) adalah serangkaian kegiatan pemeriksaan dan pengujian instalasi kelistrikan pada rangkaian elektro pneumatik yang telah selesai dikerjakan dan hendak dioperasikan. Dengan hasil pemeriksaan dan pengujian yang baik, maka diyakini bahwa rangkaian PLC dan elektro pneumatik aman pada saat dioperasikan, yaitu aman bagi manusia, peralatan, dan aman bagi instalasi itu sendiri.

1.1. Pemeriksaan

Pemeriksaan merupakan bagian dari testing dan komisioning, dengan cara melihat langsung terhadap material/peralatan/barang maupun konstruksi rangkaian PLC dan elektro pneumatik yang telah terpasang, secara kasat mata dan tanpa melalui alat/peralatan bantu. Misalnya peralatan PLC maupun peralatan elektro pneumatik sudah diletakkan sesuai dengan posisinya, kemudian peralatan pendukung seperti pengawatan dan selang penghubung dari pneumatik sudah terpasang dengan erat dan benar.

Secara umum ada dua jenis pemeriksaan yaitu: pemeriksaan sifat tampak (Visual check) dan pemeriksaan pemasangan (konstruksi).

Pemeriksaan Sifat Tampak:

- Pemeriksaan item per item material /barang/alat yang telah terpasang (peralatan PLC maupun peralatan elektro pneumatik dan peralatan pendukung seperti pengawatan dan selang penghubung dari pneumatik).
- Untuk mengetahui apakah perlengkapan yang dipasang telah sesuai dengan gambar kerja.
- Melihat, apakah semua perlengkapan dalam kondisi baik, secara fisik tidak ada kelalaian, tidak cacat fisik, dan lain-lain.

1.2. Pemeriksaan pemasangan:

- Pemeriksaan rangkaian (Konstruksi) selang-selang untuk valve sudah terpasang dengan erat dan benar, pengawatan pada rangkaian PLC yang telah terpasang sesuai dengan gambar kerja.

- Pemeriksaan yang terkait dengan sumber listrik (Power Supply), pastikan semua kabel penghubung sudah sesuai dengan gambar kerja.

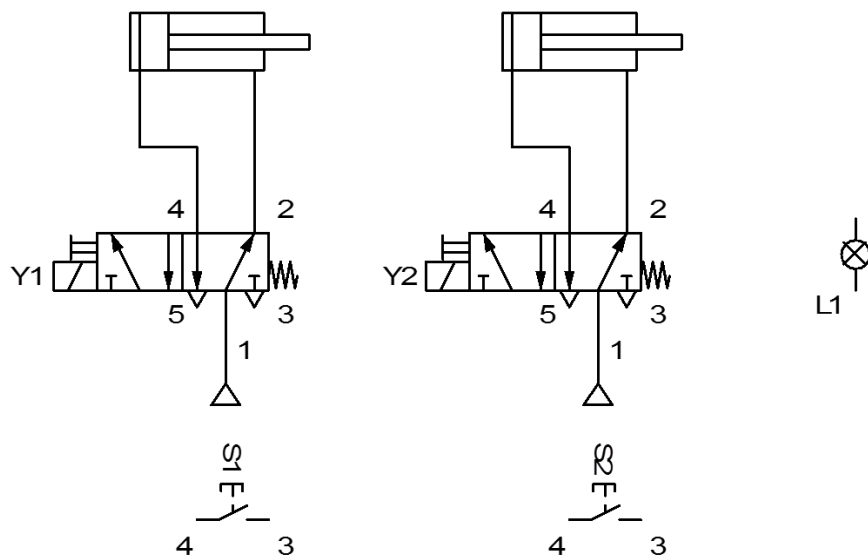
1.3. Pengujian

Pengujian merupakan bagian dari testing dan komisioning, dimana untuk dilihat dengan kasat mata tidak bisa dilakukan. Beberapa jenis pengujian antara lain: pengujian per komponen yang dipakai, pengujian atau pengukuran kabel penghubung ke sumber listrik, pengujian tegangan, dan pengujian sistem pengaman.

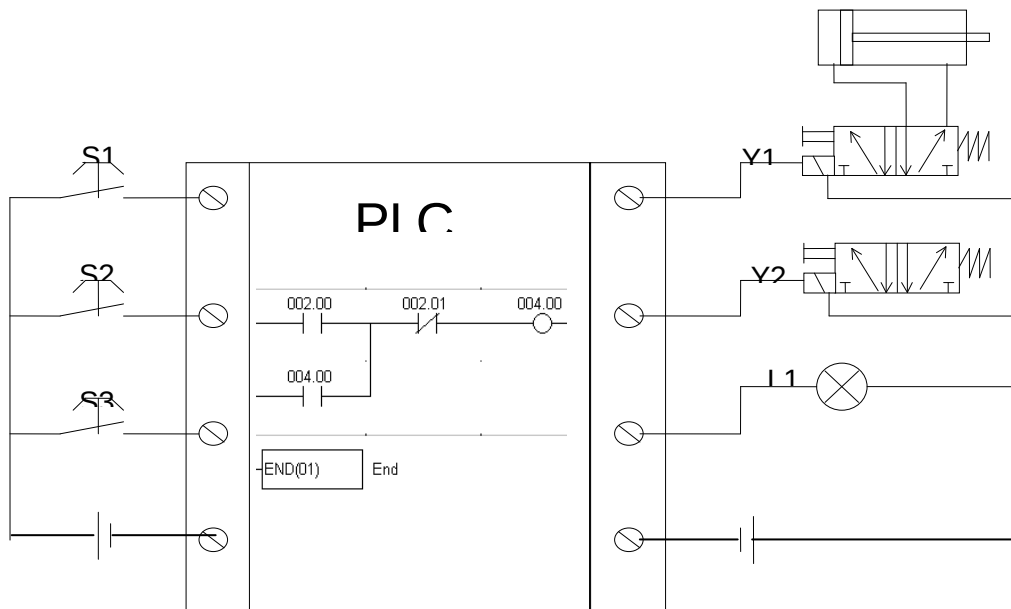
2. Menginstal Input dan Output Pneumatik Ke Dalam PLC

Langkah-langkah menginstal pneumatic kedalam PLC

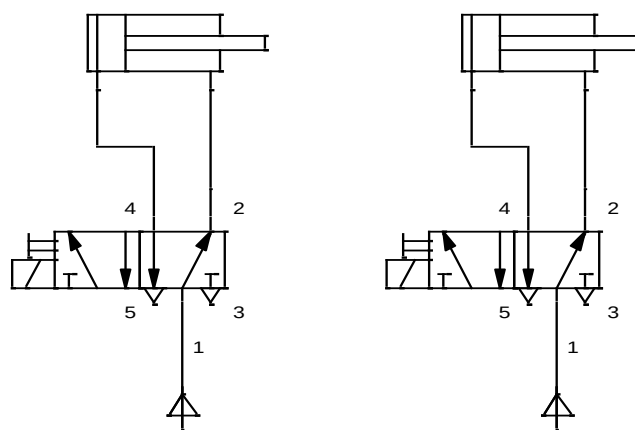
- Identifikasi banyaknya input dan output pada PLC
- Identifikasi alamat input luar dan alamat output luar PLC
- Identifikasi jenis input dan output pada PLC
- Identifikasi kemampuan arus output PLC beban tidak boleh sama atau melebihi kemampuan arus output
- Gunakan ON/OFF komponen secara manual, indicator INPUT harus mengikuti ON/OFF dari komponen tersebut
- Gunakan prosedur FORCE SET/RESET dari PLC, output untuk memastikan alamat output yang kita inginkan.



Gambar 29. Diagram rangkaian pneumatik yang akan dikorelasikan dengan diagram ladder



(a)



(b)

Gambar 30. Skema instalasi pemasangan hardware PLC pada rangkaian pneumatik

Pada pemasangan rangkaian instalasi pneumatik dengan PLC harus memperhatikan terminal input dan output dari PLC. Sementara pada desain software harus memperhatikan lokasi alamat input maupun output pada program.

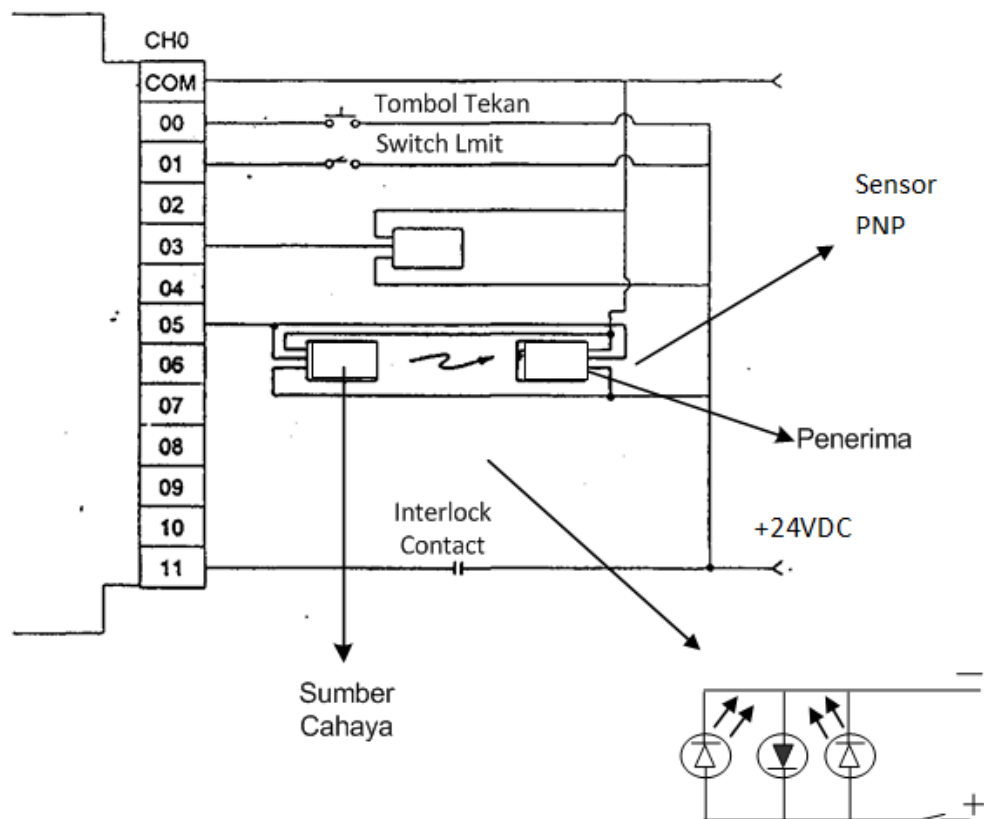
Untuk lebih jelasnya alokasi input dan output pada program perhatikan Tabel 3. berikut ini.

Tabel 3. Alokasi Input dan Output pada PLC (Omron) dan Pneumatik

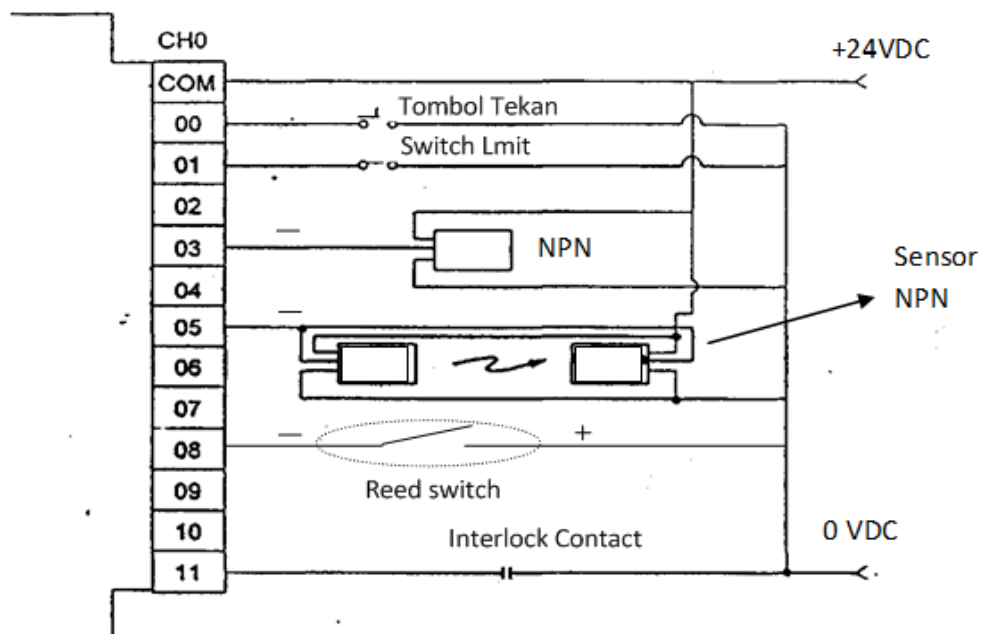
Alamat input	Keterangan
00000	S1 (Start), tombol tekan
00001	S2 (Stop), tombol tekan
00002	S3 (tidak digunakan)

Alamat ouput	Keterangan
01001	Y1 (katub solenoid tunggal 5/2)
01002	Y2 (Katub solenoid tunggal 5/2)
01003	L1 (lampu indicator maju)

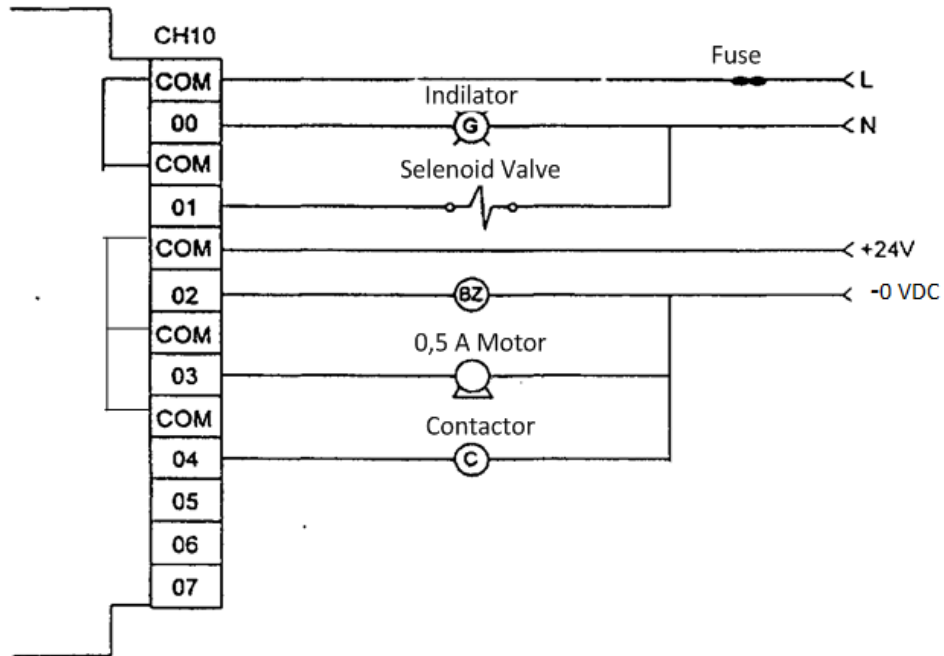
Didalam penerapan dilapangan sering kita jumpai bermacam-macam sensor yang terpasang terhadap silinder pneumatik atau terhadap bagian-bagian mesin lainnya dan untuk pemasangan output sensor ke input PLC harus diperhatikan jenis input PLC dan jenis output sensor karena kita ketahui ada dua jenis type sensor PNP atau NPN untuk mengetahui cara pemasangannya perhatikan gambar dibawah ini.



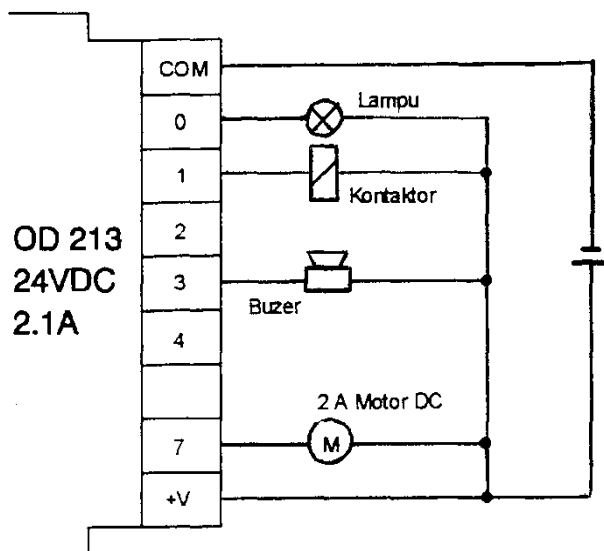
Gambar 31. Cara pemasangan input positif dengan sensor PNP dan reed switch



Gambar 32. Cara pemasangan input negatif dengan sensor NPN dan Reed switch



Gambar 33. Cara pemasangan output coil dapat kita gunakan tegangan AC atau DC



Gambar 34. Cara pemasangan output positif jenis transistor

3. Mengoperasikan Sirkuit Pneumatik Dengan PLC

3.1. Persiapan Pengoperasian

Setelah selesai merakit atau menginstal PLC ke dalam sirkuit pneumatik dan sebelum kita mengoperasikannya perlu dilakukan hal-hal berikut:

- Periksa posisi dan pengikatan semua komponen, apakah sudah cukup kuat dan benar kedudukannya.
- Periksa semua sambungan pneumatik, apakah sudah cukup kuat dan pastikan tidak akan ada yang lepas.
- Periksa sambungan/pemasangan kabel-kabel listrik, pastikan bahwa pengikatan cukup kuat dan tidak salah terminal.
- Periksa tekanan udara kempa pada tangki udara apakah sudah memenuhi syarat
- Periksa regulator pengatur suplai udara ke sistem, apakah tekanan suplai udara sesuai dengan ketentuan.

Apabila semuanya sudah sesuai dengan ketentuan maka operasikanlah sirkuit pneumatik.

3.2. Mengoperasikan sirkuit pneumatik kendali PLC.

- Buka katup suplai udara, maka udara kempa akan siap pada posisi-posisi kerja.
- Tekan tombol start, maka sirkuit pneumatik akan segera beroperasi.
- Amati jalannya sirkuit apakah sudah sesuai dengan desain yang direncanakan.
- Apabila telah sesuai dengan desain, teruskan beroperasi.
- Apabila belum sesuai maka hentikanlah jalannya sirkuit, kemudian perbaikilah sesuai dengan gambar rancangan

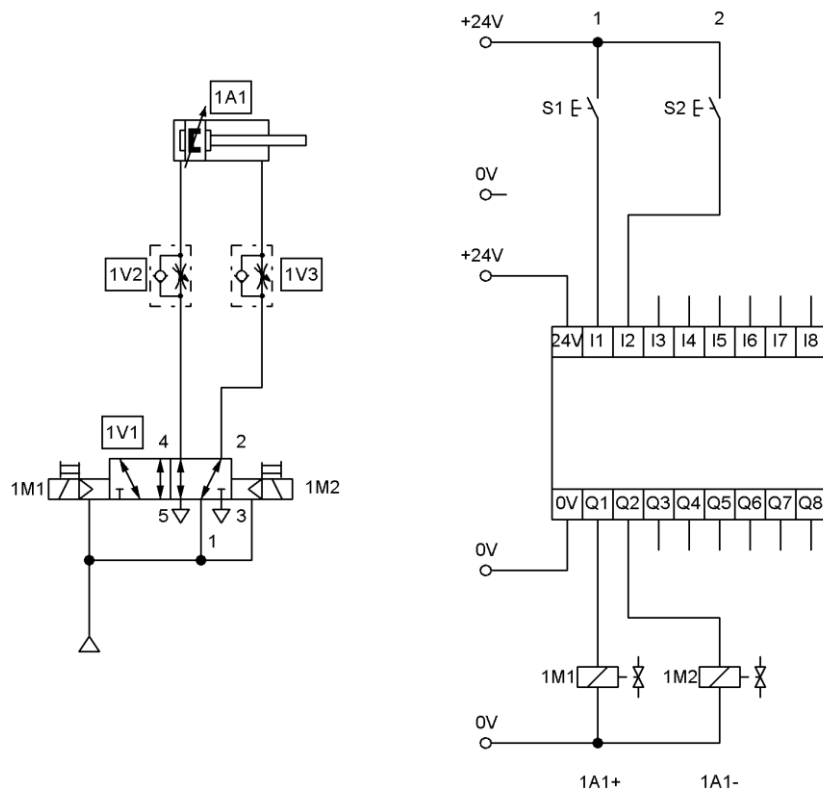
D. Aktivitas Pembelajaran

Proses pembelajaran pada menggunakan pendekatan ilmiah (saintifik). Langkahlangkah pendekatan ilmiah (scientific appoach) dalam proses pembelajaran meliputi menggali informasi melaui pengamatan, bertanya, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi, menyajikan data atau informasi, dilanjutkan dengan menganalisis, menalar, kemudian menyimpulkan, dan mencipta. Seluruh materi yang ada pada setiap materi diupayakan sedapat mungkin diaplikasikan secara prosedural sesuai dengan pendekatan ilmiah.

Langkah awal untuk mempelajari materi adalah dengan melakukan pengamatan (observasi). Keterampilan melakukan pengamatan dan mencoba menemukan hubungan-hubungan yang diamati secara sistematis merupakan kegiatan pembelajaran yang sangat aktif, inovatif, kreatif dan menyenangkan. Dengan hasil pengamatan ini, berbagai pertanyaan lanjutan akan muncul. Dengan melakukan penyelidikan dan latihan lanjutan, peserta diklat akan memperoleh pemahaman yang makin lengkap tentang masalah yang kita amati. Dalam kegiatan pembelajaran ini peserta diklat lebih banyak untuk latihan menggunakan software simulasi FluidSim.

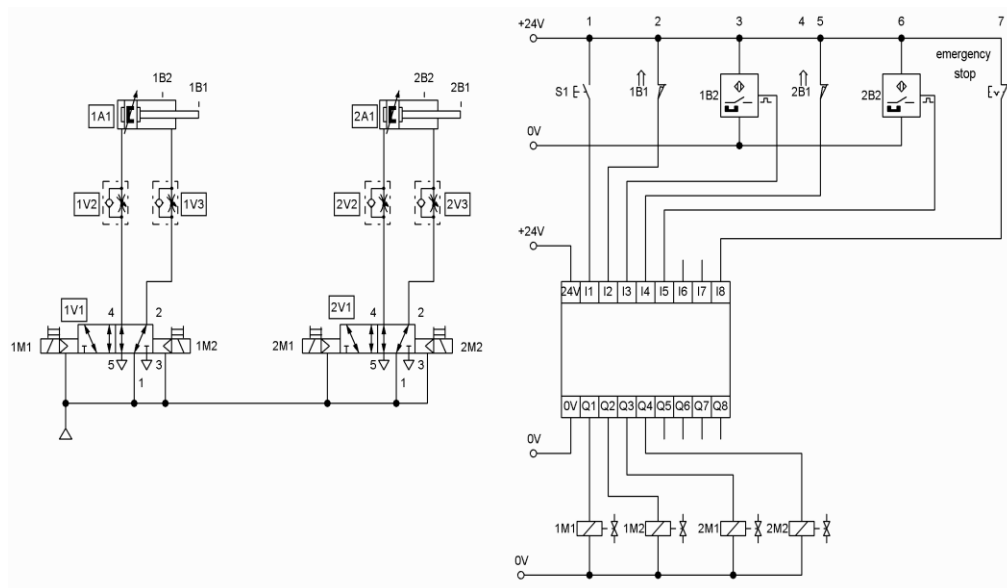
E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Buatlah rangkaian seperti gambar berikut ini dan lakukan pemeriksaan pada rangkaian. Lengkapilah masing-masing keluaran dari relay dengan lampu indikator (L1 dan L2)



Gambar 35. Rangkaian latihan 1.

2. Buatlah deskripsi dari gambar rangkaian 3.8 berikut ini dan gambarkan rangkaian untuk pengecekan secara fisik.



Gambar 36. Latihan 2

F. Rangkuman

Testing dan Komisioning (*Commissioning test*) adalah serangkaian kegiatan pemeriksaan dan pengujian instalasi kelistrikan yang telah selesai dikerjakan dan hendak dioperasikan. Dalam hal ini adalah pemasangan instalasi rangkaian yang terdapat pada elektropneumatik. Dengan hasil pemeriksaan dan pengujian yang baik, maka diyakini bahwa rangkaian PLC dan elektro pneumatik aman pada saat dioperasikan, yaitu aman bagi manusia, peralatan, dan aman bagi instalasi itu sendiri.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik

Sudahkah anda mampu:

- Mengidentifikasi pemasangan pada rangkaian kontrol PLC
- Mengidentifikasi pemasangan pada rangkaian elektro Pneumati
- Mambaca diagram kontrol PLC
- Membuat diagram kontrol PLC
- Membuat rancangan sistem kontrol PLC

- Mengidentifikasi elemen kontrol elektropneumatik
- Mengenal simbol pneumatik dan elektrik pada sistem elektropneumatik
- Membaca diagram kontrol elektropneumatik
- Membuat diagram kontrol elektropneumatik
- Membuat rancangan sistem kontrol elektropneumatik

Tindak Lanjut

- Peserta didik dapat merancang program PLC dengan sistem kontrol elektropneumatik sesuai dengan kebutuhan

Kegiatan Pembelajaran 5

Trouble Shooting Pada Rangkaian Elektronika Digital Dan Mikrokontroller

A. Tujuan

1. Peserta diklat dapat mendiagnosa kesalahan yang terjadi pada sistem PLC secara sistematis.
2. Peserta diklat dapat menentukan kesalahan yang terjadi pada sistem PLC secara sistematis.
3. Peserta diklat dapat mendiagnosa kesalahan yang terjadi pada sistem pneumatik secara sistematis.
4. Peserta diklat dapat menentukan kesalahan yang terjadi pada sistem pneumatik secara sistematis.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Menentukan kesalahan secara sistematis prosedur penyambungan komponen elektronika digital (komponen logika dan mikrokontroller) pada rangkaian digital sederhana

C. Uraian Materi

Pada dasarnya semua sistem kontrol memiliki usia pengoperasian, oleh sebab itu suatu sistem yang bekerja baik secara mekanik maupun elektronik seharusnya dilakukan perawatan. Jika saja kita lalai dalam perawatan maka tidak mustahil bahwa sistem atau perangkat mekanik atau perangkat elektronik akan mengalami kerusakan. Seandainya peralatan atau sistem mengalami gangguan atau kerusakan, maka dalam rangka menemukan kesalahan haruslah dilakukan secara sistematis dan prosedural. Sebaiknya peralatan elektronika harusnya

dilakukan perawatan secara intensif dan berkala, sebelum terjadi kerusakan yang menyebabkan terhentinya sistem.

1. PELACAKAN KERUSAKAN RANGKAIAN DIGITAL

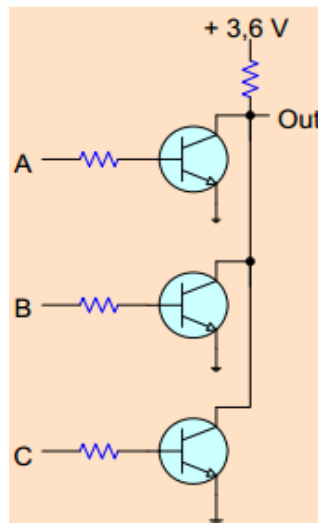
IC digital banyak dipergunakan di semua cabang elektronika, mulai dari perhitungan hingga pada kontrol Industri, instrumen-instrumen elektronik dan sistem komunikasi. Pada kenyataannya, seolah-olah tidak ada suatu bidangpun dalam elektronika yang tidak menggunakan rangkaian digital. Alasan utama dari hal ini, adalah rangkaian-rangkaian digital bekerja dari level-level logik yang didefinisikan. Dengan kata lain dari suatu sinyal, jika tinggi biasanya disebut logik 1 dan jika rendah disebut logik 0. Hal ini mengurangi ketidakentuan hasil keluaran dari suatu rangkaian. Sebagai contoh dalam kontrol industri, untuk menjaga keselamatan suatu mesin saat keadaan menutup ataupun membuka, tidak pernah mendekati setengah tertutup atau setengah terbuka. Elemen dasar dari rangkaian digital adalah gerbang logik yang melaksanakan operasi logik pada masukan-masukannya. Untuk menguraikan operasi-operasi ini dipergunakan aljabar Boolean. Aljabar Boolean berdasarkan pada pernyataan logik yang menyatakan benar atau salah, sehingga dengan demikian merupakan alat yang amat berguna dalam perancangan dan troubleshooting rangkaian logik digital

1.2. Karakteristik dari Keluarga IC Digital

Yang termasuk dalam keluarga logik diantaranya adalah:

- RTL (*Resistor Transistor Logic*)

RTL ini tidak dibuat dalam bentuk IC monolitik. Bagaimanapun juga blok-blok rangkaian diskrit tersedia bagi keperluan-keperluan industri yang membutuhkan kekuatan tertentu serta tidak membutuhkan kecepatan yang tinggi (gambar 49).



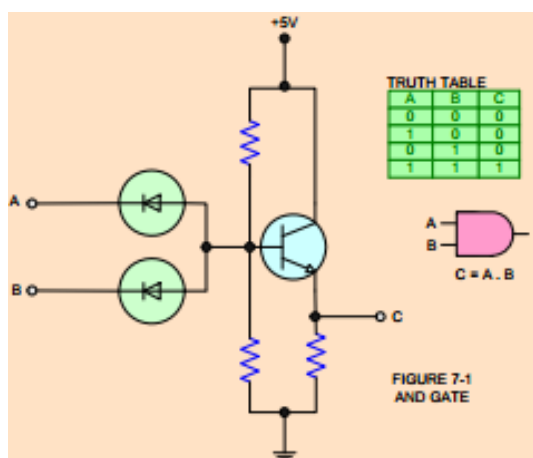
Gambar 37. Contoh Rangkaian RTL

➤ DCTL (*Direct Coupled Transistor Logic*)

DCTL ini merupakan jenis pertama yang dibuat seperti sebuah IC. Bagaimanapun juga DCTL ini mempunyai beberapa masalah dengan watching (current hogging) dan segera diganti dengan jenis yang lebih baru.

➤ DTL (*Diode Transistor Logic*)

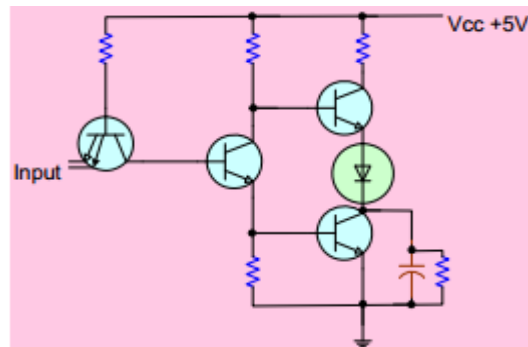
DTL ini merupakan keluarga logik IC komersil I yang tersedia dipasaran (seri 53/73). Sekarang tipe ini digantikan oleh TTL dan CMOS akan tetapi beberapa pabrik masih memproduksi DTL ini (gambar 5.2).



Gambar 38. Contoh Rangkaian DTL

➤ TTL (*Transistor-Transistor Logic*)

Jenis ini merupakan keluarga logik yang amat sukses dengan daerah fungsi yang amat lebar. Seri 54/74 merupakan tipe standar (gambar 51)

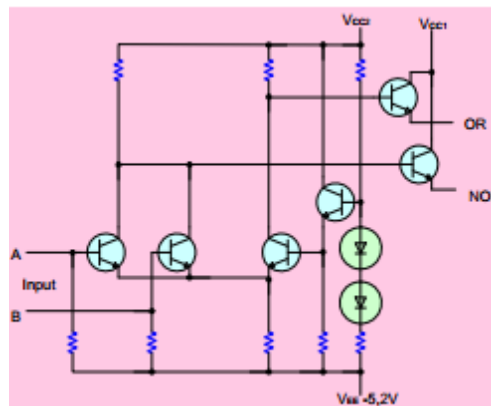


Gambar 39. Contoh Rangkaian TTL

Seri 54L/74L untuk daya rendah 54H/74H merupakan tipe TTL untuk kecepatan tinggi. Bagaimanapun juga perkembangan terakhir dari TTL klemping Schottky dimana transistor-transistor ini dicegah men jadi jenuh (saturasi), menghasilkan suatu perbaikan yang cukup tinggi dalam unjuk kerjanya. TTL Schottky ini tersedia dalam seri 54S/74S untuk kecepatan tinggi atau seri 54 LS/74 LS untuk daya rendah.

➤ ECL (*Emitter Coupled Logic*)

ECL ini merupakan tipe tak jenuh dari logik transistor yang bekerjanya amat cepat (seri 10.000)



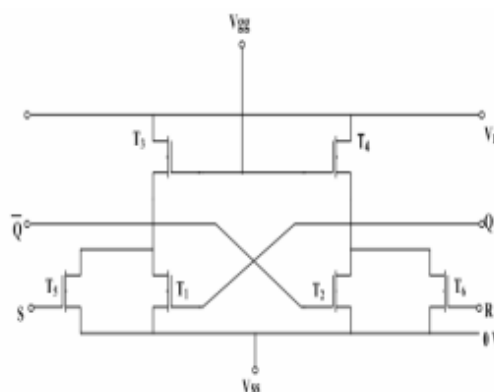
Gambar 40. Contoh Rangkaian ECL

➤ CMOS (*Complementary Metal Oxide Logic*)

CMOS ini menggunakan MOSFET satuan p dan n dan mempunyai keunggulan, karena hanya memerlukan konsumsi daya yang rendah serta imunitas yang amat baik terhadap kebisingan (noise) dan interverensi (seri 4000 B).

➤ LOCMOS (*Locally Oxidized CMOS*)

Jenis ini merupakan jenis yang unjuk kerjanya telah disempurnakan jika semua keluaran disangga (buffer). Nomor-nomor tipenya sama seperti CMOS (gambar 58).



GC Loveday, 1980, 87

Gambar 41. Contoh Rangkaian MOS

- PMOS (*MOS Saluran p*)
Banyak dipakai untuk peralatan LSI
- NMOS (*MOS Saluran n*)
Dipakai untuk peralatan LSI
- I²L (*Integrated Injection Logic*)
Jenis ini merupakan pengembangan DCTL yang memungkinkan dipakai teknologi bipolar bagi peralatanperalatan LSI.
- SSI (*Small Scale Integration*)
Merupakan tipe IC yang mempunyai hingga 12 pintu ekivalen perpaket IC
- MSI (*Medium Scale Integration*)
Merupakan tipe IC yang mempunyai pintu ekivalen antara 12 sampai 100 per-paket IC.
- LSI (*Large Scale Integration*)
Jenis ini merupakan jenis IC yang mempunyai pintu ekivalen yang lebih besar dari 100 per-paket IC.

Beberapa IC digital yang ada di pasaran saat ini adalah:

- TTL standar (Jenis 54 / 74)
- CMOS, LOCMOS (Jenis 4000 B)
- TTL Schottky daya rendah (jenis 54LS / 74LS)
- TTL Schottky (Jenis 54S / 74 S)
- ECL (Jenis 10.000)

Jenis-jenis inilah yang akan lebih banyak dibicarakan pada bagian berikutnya. IC digital harus bekerja bersama dalam rangkaian yang kompleks, dan masalahnya adalah penggabungan dari tingkatan logika, tegangan aktual yang membedakan logik 0 dan 1. Tabel 4 menunjukkan beberapa karakteristik dari empat tipe gabungan logik.

Tabel 4. Karakteristik Beberapa Gabungan IC Logik

	TTL	ECL	MOS	CMOS
Tegangan Catu	+ 5,00V	-8 – -10V	-10– - 30V	+ 5,0 - +10,0V
Level “ 0 “	0,70V	-1,85	-0,3V	0,5 –1,0V
Level “ 1 “	2,15V	-0,70V	-10,3V	2,5 – 5,8V
Frekuensi Maximum	15 MHz	50 –150 MHz	2 -10 MHz	1 – 1,5 MHz

keluarga TTL beroperasi pada tegangan catu 5V dengan level 0 pada tidak lebih dari 0,7 V dan level 1 tidak kurang dari 2,15V. Jadi, catu daya dan tingkatan logik ini tidak kompatibel dengan tipe ECL (emitter coupled logic) atau MOS. Beberapa tipe dari CMOS kompatibel dengan keluarga TTL, tapi tidak dengan IC lainnya.

Tabel 4 menunjukkan IC CMOS secara umum adalah yang paling lambat dan IC ECL adalah IC tercepat. Dalam pencacah tipe frekuensi tinggi kita akan menemukan tahapan frekuensi tinggi, diatas 150 MHz, diimplementasikan dalam ECL sementara frekuensi rendah diimplementasikan dalam MOS atau CMOS atau kadangkadang TTL logik. IC digital yang banyak digunakan, biasanya adalah keluarga logika dari 54-74 dari IC TTL logik dan 45C -74C keluarga CMOS.

Masing-masing dua keluarga ini dikarakteristikan dengan sistem penomoran standar diikuti dengan seluruh aplikasi, yang membantu mengerti fungsi dari bagian IC itu, yaitu:

- Dua huruf pertama mengindikasikan kode pembuatan.
- Kedua nomor selanjutnya mengindikasikan apakah IC ini untuk militer atau komersial dari konfigurasi.

Contohnya: Nomor 54 mengindikasikan sebuah versi militer dengan temperatur operasi dari -55° sampai $+122^{\circ}\text{C}$. Nomor 74 mengindikasikan versi komersial dengan temperatur dari $0-70^{\circ}$ Celcius.

- Satu atau dua huruf berikutnya untuk mengindikasikan kecepatan, daya rendah dan lain-lain. Contohnya: Huruf H mengindikasikan IC kecepatan tinggi, huruf L mengindikasikan pada daya yang rendah, huruf S mengindikasikan dibuat oleh proses Schottky. Huruf LS sebagai contoh, mengindikasikan perangkat Schottky berdaya rendah.
- Dua atau tiga nomor yang mengikutinya menandakan serial dari fungsi-fungsi bagian logik.

Contoh dari identifikasi nomor pada sebuah IC adalah sebagai berikut SN74LS20N. SN mengindikasikan pembuatan dari Texas Instruments, 74 mengindikasikan IC komersial. LS mengindikasikan untuk Schottky berdaya rendah dan 20 mengindikasikan IC berfungsi sebagai 4 input NAND circuit. Huruf N yang terakhir mengindikasikan IC 14 pin dual inline package (DIP).

Untuk tipe 54 / 74 dari keluarga TTL, disini ada beberapa perbedaan yang sangat penting yaitu dalam hal kecepatan dan disipasi daya, yaitu:

- Untuk tipe 54/74 standar mempunyai waktu tunda 18 nanosekon pergerbang, dengan disipasi daya 10 mWatt pergerbang.
- Untuk tipe kecepatan tinggi mempunyai waktu tunda 12 ns dan disipasi daya 23 mWatt.
- Untuk tipe Daya rendah mempunyai waktu tunda 66 ns tapi disipasi daya hanya 1 mWatt.
- Untuk tipe Schottky mempunyai waktu tunda 6 ns dan disipasi daya 19 mW, tetapi untuk daya rendah Schottky (LS) mempunyai waktu tunda 19 ns dan disipasi daya hanya 2mW.

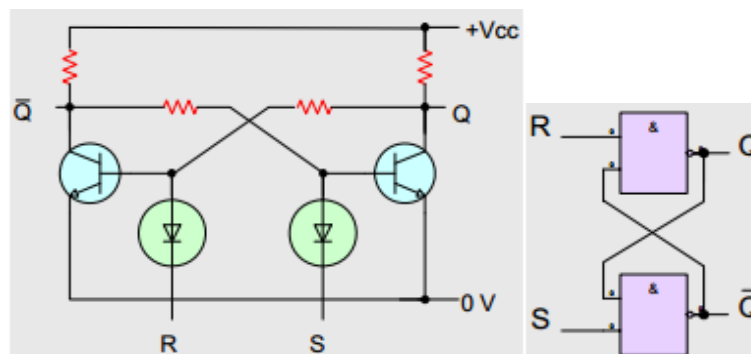
Karakteristik di atas berbeda dengan keluarga CMOS 54C / 74C, dimana waktu tundanya 250 ns per gerbang tapi disipasi dayanya hanya 0,6 mW. Keluarga CMOS yang ini identik kaki-kakinya dengan keluarga TTL tipe 54/74, hanya disipasi daya CMOS jauh lebih rendah. Biasanya IC CMOS dan MOS menggunakan input rangkaian pelindung dioda, tetapi jika medan statik cukup kuat akan tetap merusak IC tersebut (pencegahannya lihat Bab 4.10

1.3. Rangkaian Kombinasi Flip-Flop

Counter dan Register

Bistable atau Flip-Flop merupakan rangkaian-rangkaian yang dapat dipacu menjadi dua keadaan stabil. Karena kebanyakan sistem digital adalah "Sequential", dapat dipahami bahwa untuk itu amat diperlukan suatu pemahaman yang baik tentang berbagai jenis bistable dan cara kerjanya. Dapat saja terjadi kebingungan mengenai ragam dari jenis bistable ini, R-S, Clocked R-S, T, D dan JK; akan tetapi jika kita memulainya dari yang paling sederhana yaitu RS ; kita akan relatif lebih mudah dalam mempelajari jenis-jenis yang lebih kompleks/rumit.

- Flip-flop R – S (R – S latch) : dapat dibuat dengan cara menggunakan dua buah switch transistor cross – coupled atau dua buah gerbang cross - coupled seperti diperlihatkan pada Gambar 5.9. Dengan demikian terlihat bahwa jika salah satu keluaran akan rendah, keluaran lainnya harus tinggi. Kedua pin keluaran ini disebut Q dan $\bar{Q}$. Kedua masukan dikenal sebagai set (S) dan reset (R). Masukan set jika diambil untuk logic 1 dan Q akan tetap tinggal pada logic 1 hingga diterapkan suatu masukan reset. Keluaran $\bar{Q}$ akan selalu pada keadaan yang berlawanan dengan Q selama hanya ada satu masukan, yaitu baik S maupun R dibuat 0 pada suatu saat. Keadaan keluaran tidak akan dapat ditentukan, Q dan $\bar{Q}$ keduanya logic 1



GC Loveday,1980,83

Gambar 42. Bistable R-S

Tabel 5. Tabel Kebenaran R-S FF (Menggunakan Gerbang NAND)

Masukan		Keadaan Mula Q Q_n	Keadaan Akhir Q Q_{n+1}
R	S		
0	0	0	Keluaran tak tentu
0	0	1	
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	Tidak ada perubahan keadaan
1	1	1	

Tabel 6. Tabel Kebenaran R-S FF (Menggunakan Gerbang NOR)

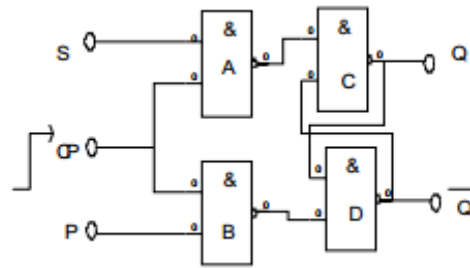
R	S	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	1
1	0	0
1	1	Tidak dapat ditentukan

jika kedua S dan R dibuat menjadi logik 0 secara serentak. Sebenarnya R-S merupakan suatu rangkaian memori dan ini juga dapat diuraikan oleh tabel kebenaran (tabel 5). Begitu keadaan-keadaan masukan (R dan S) diperhitungkan tabel harus mencakup keadaan keluaran Q sebelum diterapkannya sinyal masukan. Hal ini ditulis sebagai Q_n . Keadaan keluaran Q setelah penerapan suatu masukan ditulis sebagai Q_{n+1} , yang merupakan keadaan akhir dari flip – flop.

Jika suatu RS FF dibuat dengan cara melakukan cross-coupling dari dua buah gerbang NOR, maka level keluaran yang akan mengubah keadaan haruslah logik 1. Hal ini disebabkan level 1 yang ada di tiap masukan gerbang NOR akan mengakibatkan keluaran menjadi 0. Tabel kebenaran untuk Bistable R-S yang menggunakan pintu NOR dapat dilihat pada tabel 6.

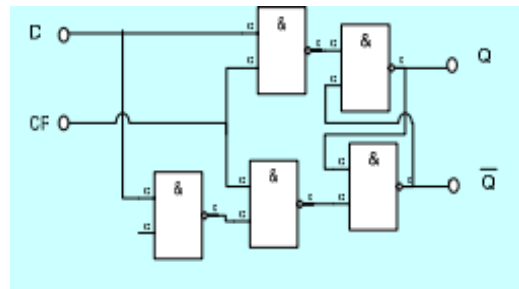
Dengan kedua flip-flop yang sederhana di atas suatu perubahan keadaan dikeluarkan akan terjadi beberapa nanodetik setelah berubahnya data masukan. Peristiwa ini disebut asinkron.

Jika suatu clock input ditambahkan pada Gambar 43 akan tercapai peristiwa sinkron, karena data dimasukan – masukan hanya dapat dipindahkan pada set atau reset dari bistable pada saat sinyal clock tinggi. Operasi sinkron ini adalah penting, karena berguna untuk mengontrol operasi suatu sistem digital lengkap dari sebuah generator pulsa clock sentral dan juga untuk menghindari terbentuknya penundaan (delay) counter atau shift register.



GC Loveday, 1980, 83

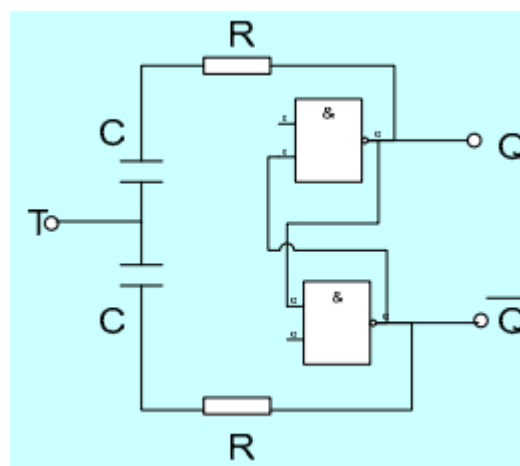
Gambar 43. Bistable R-S Clock



Gambar 44. Bistable D

Tabel 7. Tabel kebenaran untuk Bistable D

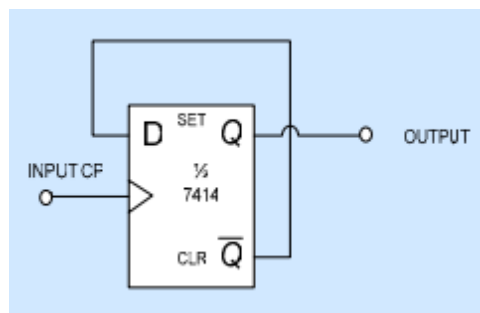
Clock	D	Q_n	Q_{n+1}
	0	0	0
	0	1	0
	1	0	1
	1	1	1



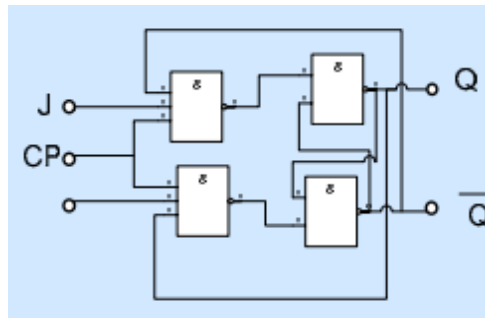
Gambar 45. Bistable T

Pada Gambar 5.9 disebut metoda gerbang latch Positif, karena gerbang-gerbang A dan B akan terbuka pada data S atau R ketika clock dalam posisi tinggi. Kebanyakan flip – flop modern diatur sedemikian rupa, sehingga data masukan hanya di pindahkan selama akhir dari pulsa clock, data di “lock-out” setelah ujung clock positif. Jenis bistable ini disebut sebuah flip – flop edgetriggered dan hal ini mencegah terjadinya perubahan di data masukan selama lebar pulsa clock dari terpengaruhnya keadaan keluaran rangkaian.

- Bistable D: yang ditunjukkan di gambar 5.8 merupakan suatu contoh dari IC yang di klocked. Bistable ini berguna untuk penyimpanan data temporer. Data masukan D dipindahkan ke keluaran Q ketika clock dalam posisi tinggi. Pada saat clock ada pada posisi rendah, keluaran Q akan menahan keadaan ini. Sedangkan tabel kebenarannya diperlihatkan di tabel 7.
- Bistable T (tipe toggle): rangkaianya mempunyai suatu rangkaian kendali pulsa dari keluaran untuk memaksa ujung negatif dari pulsa masuknya T pada masukan gerbang yang akan mengakibatkan suatu perubahan keadaan. Dengan demikian keluaran akan berubah keadaannya pada setiap ujung negatif dari masukan T, jadi sebagai rangkaian pembagi dua (gambar 5.9). Contoh dari pembagi dua yang menggunakan suatu bistable D Edge-triggered positif dipertunjukkan pada gambar 59.



Gambar 46 Penggunaan Flip-Flop Edge-triggered Tipe D Pembagi dua

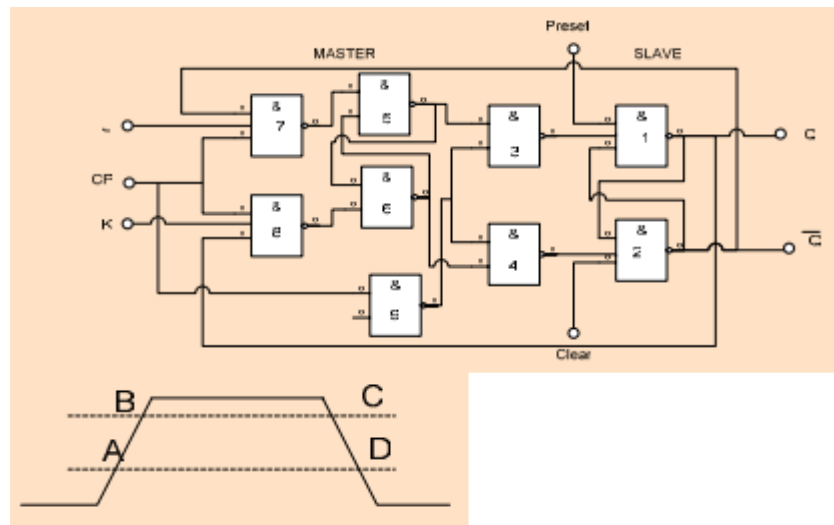


Gambar 47: Bistable JK Dasar

Tabel 8. Tabel kebenaran untuk Bistable JK

J	K	Q_n	Q_{n+1} (setelah ada clock)
0	0	0	0
0	0	1	1
Keluaran tetap pada keadaan semula			
0	1	0	0
0	1	1	0
Jika J=0, K=1 Keluaran menjadi 0			
1	0	0	1
1	0	1	1
Jika J=1, K=0 Keluaran menjadi 1			
1	1	0	1
1	1	1	0
Jika J=K=1 Keluaran selalu menjadi kebalikannya			

- Bistable JK: bentuk yang paling sederhana ditunjukkan di gambar 63. Keuntungan jenis bistable ini adalah tidak adanya suatu keadaan tak tentu oleh karena adanya masukan-masukan yang identik. Tabel kebenaran untuk suatu pulsa yang positif sempit diperlihatkan di tabel 8. Karena ada umpan balik pada rangkaian, maka waktu tunda menjadi lebih besar dan ini disebut Race Hazard. Masalah-masalah seperti ini dapat dihilangkan dengan menggunakan rangkaian-rangkaian master slave seperti diperlihatkan di gambar 61.



Gambar 48. Bistable JK Master Slave

- Begitu pulsa clock berada di posisi tinggi pada titik A dibentuk gelombang masukan pulsa clock, gerbang 3 dan 4 menutup, mengisolasi slave dari master. Di titik B, gerbang 7 dan 8 membuka mengizinkan data masukan J dan K untuk mengubah keadaan master. Begitu clock berada pada posisi rendah di titik C gerbang 7 dan 8 akan menutup melepaskan hubungan masukan dari master Kemudian akhirnya di titik D, gerbang 3 dan 4 membuka mengizinkan master untuk mengubah keadaan slave. Jadi keluaran akan berubah keadaannya pada trailing edge dari pulsa clock. Dari diskusi ini, cukup terlihat jelas, bahwa flip-flop master slave adalah flipflop pacu pulsa yang memacu pada trailing-edge dari pulsa clock. Flipflop seperti JK master slave tidak perlu digambarkan dalam suatu rangkaian penuh akan tetapi cukup dipakai suatu simbol logik. Masukan-masukan preset dan clear ditunjukkan oleh suatu bulatan, karena suatu logik 0 (rendah) dibutuhkan di preset untuk memaksa Q menjadi logik 1, dan suatu 0 dibutuhkan di clear untuk memaksa Q menjadi logik 0. Perlu dicatat bahwa kedua masukan ini mengesampingkan clock dan oleh karenanya menjadi sinkron. Flip-flop seperti ini penting bagi counter, devider, shift register, karena mereka mengizinkan keadaan dari tiap flip - flop untuk di set atau di clear.

- Counter: Flip-flop master slave JK ganda dapat membentuk rangkaian counter asinkron atau counter biner sinkron seperti ditunjukkan di gambar 62. Kedua rangkaian ini dibagi oleh 16 dan memiliki suatu urutan hitung biner murni. Counter sinkron memang lebih rumit / kompleks, akan tetapi memiliki keunggulan berupa penundaan total yang lebih kecil. gambar 62 juga menunjukkan contoh-contoh divider, dan counter dari bilangan-bilangan yang bukan biner. Pabrikpabrik pembuat cenderung untuk memproduksi flip-flop JK dan D, counter dan shift-register-regis terdidalam sebuah paket IC. Beberapa jenis IC yang ada di TTL, dan CMOS adalah:

7490 A :Counter dekade asinkron TTL

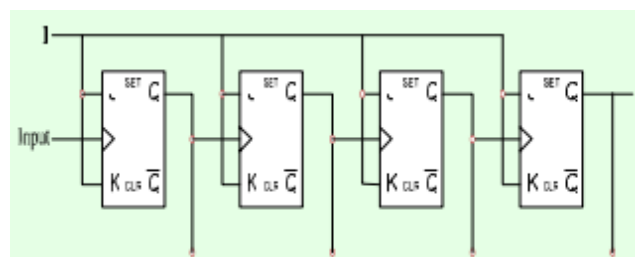
7493 A : Counter biner 4 bit TTL

74192/193: Counter deka de naik/turun TTL

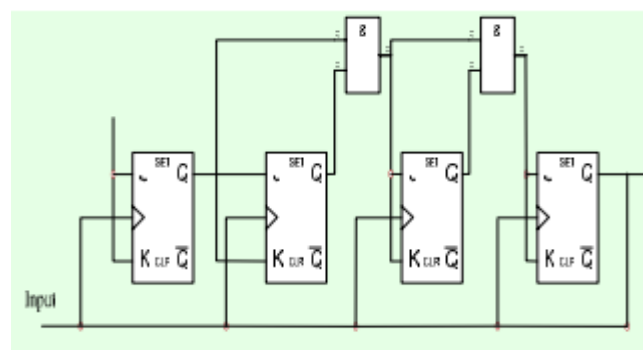
4017 B: Counter-devider dekade CMOS

4020 B: Counter biner 14 tingkat CMOS

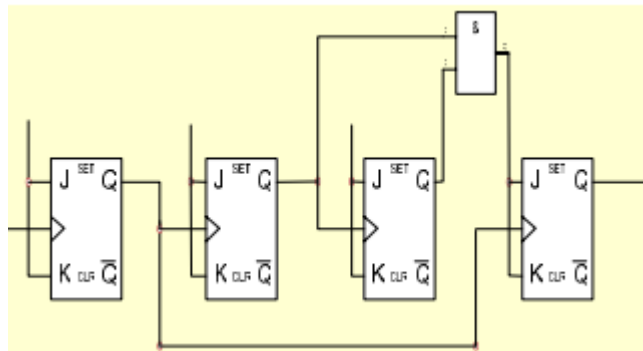
4018 B: Counter CMOS yang dapat diatur awal dibagi oleh n.



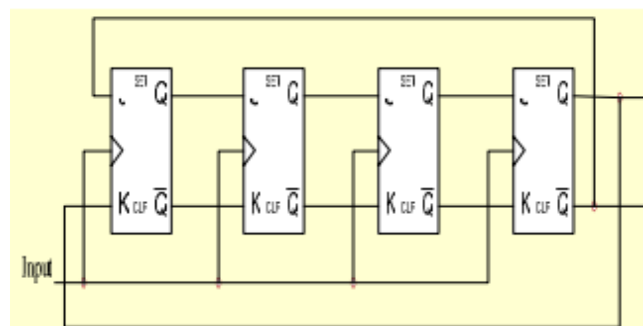
Gambar 49 (a). Asinkron (*ripple through*) Pembagi 16



Gambar 49 (b). Sinkron Pembagi16



Gambar 49 (c).Penghitung Dekade Asinkron



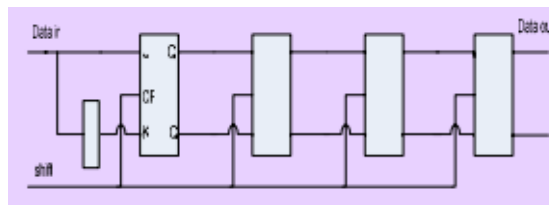
Gambar 49 (d). Twisted Ring OR Johnson Counter

➤ Shift register: adalah suatu perlengkapan yang dipakai untuk menyimpan sementara waktu informasi-informasi digital untuk selanjutnya dipindahkan pada saat berikutnya. Shift register dapat dibuat dengan mudah dengan menggunakan flip-flop JK untuk mengambil bentuk:

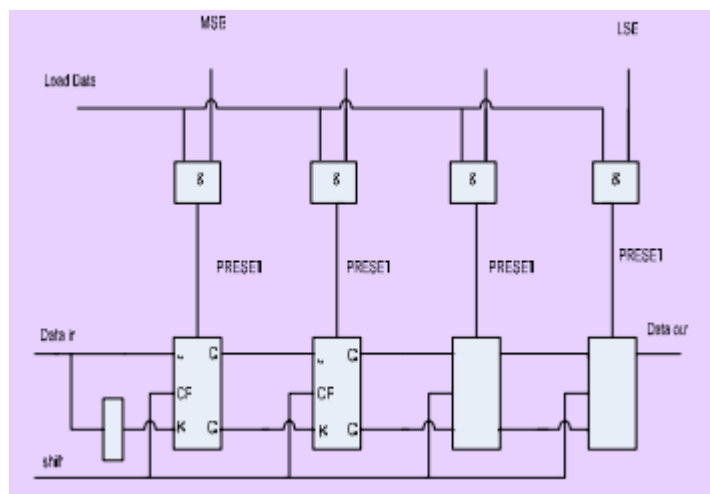
- Serial in/serial out
- Paralel in/paralel out
- Serial in/paralel out

Seperti diperlihatkan digambar 61. Data yang disimpan di shift register dibebani seri dengan pulsa-pulsa shift atau secara paralel dengan menyeting flip-flopnya. Data dapat dipindahkan atau digeserkan ke sebelah kanan suatu tempat untuk setiap pulsa geser.

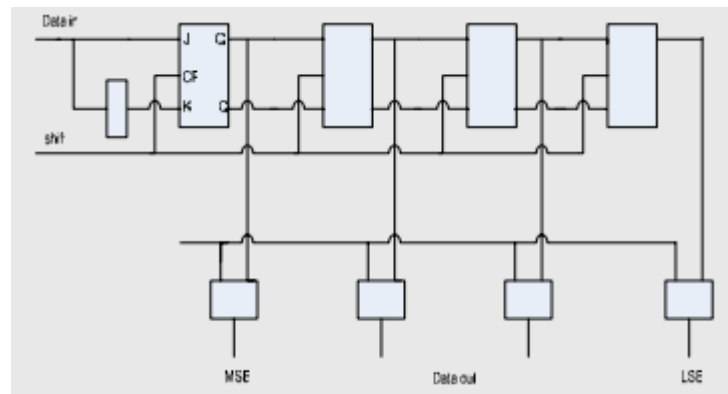
Shift register besar (serial in/serial out) dibuat di MOS dan merupakan dasar dari memori-memori yang disirkulasikan ulang. Suatu bistable dapat dibentuk/dibuat dengan memakai peralatan MOS (gambar 64). Jika masukan S diambil tinggi (1), T5 akan terhubung mengakibatkan $\bar{Q}$ rendah, Ini akan menyebabkan T2 menjadi off, memaksa untuk menganggap logik 1. Demikian pula, jika masukan R diambil tinggi (1), T6 terhubung dan Q dianggap keadaan logik 0. Suatu bistable yang membentuk unsur dasar bagi shift register MOS statik seperti shift register 2 bit diperlihatkan di Gambar 68. T2,T5 dan T7, T10 membentuk kedua bistable dan T3, T4 serta T8, T9 merupakan unsur-unsur cross-coupling



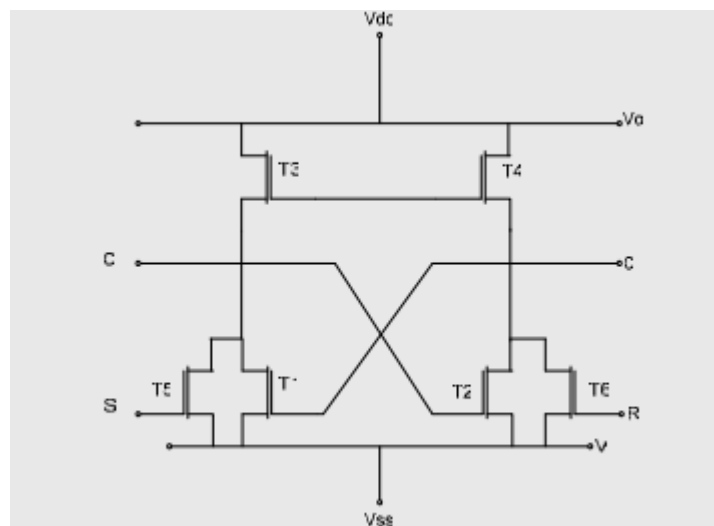
Gambar 50 (a). Shift Register Dasar Serial In / Serial Out (4 Bit)



Gambar 50 (b). Shift Register Dasar Paralel In / Serial Out (4 Bit)



Gambar 50 (c). Shift Register Dasar Serial In / Paralel Out (4 Bit)

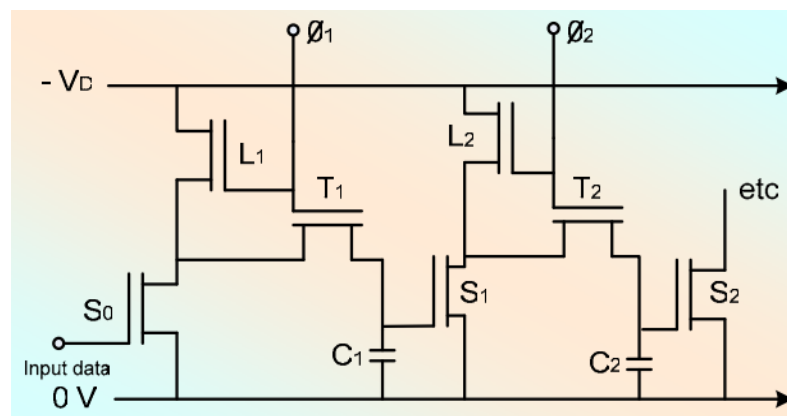


GC Loveday, 1980, 87

Gambar 51, Bistable MOS

Shift register MOS dinamik yang diperlihatkan di gambar 64 memiliki struktur yang lebih sederhana dan shift register ini bekerja untuk menswitch peralatan beban (load device) on dan off dengan perantara pulsa-pulsa clock. Memang daya yang dikonsumsi dari suplai lebih kecil, tetapi sinyal clock yang disimpan menjadi hilang. Untuk itu, dibutuhkan sebuah clock dua fasa ($\phi 1$ dan $\phi 2$). Pada saat $\phi 1$ menswitch rendah, $\phi 2$ menswitch tinggi. L1, T1 menjadi off dan L2, T2 menjadi on. Level di drain S1 sekarang dipindahkan ke pintu S2. Dalam hal ini

dibutuhkan suatu siklus lengkap dari clock ϕ_1 dan ϕ_2 untuk menggeser data sebanyak satu tingkat. Pada ϕ_1 , L_1 dan T_1 menjadi on, sementara L_2 dan T_2 off. Data yang diterapkan akan dipindahkan dari S_0 ke S_1 untuk disimpan di kapasitansi pintu dari S_1 . Sinyal-sinyal clock dua fasa tidak boleh diizinkan untuk tumpang tindih, karena penyimpanan yang besar dan pemindahan data akan terjadi.



GC Loveday, 1980, 87

Gambar 52. Shift Register MOS Dinamik (1 Bit)

1.4. Peralatan Bantu Pelacakan Kerusakan

Sebelum melakukan pelacakan kerusakan suatu rangkaian digital, perlu anda ketahui lebih dahulu peralatan bantu yang sering digunakan untuk memudahkan mencari kerusakan. Beberapa alat bantu sangat jarang digunakan pada pelacakan rangkaian analog, kecuali multimeter dan osiloskop sehingga harus dimengerti terlebih dahulu fungsi dan cara menggunakan alat tersebut.

➤ Multimeter

Ada dua macam multimeter yang biasa digunakan yaitu multimeter analog dan multimeter digital (gambar 66). Semuanya dapat digunakan untuk pengukuran pada rangkaian digital, tetapi sejak keluarnya DMM (Digital Multi-meter) teknisi lebih menyukainya karena kemampuannya lebih baik, cocok untuk pengujian rangkaian elektronik dan lebih akurat. Meter digital ini mempunyai karakteristik: impedansi masukan tinggi, sehingga tidak merusak

rangkaian digital, dengan tegangan dan arus berbeda jauh dibandingkan rangkaian analog. Sehingga pengujian rangkaian digital tanpa takut terhadap pembacaan yang tidak akurat yang disebabkan kelebihan beban rangkaian, atau kerewelan rangkaian yang disebabkan alat uji yang terlalu besar.



(a) Multimeter Analog

(b) Multimeter Digital

Gambar 53. Multimeter Analog dan Multimeter Digital

➤ **Klip Logik**

Klip logik. suatu alat uji rangkaian digital, diperlihatkan dalam gambar 67. Alat yang mudah dipakai ini, untuk menyingkap pin pada bagian atas. Pengukuran atau monitor alat atau klip kecil dapat dihubungkan / dijepitkan ke pin untuk menentukan tingkat logik pada beberapa pin alat yang sedang diuji. Jenis lain klip logik mempunyai kemampuan monitor yang ada (gambar 72). Selain pin yang ditampilkan, bagian atas dari klip terdapat dua LED (light-emitting diode) (LED), yang secara terusmenerus menampilkan keadaan logik dari setiap pin pada chip. Jika LED menyala (menandakan logik 1) dengan daya dari rangkaian dibawah uji. Semua pin disangga secara listrik sehingga klip tidak mengganggu rangkaian yang sedang diuji.



Gambar 54. Jenis Klip Logik



Gambar 55: Jenis Klip Logik dan Penggunaannya

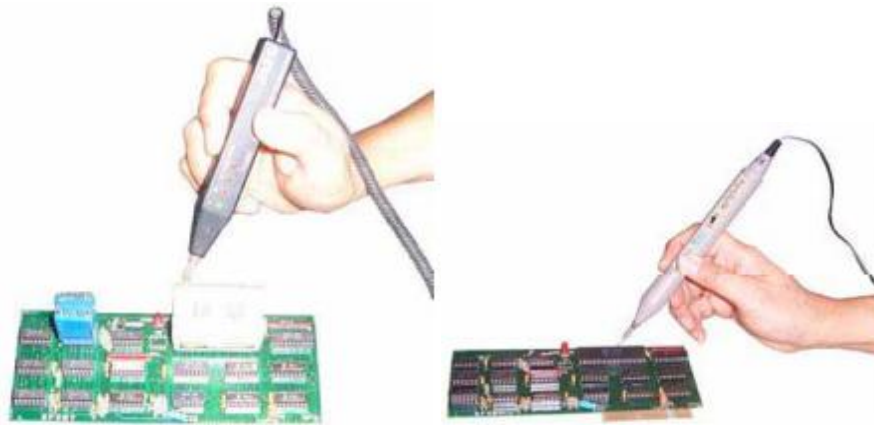
Perhatian: Ketika menggunakan sebuah klip logik, matikan daya rangkaian, hubungkan klip dan kemudian hidupkan daya. (Hal ini membantu mencegah terjadinya hubung singkat chip).

➤ **Logik Probe**

Bila ingin benar-benar masuk ke dalam rangkaian dapat digunakan sebuah logik probe . Sebuah chip yang terbakar tidak dapat diperbaiki, tetapi logik probe dapat memberitahu pada Anda chip mana yang rewel sehingga Anda

dapat menggantinya. Probe logik yang diperlihatkan pada gambar 73 adalah alat yang digunakan sangat luas untuk analisa hal semacam ini. Logik probe tidak dapat melakukan beberapa hal uji peralatan yang kompleks seperti yang mampu dikerjakan penganalisa logik. Namun demikian, tingginya frekuensi kerewelan chip dalam rangkaian listrik. Kesederhanaan probe dan kemampuannya untuk mempercepat pelacakan kerusakan dalam rangkaian yang berenergi membuat alat ini ideal untuk 90% keperluan isolasi kerewelan. Bila ujung runcing probe diletakkan pada pin dari chip yang dicurigai rusak, suatu titik uji atau pelacakan pada suatu board rangkaian sinar indikator dekat ujung probe akan memberitahu tingkat logik titik tersebut. Ujung logam pada kebanyakan probe logik yang dijual sekarang dilindungi terhadap kerusakan akibat tegangan tinggi (listrik AC sampai 120 Volt untuk 30 detik) dari gerbang logik (+5 volt). Beberapa probe mempunyai dua LED yang terpasang dekat dengan ujungnya, satu untuk logik HIGH dan yang lain untuk logik LOW. Probe yang lebih baik dapat juga memberitahu apakah titik uji mempunyai sinyal pulsa. Probe tersebut juga dapat menyimpan pulsa pendek yang timbul untuk memberitahu jika terjadi glitch atau spike pada titik tersebut





Gambar 56: Macam-Macam Logik

Probe dan Cara Pengukurannya

Jika Anda ingin membeli sebuah logik probe, yakinlah bahwa probe tersebut dapat bekerja dengan kelompok logik chip yang akan dianalisa.

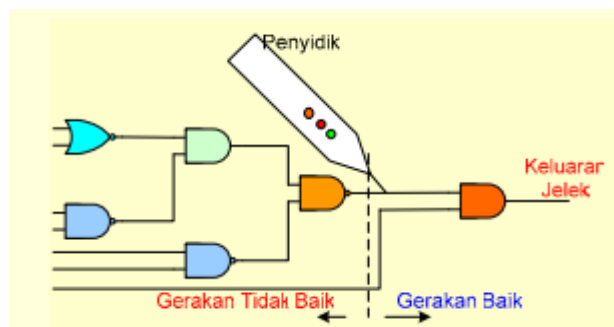
Kemampuan untuk menyentuh suatu titik dengan ujung probe dan menentukan keadaan titik tersebut secara langsung untuk analisa diagnostik dan kemampuannya untuk menyimpan pulsa menjadikan alat ini mudah digunakan dan diterima luas sebagai alat diagnostik yang sesuai untuk segala hal kecuali kebanyakan pelacakan kerusakan digital yang kompleks.

Keuntungan lain Logik probe dapat menampilkan keadaan logik didekat ujung probe itu sendiri, sedangkan peralatan lain memaksa anda untuk menarik pengukuran probe dan kemudian berpaling pada beberapa tampilan untuk melihat keadaan. Probe logik pada gambar 68 memberikan empat indikasi:

- LED merah pertama untuk logik LOW (logik 0).
- LED hijau untuk logik HIGH (logik 1).
- LED merah kedua untuk floating atau tri-state.
- LED merah ketiga (LED kuning) untuk sinyal pulsa.

Daya untuk probe berasal dari sebuah klip yang dihubungkan ke suatu tegangan pada rangkaian yang diuji. Klip yang lain dihubungkan ke tanah

memberikan sensitivitas yang berkembang dan kekebalan noise. Probe ini ideal untuk menemukan durasi pendek (short-duration), pulsa berfrekuensi rendah yang sulit dilihat dengan sebuah osiloskop tetapi lebih sering digunakan untuk melokalisasi secara cepat gerbang yang keluarannya tersangkut (hung) atau terkunci, dalam suatu keadaan HIGH atau LOW. Suatu metoda yang bermanfaat untuk analisa rangkaian dengan probe dimulai di pusat rangkaian yang dicurigai dan periksalah ada tidaknya suatu sinyal. (Hal ini tentu saja dengan asumsi anda mempunyai dan dapat menggunakan skema rangkaian). Gerakkan ke arah belakang atau ke depan ke arah keluaran yang rewel seperti tampak dalam gambar 69. Tidak akan memakan waktu lama untuk menemukan chip yang salah yang keluarannya tidak berubah. Keterbatasan probe logik adanya ketidakmampuan untuk memonitor lebih dari satu jalur



Robert C. Brenner, 1986, 148

Gambar 57. Analisa Rangkaian Dimulai pada Pusat Rangkaian

➤ Pembangkit Pulsa Logik

Jika rangkaian yang diuji tidak mempunyai pulsa atau sinyal yang berubah, dapat diberikan pulsa yang terkontrol ke dalam rangkaian dengan menggunakan suatu Pembangkit Pulsa logik (gambar 70). Alat yang mudah dipakai ini merupakan generator logik yang mudah dibawa (portable).

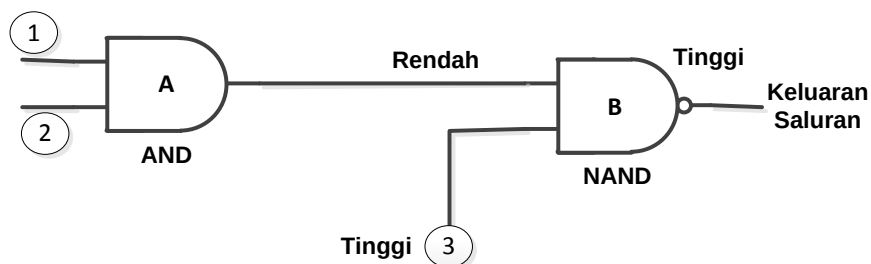
Diaktifkan dengan suatu tombol atau saklar geser (*slide switch*), sehingga Pembangkit Pulsa akan merasakan tingkat logik pada titik yang tersentuh ujungnya dan secara otomatis menghasilkan pulsa atau serangkaian pulsa

dari tingkat logik yang berlawanan. Pulsa dapat dilihat pada sebuah lampu LED yang dipasang pada pegangan Pembangkit Pulsa.

Kemampuannya untuk mengintroduksi suatu perubahan sinyal ke dalam suatu rangkaian tanpa melepas solder atau memotong kawat menjadikan Pembangkit Pulsa logik suatu paduan ideal dengan probe logik. Kedua alat yang digunakan bersama ini memungkinkan evaluasi respon langkah demi langkah dari bagian rangkaian.

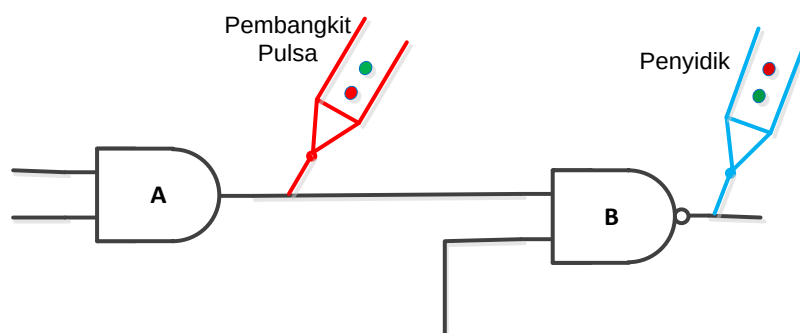


Gambar 58. Pembangkit Pulsa Logik yang Dapat Memberikan Sinyal pada Rangkaian



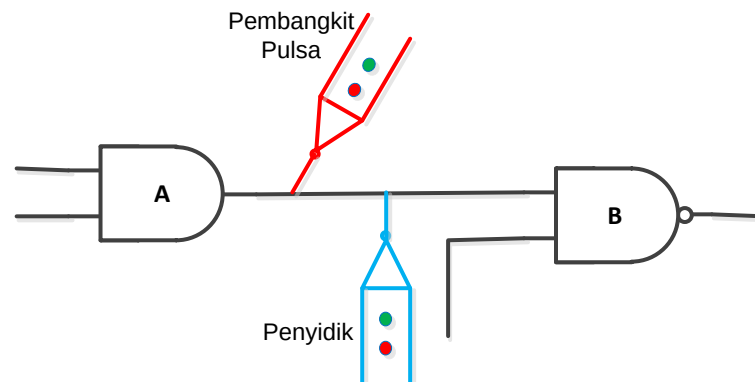
Robert C. Brenner, 1986, 149

Gambar 59. Beberapa Cara Untuk Menguji Gerbang Logik



Robert C. Brenner, 1986, 149

Gambar 60. Letakkan Probe pada Keluaran Gerbang NAND dan Pembangkit Pulsa pada Keluaran Gerbang AND.



Robert C. Brenner, 1986, 149

Gambar 61. Tempatkan Probe dan Pembangkit Pulsa pada Keluaran Gerbang AND.

Gambar 5.22 memperlihatkan beberapa cara untuk menguji gerbang logik menggunakan probe dan Pembangkit Pulsa. Diasumsikan keluaran dari gerbang NAND tetap HIGH. Dengan menguji masukan 1, 2, dan 3, semuanya HIGH. Keadaan ini dapat menyebabkan gerbang keluaran AND menjadi HIGH, menghasilkan keluar gerbang NAND LOW. Ada yang salah. Dengan meletakkan sebuah probe pada gerbang keluaran AND, dihasilkan keluaran LOW. Mestinya HIGH. Sekarang gerbang mana yang rusak?

Untuk menemukannya, letakkan probe pada keluaran NAND (gerbang B) dan Pembangkit Pulsa pada keluaran AND (gerbang A gerbang masukan NAND) seperti tampak pada gambar 72.

Berilah pulsa jalur ini, probe tersebut seharusnya berkedip-kedip. Menandakan perubahan pada masukan ke NAND. Jika tidak terjadi perubahan, AND mungkin rusak. Tetapi apakah LOW yang disebabkan hubung singkat ke ground tersebut pada keluaran AND atau masukan AND? Letakkan keduanya, probe dan pemulsa pada keluaran AND, lacak seperti tampak gambar 73 dan berilah pulsa jalur ini. Jika probe berkedip, berarti

NAND rusak, masukan yang diubah sehingga keadaan keluarannya dapat berubah juga.

Jika probe tidak berkedip, Anda tahu bahwa jalur ini hubung singkat ke ground. Satu cara agar dapat ditentukan chip yang mana yang hubung singkat dengan menyentuh kotak chip. Chip yang hubung singkat memberikan rasa hangat, sementara chip yang tersangkut (hung) pada satu tingkat tampak menjadi normal tetapi keadaannya tidak akan berubah.

➤ **Penguji IC (IC Tester)**

Peralatan pelacakan kerusakan tingkat lanjut menjadi sangat canggih (dan mahal). Sekarang dapat dibeli peralatan yang dapat menguji hampir setiap chip dalam sistem. Micro Sciences, Inc. di Dallas Texas, membuat suatu penguji IC yang dapat menguji lebih dari 1007400 TTL dan 4000 CMOS dari rangkaian peralatan elektronik. Kemampuan uji ini meliputi chip RAM dan ROM. Microtek Lab di Gardena, California membuat suatu penguji yang dapat bekerja sempurna sebagai penguji pin yang fungsional dari 900 alat pada seri chip TTL 54/74. Alat penguji ini menampilkan keadaan chip yang diuji pada tampilan kristal cair (LCD: liquid cristal display) seperti pada gambar 74. Alat tersebut menggunakan LED untuk memberi sinyal GO/NO GO, sebagai hasil uji.



Gambar 62. IC Tester

1.5. Teknik Melacak Kerusakan Rangkaian Digital

Sebelum dilakukan pelacakan kerusakan suatu rangkaian digital secara terperinci ada beberapa hal yang harus diyakini terlebih dahulu, yaitu:

- Tersedia suatu manual servis terbaru yang dilengkapi dengan rangkaian rangkaian, diagram-diagram tata letak dan spesifikasinya.
- Tersedianya alat-alat yang diperlukan dan instrumen-instrumen uji serta suku cadangnya.
- Hati-hati dengan tipe IC logik yang dipergunakan pada rangkaian. Khususnya perlu diketahui level-level logik yang diharapkan dan spesifikasi tegangan catu dayanya.
- Hindarkan penggunaan probe-probe uji yang besar agar tak terjadi hubung singkat saat pengukuran.
- Jangan mengeluarkan ataupun memasukkan suatu IC pada saat catu daya sedang aktif / on.
- Jangan memberikan sinyal-sinyal uji pada saat catu daya sedang dimatikan.
- Periksa tegangan catu daya di pin-pin IC yang sebenarnya bukan pada jalur - jalur P.C.B

1.5.1. Penumpukan Chip / IC

Ciri-ciri IC yang rusak karena putus penghubungnya (kabel) didalam wadah adalah tetap dapat beroperasi saat dingin. Untuk mengecek itu dapat dilakukan dengan cara menumpukkan IC sejenis pada rangkaian tersebut, seperti gambar 75 dibawah ini.



Gambar 63. Penumpukan IC

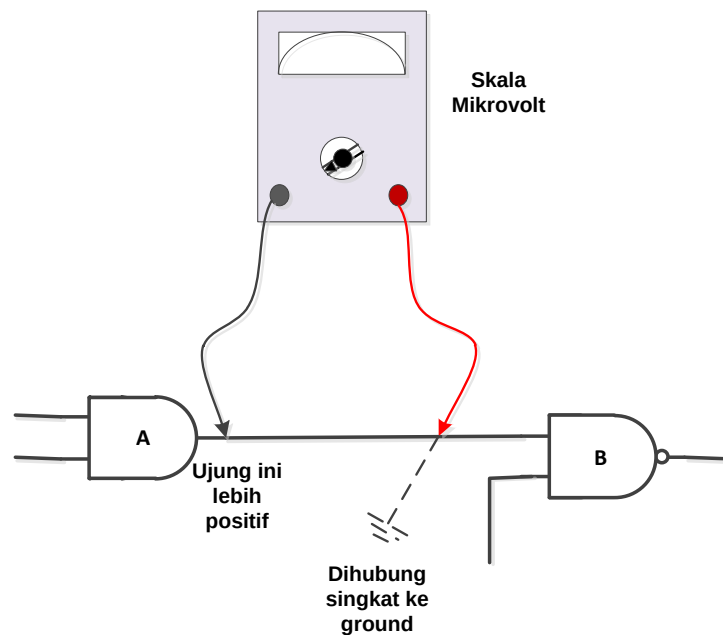
Letakkan chip sejenis yang masih baik di atas chip yang diduga rusak. Ingat-ingat, sebelumnya matikan catu daya, baru setelah chip terpasang dengan baik, catu daya dihidupkan. Anda harus menekan chip yang di atas agar pinnya kontak dengan baik dengan pin chip di bawahnya. Bila kerusakan disebabkan oleh terbukanya hubungan, maka chip yang di atas akan bereaksi terhadap masukan data dan menghasilkan keluaran yang seharusnya.

1.5.2. Pendekatan dengan Chip Sejenis

Sangat sering kita dapat melokalisir kerusakan atas beberapa chip, tetapi kita harus menentukan lagi, yang mana sebenarnya yang menjadi biang-keladnya. Bila waktu tidak mendesak, gantilah chip dengan chip sejenis yang masih baik, lalu menguji apakah chip yang diganti itu penyebab kerusakannya. Bila ternyata bukan chip itu, gantilah chip lain. Jika waktunya mendesak dan beberapa chip tersebut tersedia dalam komponen cadangan anda serta harganya tak terlalu mahal, maka gantilah chipchip tersebut sehing-ga rangkaian pasti jalan. Jika ada kesempatan maka chip-chip bekas dari rangkaian tersebut bisa kita tes dengan menggunakan IC tester, untuk mengetahui mana yang rusak dan mana yang masih bagus untuk dapat dipergunakan lagi pada saat yang lain

1.5.3. Pengukuran Kabel Hingga Mikrovolt

Jika Anda memiliki sebuah meter dengan kepekaan mikrovolt dan telah mengisolasi sebuah masalah "stuck low" kedua chip, dapat dicoba teknik yang diperlihatkan dalam gambar 76.



Gambar 64. Mikrovolt meter Untuk Mengetahui Rangkaian Yang Hubung Singkat Ke Ground

Ukurlah turunnya tegangan antara masukan gerbang B pin 1 dan keluaran gerbang A pin 3. Hal ini berarti mengukur ujung-ujung yang berlawanan dari lintasan yang sama atau potongan kabel: Anda tertarik untuk menentukan ujung mana dari lintasan itu yang lebih negatif. Ujung yang terdekat dengan sebuah chip yang rusak akan lebih negatif, sebab chip yang rusak akan mengalami hu-bung-singkat tegangan lintasan ke ground yang menyebabkan titik ini menjadi lebih negatif daripada pin 3. Beberapa hal penting yang menyebabkan suatu rangkaian digital mengalami kerusakan adalah sebagai berikut:

- a. Kelebihan tegangan catu daya.
- b. Kelebihan temperatur.

- c. Tegangan input yang berlebih.
- d. Tegangan pada data bus yang berlebih.
- e. Pulsa clock yang berlebih tegangannya.

Proses sebenarnya dari diagnosa kesalahan suatu rangkaian digital adalah dengan cara mengoperasikan gerbang-gerbang (gates) IC secara berurutan, untuk membandingkan hasil keluarannya dengan yang sebenarnya. Ada dua cara pemeriksaannya: 1. Secara dinamis: dengan cara menerapkan sinyal-sinyal uji dan memeriksa hasilnya dengan menggunakan sebuah osiloskop yang bandwidth (BW) nya lebar. Bandwidth CRO yang paling rendah 10 MHz, dan trigger-nya haruslah baik. Jika tidak, beberapa informasi pulsa akan tidak mengenai sasarannya. Pengujian dengan cara ini akan mempersempit ruang lingkup pencarian suatu kesalahan pada sistem secara keseluruhan. 2. Secara Statik: yaitu sebuah gerbang atau fungsi IC pada suatu waktu. Hal ini mungkin dapat mematikan ataupun memperlambat sistem clock generator. Pada tahap ini dapat digunakan alat uji bantu seperti yang telah diterangkan di atas yaitu IC test clip, logik probe dan "pulser logik". Dan yang terpenting lagi jika dilakukan pengukuran pada IC TTL dengan menggunakan multimeter, maka untuk logik 0 seharusnya dibawah 0,8 Volt dan logik 1 seharusnya di atas 2 Volt. Jadi kalau ada tegangan keluaran IC TTL di antara 0,8Volt sampai 2 Volt berarti IC tersebut ada masalah.

Kondisi-kondisi kesalahan bagi suatu pintu tunggal diilustrasikan di gambar 85 (a) dan (b). Pada (a) Keluaran "*stuck*" di 0 keluaran seharusnya logik 1.

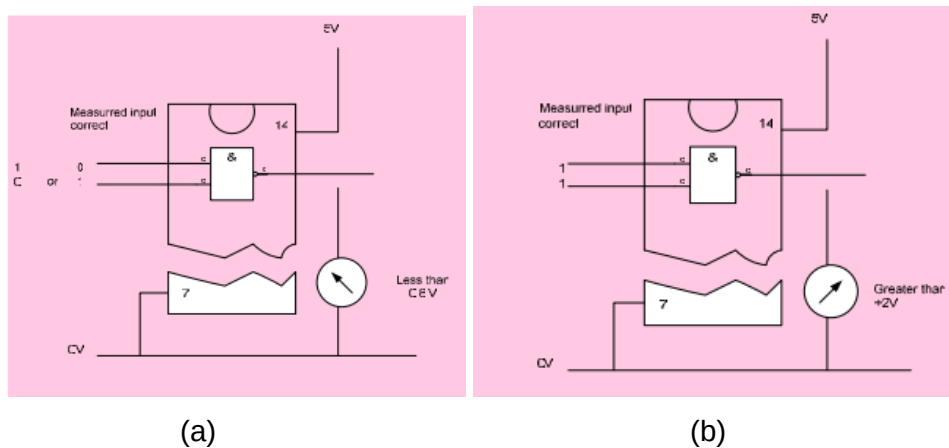
Kemungkinan Kerusakan.

Transistor dalam terhubung singkat, atau jalur daya +5V membuka baik dalam maupun luar. Pada (b) Keluaran "stuck" di 1, dengan logik 1 di masukan-masukan, keluaran seharusnya lebih kecil dari 0,8 V

Kemungkinan Kesalahan

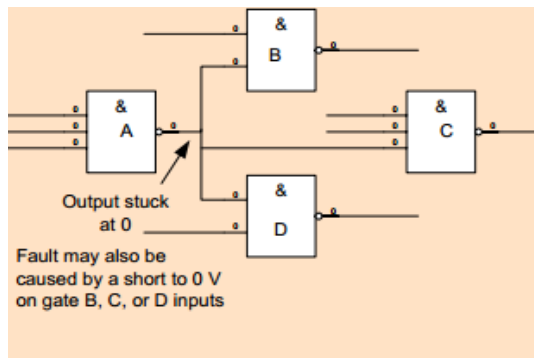
Transistor dalam membuka rangkaian (open circuit) atau jalur daya 0 V membuka rangkaian baik ke dalam maupun keluar.

Dalam suatu sistem yang masukan-masukannya disuplai oleh keluaran-keluaran gerbang lainnya dan keluarannya dapat mengendalikan beberapa masukan-masukan dari gerbang-gerbang kendali, seperti Gambar 77 dimana pintu A dengan keluarannya yang "Stuck" permanen di 0. Pemeriksaan bahwa masukan - masukan yang tepat tidak memaksakan suatu perubahan keadaan, yaitu mengambil suatu masukan turun ke 0, kita dapat menganggap bahwa kesalahannya ada di pintu A. Tetapi hal ini dapat tidak benar, karena hubung singkat menjadi 0V dari masukan di gerbang-gerbang B, C, atau D juga membuat keluaran A di 0 V



GC Loveday, 1980, 89

Gambar 65: Kondisi-Kondisi Kesalahan yang Mungkin
Disuatu Gerbang Tunggal



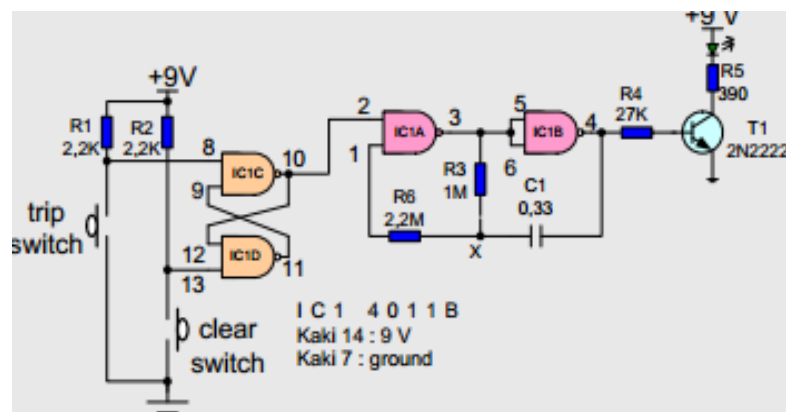
GC Loveday, 1980, 89

Gambar 66. Keluaran Mensuplai Beberapa Masukan

1.6. Contoh Kasus Kerusakan Rangkaian Digital

Untuk lebih memperjelas apa yang sudah dipaparkan di atas, maka diberikan contoh kasus rangkaian digital di bawah ini.

- Rangkaian pertama adalah rangkaian lampu kedip dengan memori seperti pada Gambar 77



GC Loveday, 1980, 93

Gambar 67. Rangkaian Lampu Kedip dengan Memori

Cara kerja rangkaiannya:

Rangkaian ini menggunakan IC CMOS sehingga arus yang diambil sangat kecil (efisien). Ada dua bagian penting dalam rangkaian ini, yaitu untuk gerbang C dan D bekerja sebagai rangkaian memori satu bit paling sederhana (RS FF).

Sedangkan gerbang A dan B bekerja sebagai rangkaian osilator frekuensi rendah. Jika saklar trip ditekan maka pin 8 mendapat rendah (logik 0) sesaat sehingga pin 10 akan tinggi (logik 1) terus (termemori) sampai saklar clear ditekan maka pin 10 akan rendah. Saat pin 10 tinggi maka rangkaian osilator bekerja sehingga keluaran dari gerbang D akan berubah-ubah berbentuk pulsa (bergantian logik 0 dan 1) dan ini dipakai untuk mengonkan/mengoffkan transistor secara bergantian, sehingga LED juga berkedip hidup dan mati. Frekuensi rangkaian ini ditentukan oleh besarnya C1 dan R3, makin kecil harga C1 dan R3 maka frekuensinya makin tinggi. Jika rangkaian ini akan dimodifikasi menjadi rangkaian alarm maka harga C1 atau R3 dirubah ke harga yang lebih kecil {bisa dicoba-coba atau gunakan rumus mencari frekuensi $f \approx 0,7 / (R3.C1)$ Hz dan LED diganti dengan speaker. Sebelum mempelajari kerusakan rangkaian ini maka kita harus lebih dahulu mengetahui logik-logik apa saja yang terdapat pada keluaran masing-masing gerbang saat bekerja normal, yaitu:

Kaki / Pin IC	1	3	4	8	9	10	11	12	13
Kondisi Logik A	1/0	0/1	1/0	1	0	1	0	1	1
Kondisi Logik B	0	1	0	1	1	0	1	0	1

Kondisi logik A adalah keadaan logik setelah saklar trip ditekan sesaat. Kondisi logik B adalah keadaan logik setelah saklar clear ditekan sesaat 1/0 atau 0/1 adalah kondisi pulsa dilihat dengan logik probe. Untuk beberapa kerusakan di bawah ini akan kita pelajari melalui data yang ada.

- a. Kerusakan ke 1: terukur dengan logik probe pada kaki-kaki IC setelah saklar trip ditekan sesaat, sebagai berikut:

Kaki 10	Kaki 1	Kaki 3	Kaki 4
1	0	1	0

Dari data di atas, jelas bahwa rangkaian RS FF tak ada masalah, jadi yang bermasalah adalah rangkaian osilatornya tak bekerja, hanya

berfungsi sebagai gerbang-gerbang saja. Jadi komponen yang membuat beresilasi ada yang rusak yaitu R3 terbuka atau C1 hubung singkat.

- b. Kerusakkan ke 2: terukur dengan logik probe pada kaki-kaki IC setelah saklar trip ditekan sesaat adalah sebagai berikut:

Kaki 10	Kaki 1	Kaki3	Kaki 4	Basis T1
1	1/0	0/1	1/0	0

Dari data di atas, jelas bahwa rangkaian FF dan osilator bekerja dengan baik. Jadi tinggal rangkaian akhir sebuah rangkaian pensaklar dengan transistor yang kemungkinannya rusak karena seharusnya kaki basis sama dengan kaki 4 IC. Untuk itu tentunya yang paling dicurigai rusak adalah R4 terbuka atau transistornya rusak basis dan emiternya hubung singkat.

- c. Kerusakkan ke 3: LED akan hidup terus tak berkedip setelah saklar trip ditekan sesaat, tetapi jika saklar clear ditekan sesaat maka LED akan mati lagi. Dari data di atas, jelas rangkaian FF bekerja dengan baik, tetapi rangkaian osilatornya tak bekerja hanya sebagai pelewat gerbang-gerbang biasa. Jadi komponen yang rusak adalah C1 terbuka atau R6 terbuka. Jadi hanya dengan menggunakan sebuah alat logik probe kita sudah dapat menganalisa sebuah rangkaian digital sederhana dari kerjanya sampai saat ada kerusakan pada rangkaian tersebut.

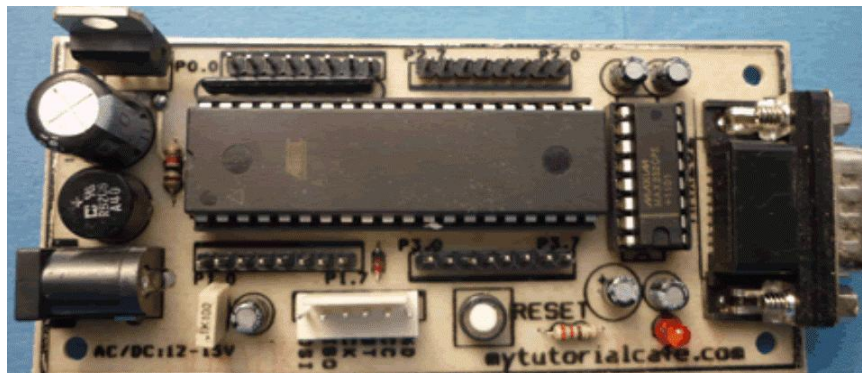
2. TroubleShooting Peralatan Elektronik Berbasis Mikrokontroler

Sistem mikrokontroler merupakan perluasan dari sistem mikroprosesor, dimana seluruh fungsi sistem mikroprosesor sudah termasuk didalam sistem mikrokontroler. Saat ini hampir setiap peralatan elektronik yang kita jumpai bekerja berdasarkan urutan operasi yang dikendalikan oleh mikroprosesor. Peralatan-peralatan berbasis mikroprosesor seperti itu dapat dijumpai di hampir semua bidang: otomotif, kesehatan, mesin-mesin manufaktur, peralatan rumah-

tangga, mainan anak-anak, dsb. Di industri manufaktur, banyak proses (atau bagian dari proses) manufaktur yang dikerjakan oleh robot, yaitu salah satu sistem berbasis mikroprosesor. Robot jenis ini biasanya disebut dengan Robot Industri. Masalah pemeliharaan sistem berbasis mikroprosesor pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2, yaitu sistem mikroprosesor yang melekat (embedded microprocessor system) dan single chip. Beberapa teknik pelacakan kerusakan untuk kedua tipe sistem mikroprosesor tersebut adalah sama.

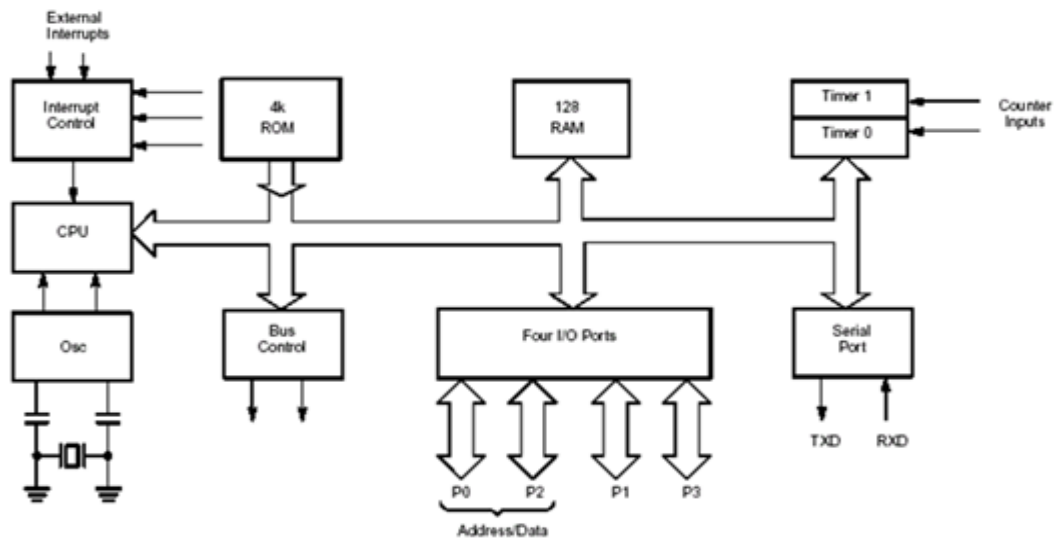
2.1. Sistem Berbasis Mikrokontroler

Berikut ini akan dibahas sepiantas tentang sistem mikrokontroler. Sebagai contoh akan diuraikan mikrokontroler keluarga MCS51.



Gambar 68. Contoh sistem minimum mikrokontroler

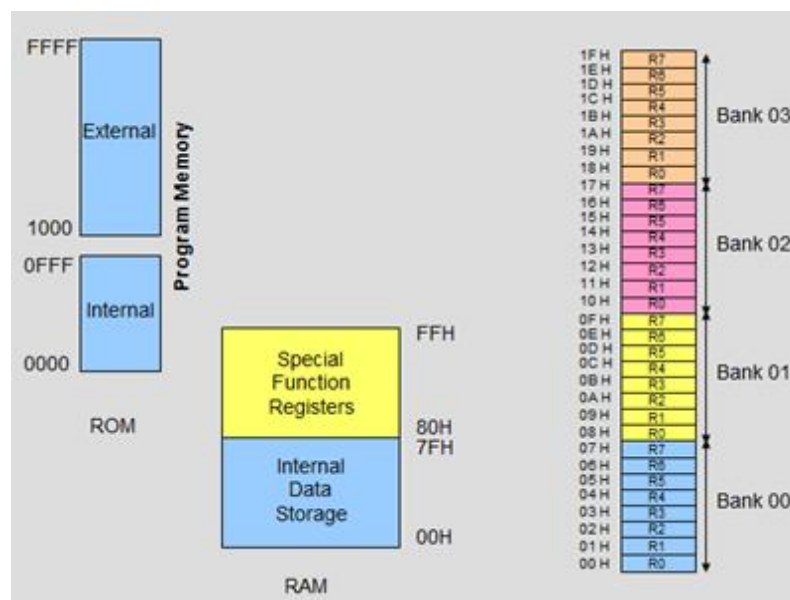
Arsitektur mikrokontroler MCS 51 pada umumnya seperti gambar berikut:



Gambar 69. Arsitektur sistem mikrokontroler keluarga MCS51

Organisasi Memori

8051 memiliki beberapa alamat terpisah untuk penyimpanan program dan data.



Gambar 70. Sistem memori yang ada pada mikrokontroler MCS51

Penyimpanan Program

Setelah reset, MCS-51 mulai mengutip instruksi dari 0000H. Dapat diambil dari memori eksternal maupun internal.

- Jika EA rendah, maka memori program dari eksternal.
- Jika EA tinggi, maka alamat 0000 hingga 0FFF adalah ROM internal.

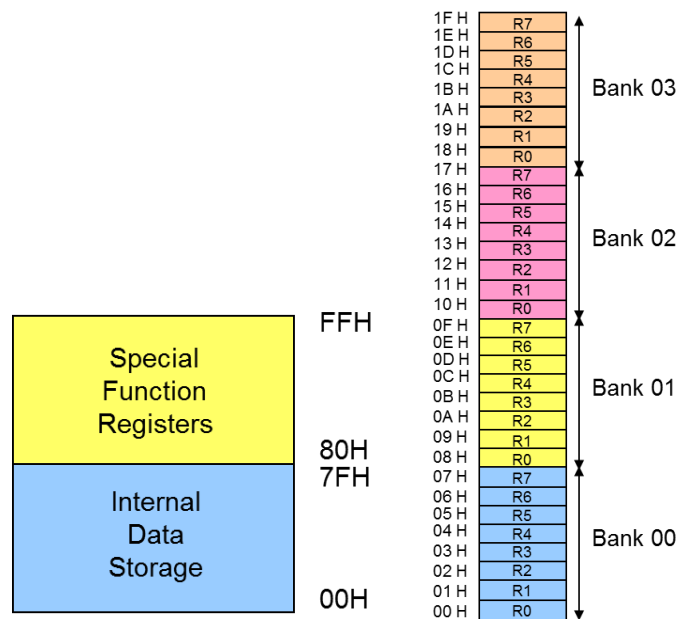
Penyimpanan Data

8051 memiliki 256 byte RAM internal.

- 128 byte bawah digunakan untuk penyimpanan data.
- 128 byte atas digunakan untuk Special Function Registers (SFR).

128 bytes bawah digunakan bukan hanya sekedar RAM biasa.

- Menyimpan registers,
- Stack
- Dan fitur lainnya



Gambar 71. Alokasi penggunaan register memori pada MCS51

- 32 byte paling bawah membentuk 4 bank dari dengan isi 8 register tiap bank.
- Hanya salah satu bank yang dapat aktif
- Bank yang aktif dapat dipilih dengan mengatur 2 bit di PSW. [[Default bank (ketika dinyalakan) adalah bank 0 (lokasi 00 – 07)]].
- Ke 8 register pada tiap bank dinamakan R0 hingga R7
- Tiap register ini memiliki alamat dan dapat diakses langsung dengan menggunakan alamatnya tersebut, meskipun bank yang bersangkutan tidak diaktifkan.

2F	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
2E	77	76	75	74	73	72	71	70
2D	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
2C	67	66	65	64	63	62	61	60
2B	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
2A	57	56	55	54	53	52	51	50
29	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48
28	47	46	45	44	43	42	41	40
27	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
26	37	36	35	34	33	32	31	30
25	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
24	27	26	25	24	23	22	21	20
23	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
22	17	16	15	14	13	12	11	10
21	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
20	07	06	05	04	03	02	01	00

30 – 7F	General Purpose Ram							
2F	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
2E	77	76	75	74	73	72	71	70
2D	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
2C	67	66	65	64	63	62	61	60
2B	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
2A	57	56	55	54	53	52	51	50
29	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48
28	47	46	45	44	43	42	41	40
27	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
26	37	36	35	34	33	32	31	30
25	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
24	27	26	25	24	23	22	21	20
23	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
22	17	16	15	14	13	12	11	10
21	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
20	07	06	05	04	03	02	01	00
18 – 1F	Register Bank 3							
10 – 17	Register Bank 2							
08 – 0F	Register Bank 1							
00 – 07	Register Bank 0							

Gambar 72. Peta register memori pada MCS51

- 16 byte selanjutnya – lokasi 20H hingga 2FH – membentuk blok yang dapat dialamati baik sebagai byte maupun bit.
- Byte memiliki alamat 20H hingga 2FH.
- Bit-bit memiliki alamat 00H hingga 7FH.
- Instruksi tertentu digunakan untuk mengakses bit-bit tersebut
- Lokasi 30H hingga 7FH adalah *general purpose RAM*.

SFR – Special Function Registers

- RAM 128 byte atas digunakan untuk tempat special function register. Hanya sekitar 25 byte yang digunakan. Sisanya dicadangkan untuk versi pengembangan 8051.
- Register-register ini berhubungan dengan fungsi yang penting dalam kerja MCS-51.
- Beberapa SFR bersifat bit-addressable juga byte-addressable. Alamat bit 0 suatu register sama dengan alamat register yang bersangkutan.

Lokasi SFR

F8								FF
F0	B							F7
E8								EF
E0	ACC							E7
D8								DF
D0	PSW							D7
C8	(T2CON)	(RCAP2L)	(RCAP2H)	(TL2)	(TH2)			CF
C0								C7
B8	IP							BF
B0	P3							B7
A8	IE							AF
A0	P2							A7
98	SCON	SBUF						9F
90	P1							97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1		8F
80	P0	SP	DPL	DPH			PCON	87

☒ Bit/Byte addressable registers
 ☐ Byte only addressable registers

Gambar 73. Lokasi Set Flag Register

Special Function Registers

- ACC dan B registers – 8 bit
- DPTR : data pointer [DPH:DPL] – 16 bit (gabungan)
- PC : Program Counter – 16 bit
- Stack pointer SP – 8 bit
- PSW : Program Status Word
- P0, P1, P2, P3 - Port Latch
- SBUF - Serial Data Buffer
- TH0, TL0, TH1, TL1 - Register Timer
- Control Registers

ACC – Akumulator

Umumnya digunakan untuk penyalinan dan instruksi aritmatika dan dapat ditulis dengan beberapa cara:

- Dinyatakan dengan ACC (atau A).
- Dengan alamatnya 0E0H.

Disamping itu, juga bersifat bit addressable dimana ACC.2 berarti bit 2 register ACC.

Register B

- Umumnya digunakan sebagai register sementara, mirip seperti register R0 – R7
- Digunakan oleh dua opcode, seperti : mul AB, div AB
- Register B menyimpan operan kedua dan menyimpan hasilnya seperti : 8 bit atas hasil perkalian dan Sisa pada pembagian.
- Dapat juga diakses melalui alamatnya 0F0H.
- Bersifat bit-addressable.

Register DPL dan DPH

- 2 8-bit registers that can be combined into a 16-bit DPTR – Data Pointer.
- Used by commands that access external memory
- Also used for storing 16bit values

`mov DPTR, #data16 ; setup DPTR with 16bit ext address`

`movx A, @DPTR ; copy mem[DPTR] to A`

- Can be accessed as 2 separate 8-bit registers if needed.
- DPTR is useful for string operations and look up table (LUT) operations.

The SP Register

- SP is the stack pointer.
- SP points to the last used location of the stack. (Push operation will first increment SP and then copy data and Pop operation will first copy data and then decrement SP).

- In 8051, stack grows upwards (from low memory to high memory) and can be in the internal RAM only.
- On power-up, SP points to 07H. (Register banks 2,3,4 (08H to 1FH) form the default stack area).
- Stack can be relocated by setting SP to the upper memory area in 30H to 7FH, (mov SP, #32H).

Register PSW

Program Status Word: bersifat “bit addressable” register 8-bit Menyimpan seluruh flag.

(MSB)				(LSB)			
CY	AC	F0	RS1	RS2	OV	-	P

Symbol	Position	Function
CY	PSW.7	Carry Flag
AC	PSW.6	Auxiliary Carry Flag. For BCD Operations
F0	PSW.5	Flag 0. Available to the user for general purposes.
RS1	PSW.4	Register bank select bits. Set by software to determine which register bank is being used.
RS2	PSW.3	
OV	PSW.2	Overflow Flag
-	PSW.1	Not used
P	PSW.0	Parity Flag. Even Parity.

Gambar 74 Register PSW

Register P0, P1, P2, and P3

- Port Latch.
- Memberikan nilai yang dikeluarkan pada port tertentu atau nilai yang dibaca dari port input tertentu.
- Bersifat bit addressable. Alamat bit pertama juga merupakan alamat register yang bersangkutan. Contoh: alamat P1 adalah 90H, sehingga P1.7 atau 97H merupakan bit yang sama.

Register SBUF

- Serial Port Data Buffer.
- 2 register dengan lokasi yang sama. Satu untuk menyimpan data serial hasil input (Buffer Serial Data Receive). Satu lagi untuk tulis data serial (Buffer Serial Data Transmit).

Register Timer – TH0 dan TL0

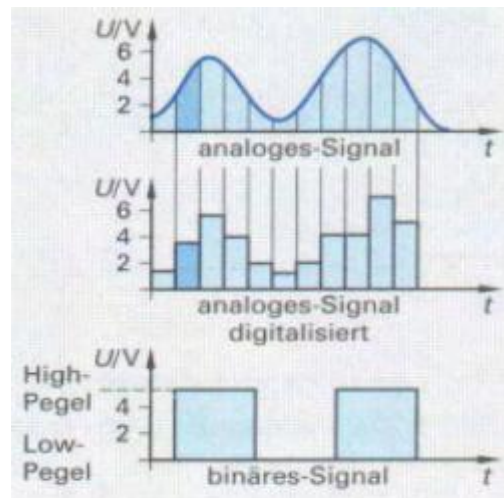
- Byte tinggi dan rendah register cacah 16-bit untuk timer/counter T0.
- Terdapat pasangan TH1 / TL1 untuk timer T1.

Register Kontrol

- IP – Interrupt Priority.
- IE – Interrupt Enable.
- TMOD – Timer Mode.
- TCON – Timer Control.
- T2CON – Timer 2 Control (8052)
- SCON – Serial Port Control.
- PCON – Power Control (80C51).

2.2. ADC (Analog to Digital Conversion)

Mikroprosesor hanya dapat mengolah data dalam format digital. Sedangkan besaran alam yang ditangkap oleh sensor berupa analog. Oleh karena itu, besaran-besaran analog tsb harus diubah menjadi besaran digital agar dapat diproses oleh mikroprosesor. Proses digitalisasi ini dilakukan oleh sebuah perangkat yang disebut Konverter Analog-keDigital (ADC). Adapun tahapan digitalisasi meliputi: Sampling, kuantisasi, dan pengkodean ke besaran digital (coding).



Gambar 75. Proses Konversi Analog - ke - Digital.

Sampling

Proses pertama konversi analog ke digital adalah sampling, yaitu membagi sinyal analog menjadi beberapa bagian dengan interval waktu yang sama, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.11 bagian atas. Banyaknya sinyal tersampling ditentukan oleh frekuensi sampling.

Kuantisasi

Setelah sinyal analog terbagi menjadi beberapa bagian (sesuai dengan frekuensi sampling), maka setiap bagian lalu dikuantisasi, yaitu diberi nilai sesuai dengan nilai analognya, seperti ditunjukkan oleh Gambar 9.11 bagian kedua (tengah). Pada contoh tsb nilai hasil kuantisasi ditunjukkan pada Tabel 9

Kode Biner

Tahap akhir konversi A/D adalah membuat kode biner berdasarkan nilai kuantisasi yang diperoleh dari tahap sebelumnya.

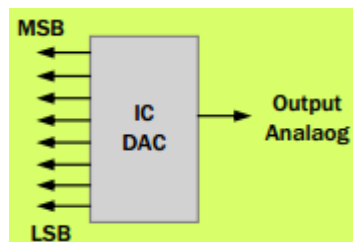
Tabel 9. Konversi A/D

Sampling	Nilai Kuantisasi	Biner
1	1	001
2	3	011
3	5	101
4	4	100
5	2	010
6	1	001
7	2	010
8	4	100
9	4	100
10	7	111
11	5	101

2.3. DAC (Digital to Analog Conversion)

Lengan robot dan bagian lainnya dapat bergerak karena mendapat instruksi dari mikroprosesor sesuai dengan program yang telah ditulis oleh seorang pemrogram. Instruksi-instruksi di dalam mikroprosesor tentunya berupa data-data digital, sedangkan penggerak robot biasanya bekerja secara analog. Oleh karena itu, data digital dari mikroprosesor (berupa perintah untuk menggerakkan suatu bagian robot) ke penggerak perlu diubah dalam format analog. Perangkat pengubah Digital ke Analog ini disebut DAC (Digital to Analog Converter). Banyak DAC yang telah tersedia dalam bentuk IC.

Secara logika, setiap nilai biner dapat diubah menjadi nilai analog, sehingga akan didapat nilai pengukuran output analog tak hingga besarnya. Pada kenyataannya hal ini tidaklah mungkin, karena dalam rangkaian elektronik, tegangan output dibatasi oleh tegangan catu daya DC yang digunakan pada rangkaian.



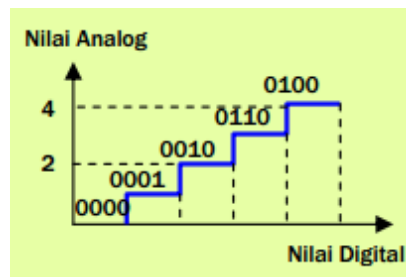
Gambar 76. DAC dalam bentuk IC

Nilai maksimum output analog DAC = Tegangan Catu Daya DC yang digunakan pada DAC.

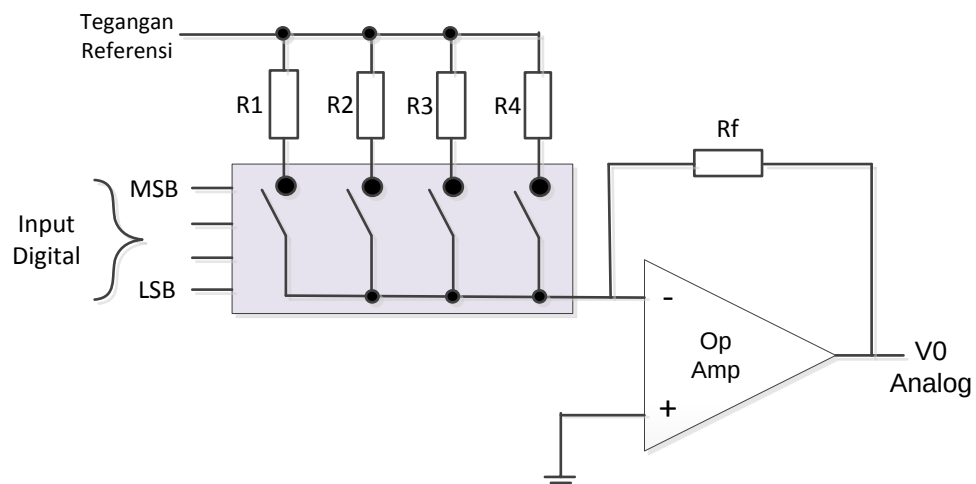
$$\text{Nilai Step} = \frac{\text{Nilai Maks}}{2^N}$$

$$\text{Resolusi (\%)} = (1/2^N) \times 100\%$$

$$\begin{aligned} V_o(\text{maks}) &= \text{Output Analog maksimum} \\ &= (2^N - 1) \times \text{Nilai Step} \end{aligned}$$



Gambar 77. Bentuk Gelombang Tangga



Gambar 78. Rangkaian Konverter Digital ke Analog,

2.4. Perbaikan pada sistem mikrokontroler

Perbaikan sistem mikrokontroler biasanya dilakukan dengan penggantian IC mikrokontrolernya, sebab sistem ini terdiri atas single chip mikroprosesor.

Kerusakan Perangkat Lunak

Kerusakan yang terjadi pada perangkat lunak mikrokontroller sangat jarang terjadi. Tetapi ada hal-hal yang menyebabkan program di dalam memori menjadi rusak, antara lain karena:

- Memori (di dalam EPROM) terkena kelistrikan akibat grounding ataupun arus bocor dari rangkaian input/output
- Terjadi kerusakan fisik pada IC memori (retak, korosi, kaki patah, terkena benda cair, terkena panas berlebih, dan sebagainya)

D. Aktivitas Pembelajaran

Proses pembelajaran pada menggunakan pendekatan ilmiah (saintifik). Langkahlangkah pendekatan ilmiah (scientific appoach) dalam proses pembelajaran meliputi menggali informasi melaui pengamatan, bertanya, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi, menyajikan data atau informasi, dilanjutkan dengan menganalisis, menalar, kemudian menyimpulkan, dan mencipta. Seluruh materi yang ada pada setiap materi diupayakan sedapat mungkin diaplikasikan secara prosedural sesuai dengan pendekatan ilmiah.

Langkah awal untuk mempelajari materi adalah dengan melakukan pengamatan (observasi). Keterampilan melakukan pengamatan dan mencoba menemukan hubungan-hubungan yang diamati secara sistematis merupakan kegiatan pembelajaran yang sangat aktif, inovatif, kreatif dan menyenangkan. Dengan hasil pengamatan ini, berbagai pertanyaan lanjutan akan muncul. Dengan melakukan penyelidikan dan latihan lanjutan, peserta diklat akan memperoleh pemahaman yang makin lengkap tentang masalah yang kita amati. Adapun observasi yang Anda lakukan adalah dengan mengamati beberapa contoh rangkaian digital dan sistem minimum mikrokontroler MCS51 yang telah disediakan.

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Apa guna dari logik probe itu ? Terangkan bagaimana menggunakan alat ukur tersebut dengan benar.
2. Kapan dilakukan teknik melacak kerusakan rangkaian digital dengan cara penumpukan IC
3. Langkah-langkah apa saja yang dilakukan untuk mengidentifikasi kerusakan pada rangkaian digital.

F. Rangkuman

- Ada bermacam-macam tipe IC digital, yaitu: RTL, DCTL, DTL, TTL, ECL, CMOS, LOC MOS, PMOS, NMOS, IIL, SSI, MSI dan LSI, yang masing-masingnya mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.
- IC digital yang banyak digunakan pada rangkaian secara umum saat ini adalah IC TTL dan CMOS. x Rangkaian memori pada IC digital (Flip-Flop) dapat digunakan untuk membuat rangkaian counter (penghitung) dan register. x Peralatan Bantu untuk mencari kerusakan pada rangkaian digital, selain multimeter dan osiloskop biasanya agak khusus, seperti: klip logik, logik probe, Pembangkit Pulsa logik dan penguji IC digital.
- Teknik melacak kerusakan rangkaian digital adalah: lihat dan sentuh, panaskan dan dinginkan, penumpukan IC, pendekatan dengan IC sejenis dan pengukuran yang sangat teliti. x Mikroprosesor merupakan sebuah sistem pemroses data yang dapat digunakan pada sistem-sistem pemroses data, pemroses sinyal atau sistem otomatisasi. Ini menyangkut bidang yang sangat luas: bidang produksi, komunikasi, kesehatan, dan lain-lain
- Pemeliharaan sistem berbantuan mikroprosesor pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua: yaitu mikroprosesor yang melekat pada sistem dan mikroprosesor yang tidak melekat pada sistem. Dasar pelacakan kerusakan untuk kedua sistem prinsipnya adalah sama, tetapi teknik-

teknik pelacakannya masing-masing sangat unik dan khas. Para teknisi perlu mempunyai pengetahuan yang cukup tentang cara kerja dan karakteristik kedua sistem tersebut.

- Mikroprosesor pada dasarnya terdiri dari 3 bagian utama, yaitu bagian Input-output (I/O), bagian pemroses (CPU) dan bagian penyimpan data (memori). x Mikroprosesor bekerja dengan sistem digital. Pada kenyataannya banyak mikroprosesor yang digunakan untuk sistem-sistem yang berhubungan langsung dengan besaran-besaran analog, misalnya sebagai kontrol temperatur ruang. Temperatur ruang bukanlah bersifat digital melainkan analog. Oleh karena itu, maka diperlukan sebuah rangkaian sebagai bagian dari sistem elektronik berbantuan mikroprosesor, yang dapat mengubah besaran analog menjadi besaran digital. Rangkaian ini disebut sebagai ADC (Analog to Digital Converter). Selanjutnya, setelah data diproses, data tersebut diperlukan untuk menggerakkan aktuator (misalnya motor untuk menggerakkan lengan robot), yang kebanyakan bekerja dengan sistem analog. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian pengubah sinyal digital ke analog, yang disebut DAC (Digital to Analog Converter).
- Perbaikan sistem mikrokontroler biasanya dilakukan dengan penggantian IC mikrokontrolernya, sebab sistem ini terdiri atas single chip mikroprosesor.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik

Sudahkah anda mampu:

- Mengidentifikasi komponen pada rangkaian digital
- Mengidentifikasi sistem pada rangkaian mikrokontroler
- Mendiagnosis kerusakan pada sistem digital
- Mendiagnosis kerusakan pada sistem mikrokontroler

Tindak Lanjut

- Peserta didik dapat melakukan troubleshooting pada sistem rangkaian digital
- Peserta didik dapat melakukan troubleshooting pada sistem rangkaian mikrokontroler

Kegiatan Pembelajaran 6

Kontrol Motor Listrik Menggunakan Plc

A. Tujuan

1. Peserta diklat dapat merancang kontrol motor listrik menggunakan PLC pada sistem otomasi industri secara benar
2. Peserta diklat dapat membuat rangkaian kontrol motor listrik dengan PLC sistem otomasi industri secara benar

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menghasilkan rancangan kontrol motor listrik dengan PLC pada sistem otomasi industri
2. dapat disimulasikan pada program simulator

C. Uraian Materi

Proses produksi dalam dunia industri banyak menggunakan motor-motor listrik. Maka diperlukan suatu sistem pengaturan untuk motor-motor listrik tersebut secara efektif dan efisien. Sistem kontrol sampai sekarang telah berkembang dengan pesat, hal ini karena dipengaruhi oleh peningkatan ukuran dan kompleksitas dari proses produksi, terutama sejak dikembangkan programmable logic controller (PLC). Hingga akhir tahun 1970, sistem otomasi mesin dikendalikan oleh relai elektromagnet. Dengan semakin meningkatnya perkembangan teknologi, tugas-tugas pengendalian dibuat dalam bentuk pengendalian terprogram yang dapat dilakukan antara lain menggunakan PLC (Programmable Logic Controller). Dengan PLC, sinyal dari berbagai peralatan luar diinterfis sehingga fleksibel dalam mewujudkan sistem kendali. Disamping itu, kemampuannya dalam komunikasi jaringan memungkinkan penerapan yang luas dalam berbagai operasi pengendalian sistem.

1. Pengontrolan Motor

Arti pengontrolan adalah segala usaha yang dilakukan untuk membimbing suatu proses dalam mencapai suatu tujuan. Jadi yang dimaksud dengan pengontrolan motor diantaranya meliputi pengaturan dan pengendalian motor dari start, running sampai motor itu berhenti.

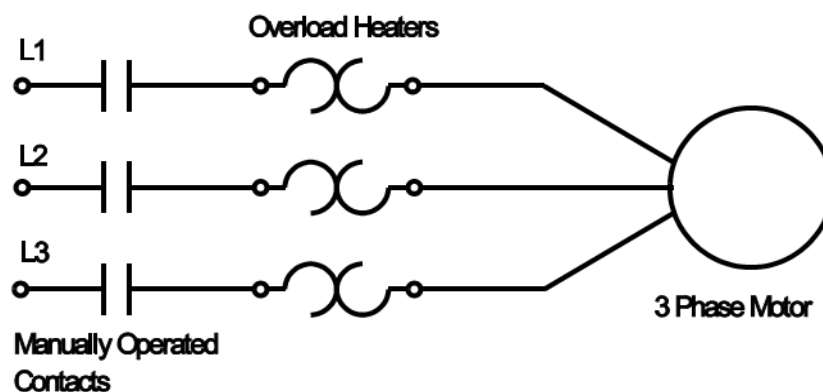
Menurut fungsinya pengontrolan motor dapat dikategorikan menjadi tiga bagian yaitu:

- Pengontrolan pada waktu start.
- Pengontrolan pada waktu motor dalam keadaan jalan, yaitu pengaturan kecepatan, pembalikkan arah putaran dll.
- Pengontrolan pada waktu menghentikan (pengereman)

Sedangkan sistem pengontrolan itu sendiri terdiri dari 3 bagian

1.1. Pengontrolan dengan kontak manual (*Manual control*)

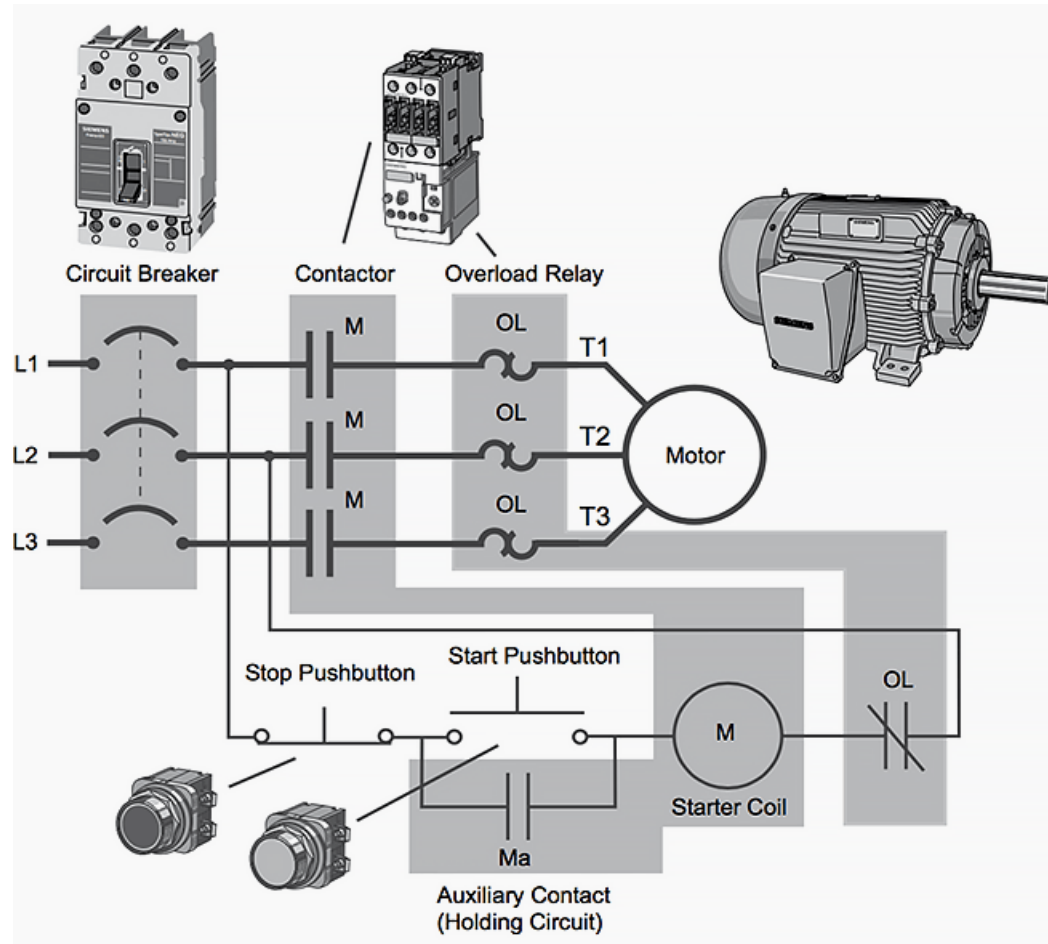
Artinya motor dikontrol secara langsung dengan kontak manual, maksudnya adalah menjalankan dan menghentikan motor tersebut hanya memakai saklar start dan stop saja. Dan alat pengontrolannya ditempatkan pada peralatan mesin tersebut dan motor tersebut hanya dilindungi oleh pengaman beban lebih. Seperti pada gambar 91 berikut.



Gambar 79. Skema rangkaian kontrol manual motor 3 fasa

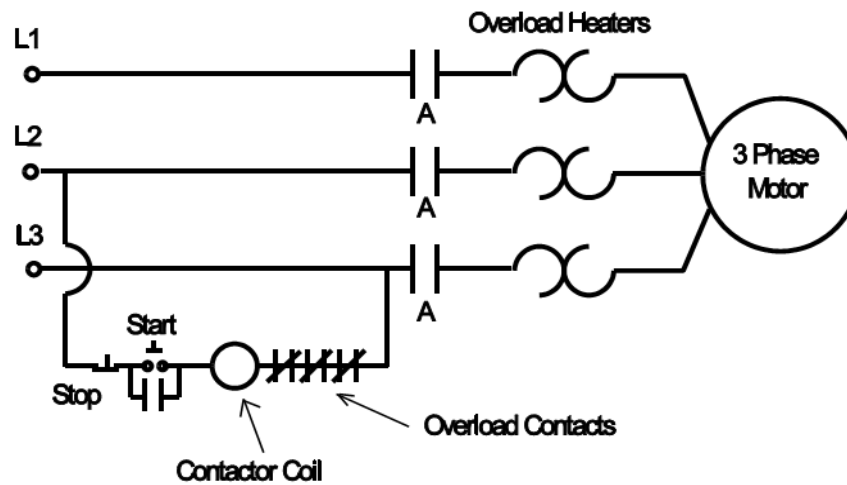
1.2. Pengontrolan Semi Otomatis (*Semi Automatic Control*)

Sistem pengontrolan ini menggunakan kontaktor magnet dan tombol tekan yang dilengkapi dengan kontrol perlindungan (*protektion*)



Gambar 80. Ilustrasi sistem kontrol motor menggunakan manual

Pada sistem ini start dan stop dilakukan dengan tangan dan pelayanan atau penyaluran tenaga ke motor dihubungkan melalui kontaktor magnet seperti gambar 6.3. Kontrol motor dilengkapi dengan thermal Over Load OL dan pemutus rangkaian (circuit breaker). Sementara untuk koneksi dengan sumber daya digunakan kontaktor magnet. Untuk menjalankan motor dengan menggunakan tombol push button Normali Open (NO) dan menghentikan motor juga dengan push button Normali Close (NC)

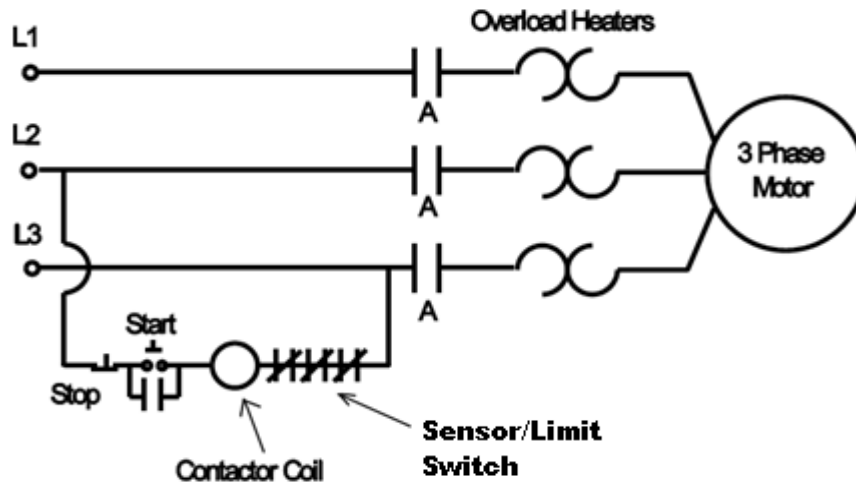


Gambar 81. Skema rangkaian kontrol semi otomatis motor 3 fasa

Berikut ini sebuah ilustrasi pengontrolan motor 3 fase dengan kontaktor

3. Pengontrolan Otomatis (*Automatik Control*)

Sistem pengontrolan otomatis adalah motor dikontrol oleh satu atau lebih alat pengontrol otomatis, start atau stop dapat dilakukan secara manual atau secara otomatis dengan alat bantu kontrol misal : Saklar batas, saklar penunda waktu, saklar thermis dsb. Sebagai contoh pemakaian pengontrol otomatis pada motor pompa sistem pengontrolan dapat dilengkapi dengan saklar pengapung, saklar pengapung akan menutup rangkaian kontrol bila air didalam tangki mencapai tingkat terendah dan motor bekerja. Bila air telah penuh saklar pengapung akan membuka rangkaian kontrol dan motor berhenti. Gambar bagan seperti dibawah ini.



Gambar 82. Skema rangkaian kontrol otomatis motor 3 fasa

2. Komponen – Komponen Pengontrolan.

Fungsi dari komponen–komponen pengontrolan adalah untuk mengoperasikan suatu mesin sesuai dengan fungsinya oleh sebab itu didalam memilih komponen kontrol harus disesuaikan dengan peralatan / mesin yang dilayaninya.

Peralatan yang banyak dipakai berfungsi sebagai saklar yaitu untuk memutuskan dan menghubungkan suatu rangkaian kontrol. Menurut kerjanya saklar dapat dibedakan menjadi dua bagian , yaitu :

2.1. Saklar yang dioperasikan dengan tangan (*Manual Switch*)

- Saklar Togel (toggle Switch)
 - a. Saklar SPST (Single Pole Switch Throw Switch)
 - b. Saklar SPDT (Single Pole Double Throw Switch)
 - c. Saklar DPST (Double Pole Single Throw Switch)
 - d. Saklar DPDT (Double Pole Double Throw Switch)
 - e. Saklar TPST (Three Pole Single Throw Switch)
 - f. Saklar TPDT (Three Pole Double Throw Switch)

- Saklar tekan (push button), bisa dalam hubungan Normali open (NO) maupun hubungan Normali Close (NC) bahkan hubungan dapat merupakan kombinasi NO dan NC
- Saklar putar (cam switch), berupa saklar putar SPST, SPDT, DPST, dan DPDT



Saklar pilih

Saklar push button NC dan NO

SAKLAR MANUAL



Saklar togle

Saklar putar dan push button dengan pengunci

Gambar 83. Bentuk fisik jenis saklar untuk sistem kontrol motor

2.2. Saklar otomatis (outomatic switch)

- Saklar batas
- Saklar apung
- Saklar tekan arus
- Saklar temperature

2.3. Pengontrolan dengan Kontaktor

Didalam pengontrolan dengan kontaktor diperlukan komponen – komponen lain selain kontaktor, antara lain :

2.3.1. Relay beban lebih (*over load protection / TOL*)

TOL berfungsi untuk mengamankan atau memberikan perlindungan terhadap motor dari kerusakan akibat pembebanan lebih.

Beban lebih terjadi diakibatkan oleh :

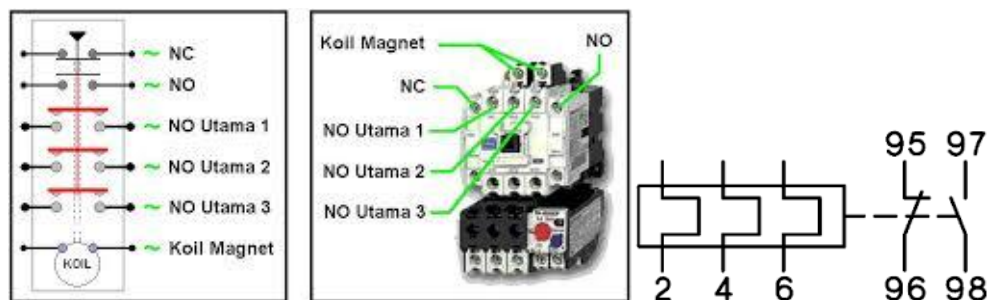
- Terlalu besarnya beban mekanik dari motor.
- Arus start yang terlalu besar atau motor berhenti mendadak
- Terjadinya hubung singkat.
- Terbukanya salah satu fasa dari motor tiga fasa.

Arus yang terlalu besar yang timbul pada belitan motor akan menyebabkan kerusakan dan terbakarnya belitan motor. Untuk menghindari hal – hal tersebut diatas dapat dipasang alat perlindungan (*protection relay*) pada alat pengontrol.

Relay thermal banyak sekali digunakan untuk perlindungan motor – motor arus searah atau arus bolak balik dari ukuran kecil sampai menengah. Relay ini bekerja berdasarkan panas (temperatur) yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui elemen – elemen pemanas bimetal. Dari sifat pelengkungan bimetal akibat panas yang ditimbulkan, bimetal ini akan menggerakkan kontak – kontak mekanis pemutus rangkaian listrik. Bentuk konstruksi dan simbol dari relay dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 84. Kontaktor dan relay beban lebih



Gambar 85. Simbol kontak untuk kontaktor relay beban lebih

3. Kontrol motor listrik dengan Elektromagnetik

Kontrol motor listrik menggunakan dapat dilakukan dengan kontrol elektromagnetik. Untuk mengoperasikan atau menjalankan motor listrik dalam berbagai keperluan antara lain :

- menjalankan motor listrik secara langsung atau direct on line (DOL),
- menjalankan motor listrik dari 2 tempat,
- menjalankan motor 3 fasa putar kanan putar kiri (maju mundur) secara otomatis,
- menjalankan motor 3 fasa hubungan bintang segitiga secara otomatis,
- menjalankan 3 buah motor listrik yang bekerja berurutan secara otomatis,
- menjalankan 3 buah motor listrik yang bekerja bergantian secara otomatis.

Bagaimana cara dan proses kerja Sistem Kendali Elektromagnetik pada motor induksi 3 fasa. Tetapi sebelumnya terlebih dahulu kita perlu mengetahui cara kerja dari sebuah motor 3 fasa.

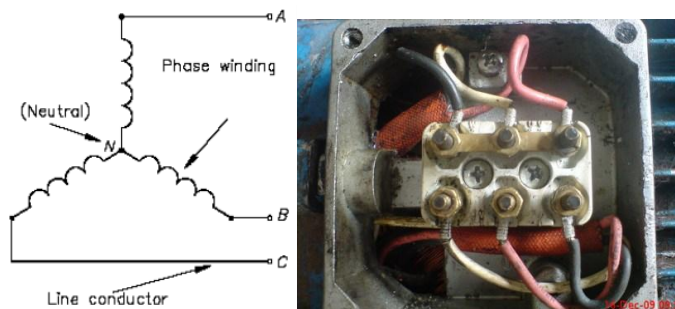
Cara kerja motor 3 fasa :

- Motor 3 fasa akan bekerja/ berputar apabila sudah dihubungkan dalam hubungan tertentu.
- Mendapat tegangan (jala-jala/ power/ sumber) sesuai dengan kapasitas motornya.

Cara menghubungkan motor dalam hubungan bintang (Y) :

1. Cukup mengkoppelkan/ menghubungkan salah satu dari ujung-ujung kumparan phasa menjadi satu.
2. Sedangkan yang tidak dihubungkan menjadi satu dihubungkan kesumber tegangan.

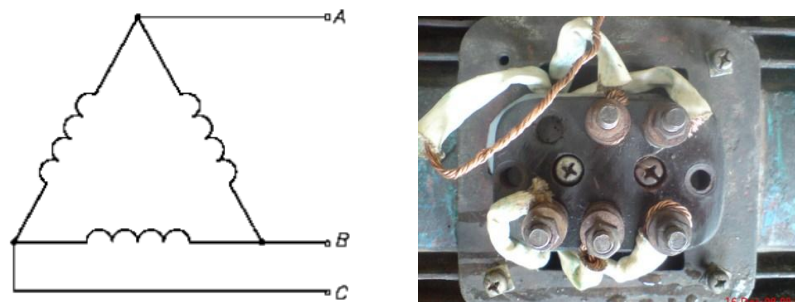
Berarti motor harus dihubungkan bintang baik secara langsung pada terminal maupun melalui rangkaian kontrol.



Gambar 86. Hubungan Bintang/ Star (Y)

Motor bekerja segitiga /Delta (▲)

Berarti motor harus dihubungkan segitiga baik secara langsung pada terminal maupun melalui rangkaian kontrol. Kecuali mesin-mesin yang berkapasitas tinggi diatas 10 HP, maka motor tersebut wajib bekerja segitiga (▲) dan harus melalui rangkaian kontrol star delta baik secara mekanik, manual, PLC.



Gambar 87. Hubungan Delta (▲)

Dimana bekerja awal (start) motor tersebut bekerja bintang hanya sementara, selang berapa waktu barulah motor bekerja segitiga dan motor boleh dibebani.

Cara menghubungkan motor dalam hubungan segitiga (▲) :

1. Ujung pertama dari kumparan fasa I dihubungkan dengan ujung kedua dari kumparan fasa III
2. Ujung pertama dari kumparan fasa II dihubungkan dengan ujung kedua dari kumparan fasa I
3. Ujung pertama dari kumparan fasa III dihubungkan dengan ujung kedua dari kumparan fasa II.

Mengapa motor harus dihubungkan dengan Star – Delta?

1. Beban dengan inersia yang tinggi/ besar akan menyebabkan waktu starting motor menjadi lama untuk mencapai kecepatan nominalnya.
2. Selama periode starting tersebut, maka pada stator dan rotor akan mengalir arus yang besar sehingga bisa terjadi pemanasan berlebih (overheating) pada motor
3. Lebih buruk lagi menyebabkan gangguan pada sistem jala-jala sumber listriknya sehingga akan menurunkan tegangannya. hal ini akan mengganggu beban listrik lainnya.
4. Untuk menghindari hal tersebut, suatu motor induksi seringkali di start dengan level tegangan yang lebih rendah dari tegangan nominalnya.
5. Pengurangan tegangan starting tersebut akan membatasi daya yang diberikan ke motor, namun demikian disisi lain pengurangan tegangan ini akan berdampak memperpanjang waktu/periode starting (waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan nominalnya).

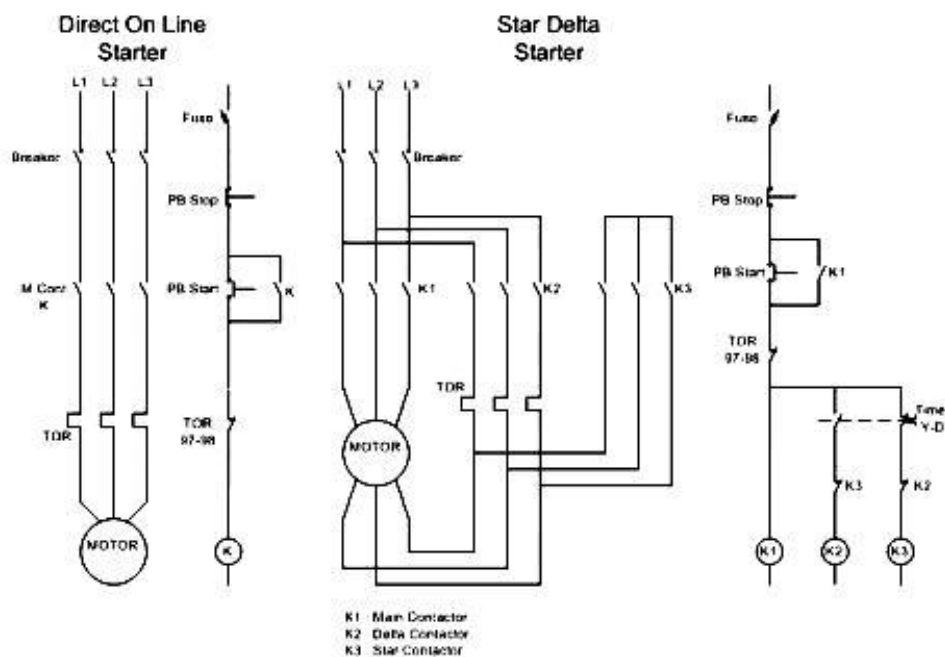
3.2. Rangkaian Sistem Kendali Elektromagnetik Pada Motor Induksi 3 Fasa

Rangkaian sederhana dengan menggunakan kontaktor magnet yaitu mengontrol sebuah motor listrik. Pengontrolan oleh kontaktor magnet menggunakan 2 rangkaian yaitu rangkaian kontrol dan rangkaian utama. Peralatan kontrol yang

digunakan dalam pengoperasiannya yaitu, MCB 3 fasa, TOR (*Thermal Overload Relay*), sakelar tekan ON/ OFF dan kontaktor.

Rangkaian kontrol merupakan rangkaian yang mengendalikan/ mengoperasikan rangkaian utama, sedangkan rangkaian utama merupakan aliran hubungan ke beban (motor 3 fasa). Rangkaian utama menggunakan kontak utama (1-3-5 dan 2-4-6) dari kontaktor magnet untuk menghubungkan/ memutuskan jaringan dengan motor listrik. Karena arus yang mengalir pada rangkaian utama relatif lebih besar daripada rangkaian kontrol, maka pada rangkaian utama dilengkapi dengan TOR (*Thermal Overload Relay*) atau pengaman beban lebih dari hubung singkat ataupun beban yang lebih.

Pada rangkaian kontrol, arus yang mengalir relatif kecil. Rangkaian kontrol dilengkapi dengan sakelar tekan NO untuk tombol NP dan NC untuk tombol OFF. Karena menggunakan open.an tombol (sakelar) tekan, maka pada tombol ON dibuat pengunci (sakelar bantu) dari kontak bantu kontaktor yang normally open.

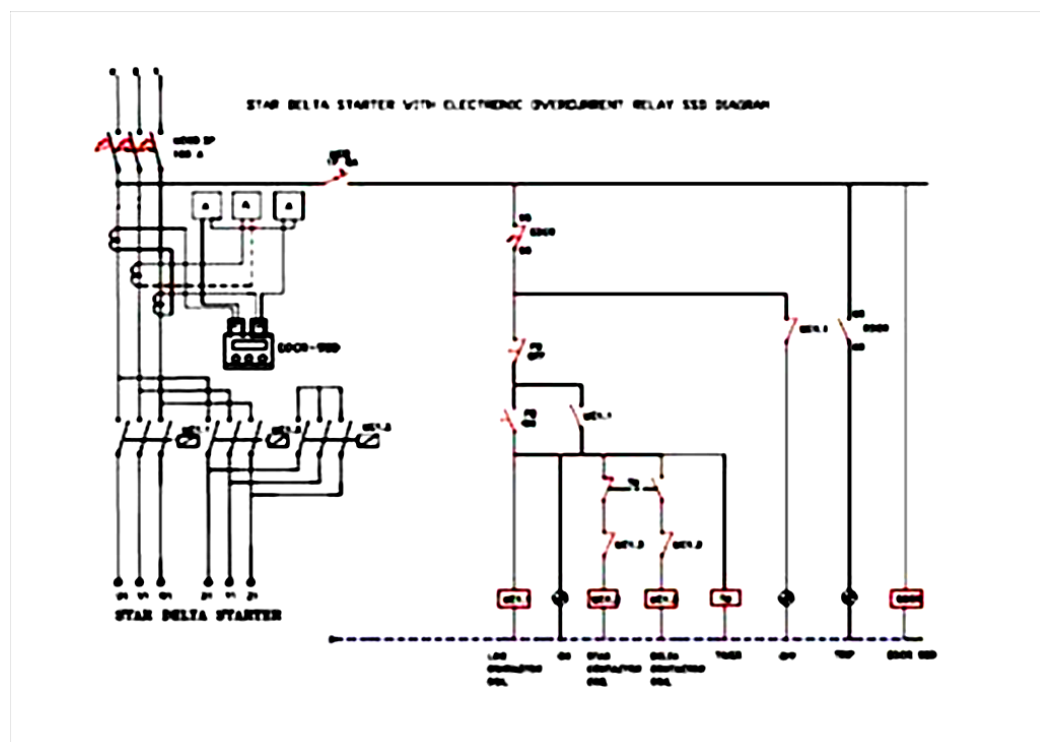


Gambar 88. Rangkaian Sistem Kendali Elektromagnetik Pada Motor Induksi 3 Fasa

❖ Contoh: Rangkaian Sistem Kendali Elektromagnetik Pada Motor Induksi 3 Fasa Hubungan Bintang Segitiga secara otomatis

Rangkaian daya hubungan bintang segitiga menggunakan tiga buah kontaktor K1, K2, dan K3 Gambar 6.11. Fuse F1 berfungsi mengamankan jika terjadi hubungsingkat pada rangkaian motor. Saat motor terhubung bintang kontaktor Q1 dan Q2 posisi ON dan kontaktor Q3 OFF. Beberapa saat kemudian timer yang disetting waktu 60 detik energized, akan meng-OFF-kan Q1, sementara Q2 dan Q3 posisi ON, dan motor terhubung segitiga. Pengaman beban lebih F3(thermal overload relay) dipasang seri dengan kontaktor, jika terjadi beban lebih disisi beban, relay bimetal akan bekerja dan rangkaian kontrol berikut kontaktor akan OFF.

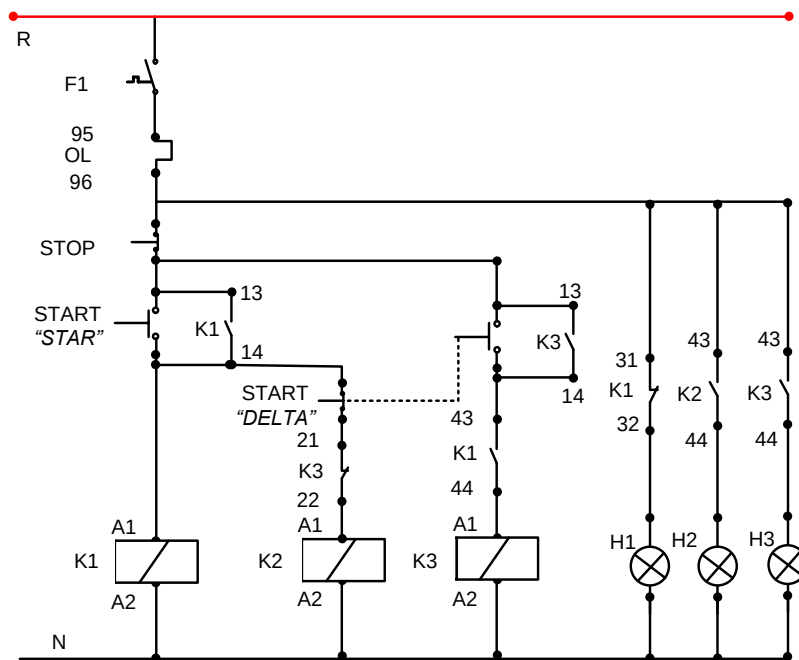
Tidak setiap motor induksi bias dihubungkan *bintang-segitiga*, yang harus diperhatikan adalah tegangan *name plate* motor harus mampu diberikan tegangan sebesar tegangan jala-jala (Gambar 6.11), khususnya pada saat motor terhubung segitiga. Jika ketentuan ini tidak dipenuhi, akibatnya belitan stator bisa terbakar karena tegangan tidak sesuai.



Gambar 89. Rangkaian Sistem Kendali Elektromagnetik Pada Motor Induksi 3 Fasa Hubungan Bintang Segitiga dilengkapi timer

Gambar 101. pada saat hubungan Bintang terjadi jika Tombol S2 di-ON-kan terjadi loop tertutup pada rangkaian koil Q1 dan menjadi *energized* bersamaan dengan koil Q2. Kontaktor Q1 dan Q2 *energized* motor terhubung bintang. Koil timer K1 akan *energized*, selama setting waktu berjalan motor **terhubung bintang**. Saat Q1 dan Q2 masih posisi ON dan timer K1 masih *energized*, sampai setting waktu berjalan motor terhubung bintang. Ketika setting waktu timer habis, kontak *Normally Close* K1 dengan akan OFF menyebabkan koil kontaktor Q1 OFF, bersamaan dengan itu Q3 pada posisi ON. Posisi akhir kontaktor Q2 dan Q3 posisi ON dan motor dalam hubungan segitiga. Untuk mematikan rangkaian cukup dengan meng-OFF-kan tombol tekan S1 rangkaian kontrol akan terputus dan seluruh kontaktor dalam posisi OFF dan motor akan berhenti bekerja. Kelengkapan berupa lampu-lampu indikator dapat dipasangkan, baik indikator saat rangkaian kondisi ON, maupun saat rangkaian kondisi OFF, caranya dengan menambahkan kontak bantu *normally open* yang diparalel dengan koil kontaktor dan sebuah lampu indicator, motor bekerja secara kontinu dengan hubungan delta.

Contoh rangkaian start STAR-DELTA secara manual (tidak dilengkapi dengan timer)

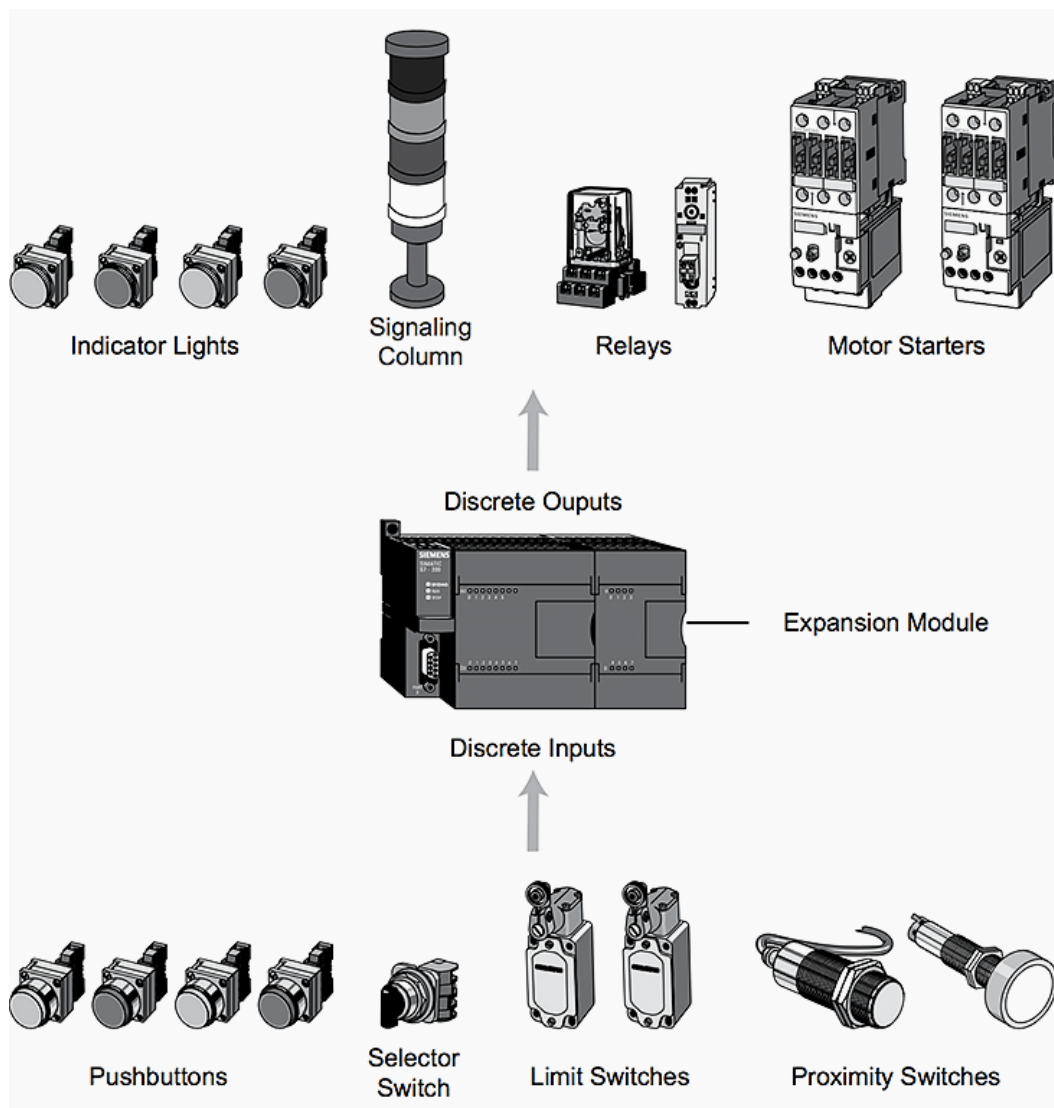


Gambar 90. Rangkaian Sistem Kendali Elektromagnetik Motor Induksi 3 Fasa Hubungan Bintang Segitiga bergantian

4. Kontrol Motor dengan PLC

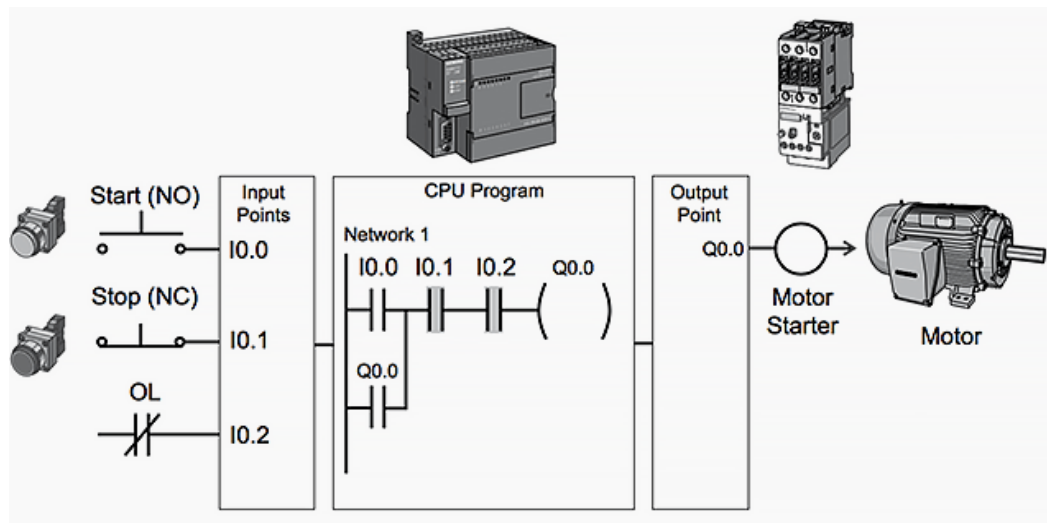
Semua program PLC tersebut dibuat menggunakan salah satu software Zeliosoft 2 dalam bentuk Ladder Diagram (LD) dan Function Block Diagram (FBD), tapi dalam kesempatan kali ini akan kami sajikan yang berbentuk Ladder Diagram (LD).

Peralatan yang digunakan untuk kontrol motor dengan PLC



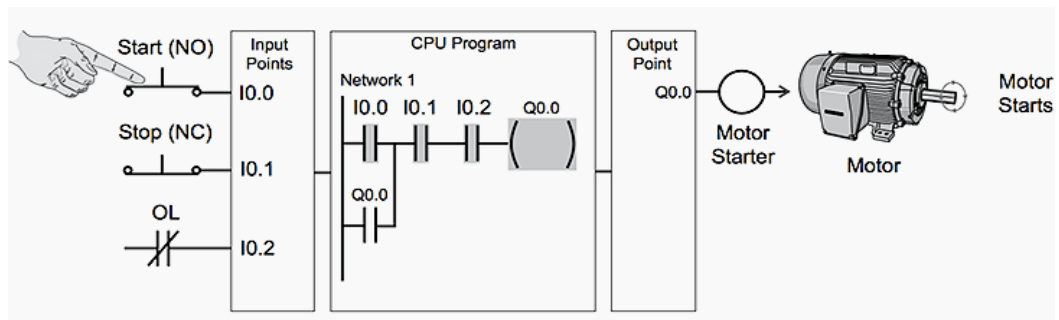
Gambar 91. Peralatan untuk kontrol motor dengan PLC

Contoh menjalankan motor dengan kontrol PLC

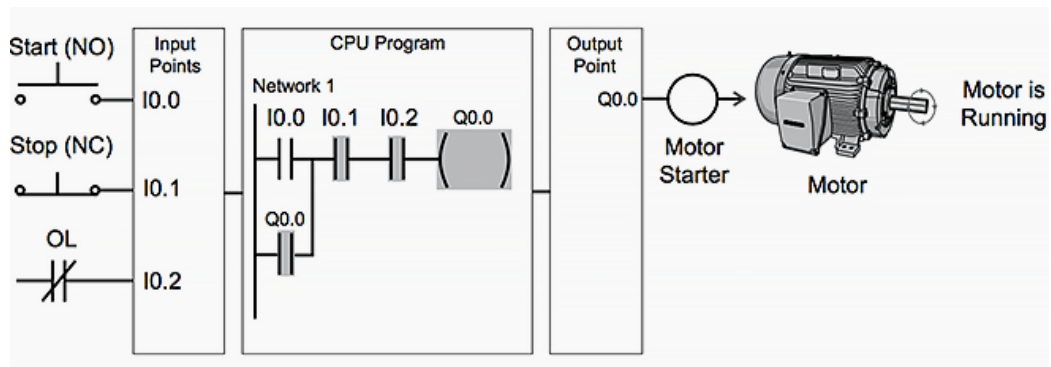


Gambar 92. Rangkaian star-Stop motor menggunakan PLC

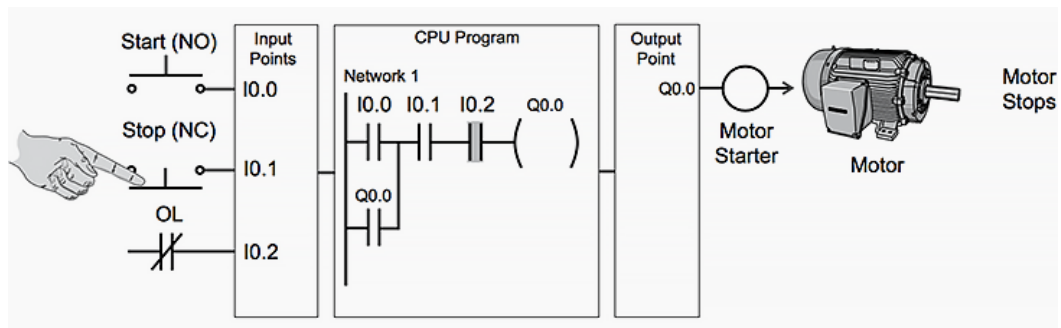
Ilustrasi rangkaian program PLC untuk menjalankan motor dengan kontaktor. Pada input menggunakan alamat I0.0 untuk tombol START (NO), alamat I0.1 untuk tombol STOP (NC), alamat I0.2 untuk Over Load (NC). Semua fungsi tombol masukan menggunakan program ladder dengan fungsi NO. Sementara keluaran Q0.0 untuk menghubungkan dengan kontaktor.



Gambar 93a. Rangkaian star-Stop motor menggunakan PLC
Saat tombol START ditekan



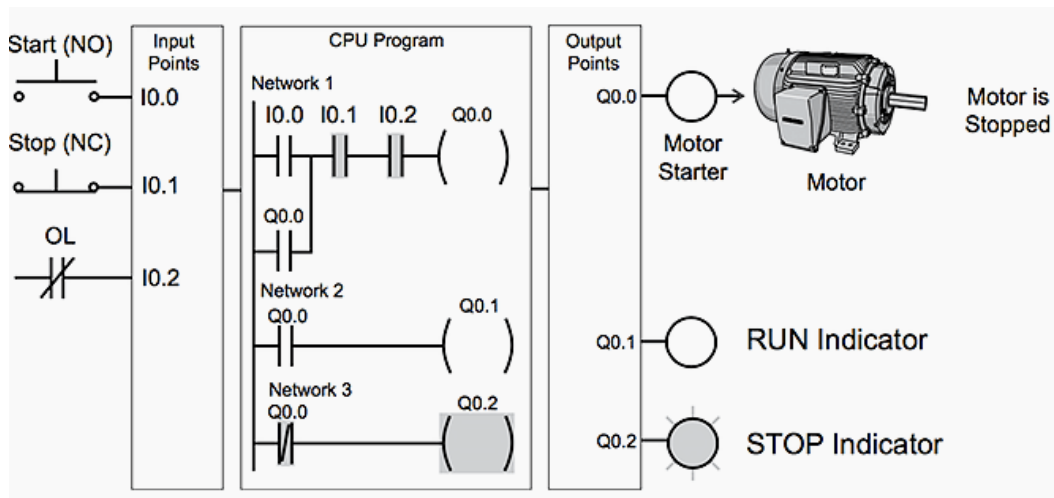
Gambar 93b. Rangkaian star-Stop motor menggunakan PLC
Setelah tombol START ditekan, dilepaskan dan mengunci



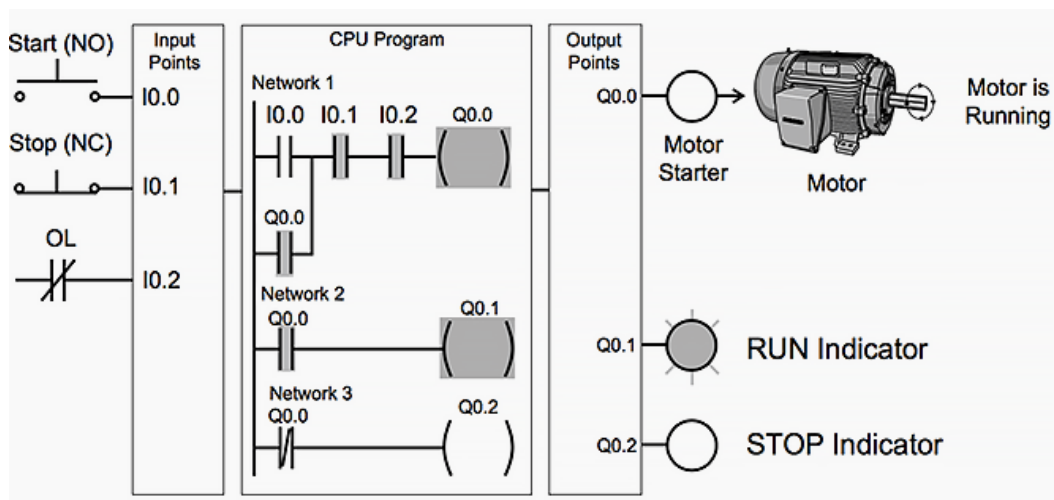
Gambar 93c. Rangkaian star-Stop motor menggunakan PLC
Saat tombol STOP ditekan

Jika tombol Start (NO) ditekan keluaran Q0.0 akan mendapat aliran arus dan menjadi ON, maka kontak Q0.0 juga akan mengunci rangkaian, sehingga motor akan bekerja (lihat aliran arus pada gambar 6.14

Jika gambar rangkaian 6.14. dilengkapi dengan lampu indikator, maka rangkaian ladder menjadi seperti gambar 6.15. Lampu indikator untuk posisi motor running dihubungkan dengan Q0.1 dan lampu indikator untuk posisi motor berhenti dihubungkan dengan Q0.2. Perhatikan bahwa hubungan lampu indikator running dan stop dilakukan secara silang, jika lampu indikator running sedang ON atau Q0.1 on maka otomatis lampu indikator stop pada Q0.2 akan terbuka dan sebaliknya.



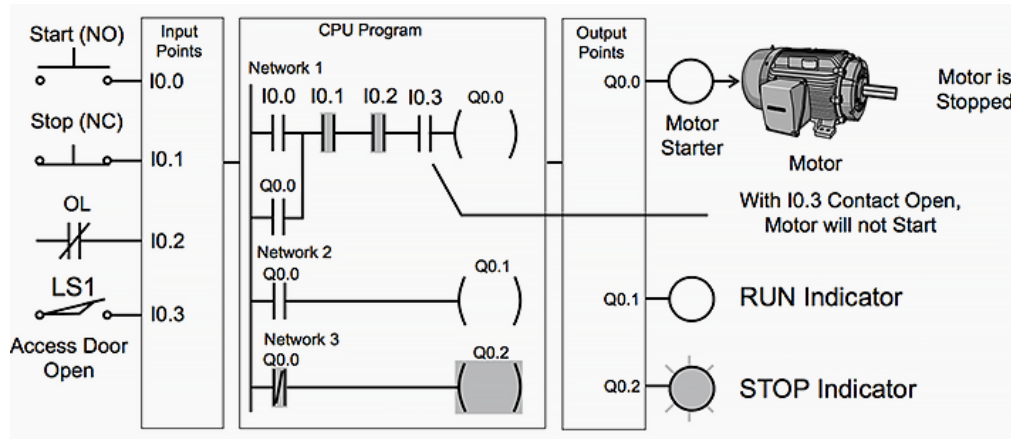
Gambar 94a. Rangkaian star-Stop motor dengan PLC dilengkapi lampu indikator, Kondisi normal tanpa ada tombol yang ditekan lampu indikator STOP menyala



Gambar 94b. Rangkaian star-Stop motor dengan PLC dilengkapi lampu indikator, Kondisi saat tombol START ditekan, output Q0.0 ON dan lampu indikator pada Q0.1 menyala

Contoh operasional motor akan dikendalikan oleh limit switch, dengan memasang limit switch pada alamat I0.3 seri pada rangkaian utama Gambar 6.17. Dimana limit seitch terhubung secara normali close (NC). Rangkaian akan bekerja jika pintu dalam kondisi tertutup, maka LS1 kondisi normal (NC) dan tombol START ditekan Q0.0 akan ON dan motor bekerja. Dalam kondisi motor bekerja, jika ada kondisi pintu terbuka maka LS1 akan terbuka dan rangkaian

akan menjadi terbuka motor selanjutnya akan berhenti. Perhatikan gambar berikut:



Gambar 95. Rangkaian star-Stop motor dengan PLC dilengkapi lampu indikator dan limit switch

D. Aktivitas Pembelajaran

Proses pembelajaran pada menggunakan pendekatan ilmiah (saintifik). Langkahlangkah pendekatan ilmiah (scientific appoach) dalam proses pembelajaran meliputi menggali informasi melalui pengamatan, bertanya, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi, menyajikan data atau informasi, dilanjutkan dengan menganalisis, menalar, kemudian menyimpulkan, dan mencipta. Seluruh materi yang ada pada setiap materi diupayakan sedapat mungkin diaplikasikan secara prosedural sesuai dengan pendekatan ilmiah.

Langkah awal untuk mempelajari materi adalah dengan melakukan pengamatan (observasi). Keterampilan melakukan pengamatan dan mencoba menemukan hubungan-hubungan yang diamati secara sistematis merupakan kegiatan pembelajaran yang sangat aktif, inovatif, kreatif dan menyenangkan. Dengan hasil pengamatan ini, berbagai pertanyaan lanjutan akan muncul. Dengan melakukan penyelidikan dan latihan lanjutan, peserta diklat akan memperoleh pemahaman yang makin lengkap tentang masalah yang kita amati. Adapun observasi yang Anda lakukan adalah dengan mengamati rangkaian motor induksi 3 fasa dengan kontaktor yang dikendalikan oleh PLC. Proses kendali motor

dengan membalik putaran motor dan menjalankan motor dengan starter Star-Delta menggunakan PLC sebagai sistem kontrolnya.

E. Latihan/Kasus/Tugas

Menjalankan motor induksi dengan starter Star-Delta motor induksi 3 fasa.

Pertanyaan:

- a. Buatlah rangkaian daya untuk motor menjalankan motor induksi 3 fasa dengan starter Star-Delta.
- b. Buatlah rangkaian kontrol serta penjelasannya untuk menjalankan motor 3 fasa dengan starter Star-Delta.
- c. Buatlah rangkaian ladder menggunakan salah satu program PLC (misalnya dengan CX-Programmer OMRON), atau program PLC lainnya untuk operasional motor Star-Delta.
- d. Buatlah gambar wiring diagram secara fisik untuk kontrol motor starter Star-Delta

F. Rangkuman

- ❖ Diagram Ladder menggambarkan program dalam bentuk grafik. Diagram ini dikembangkan dari kontak-kontak relay yang terstruktur yang menggambarkan aliran arus listrik. Dalam diagram ladder terdapat dua buah garis vertikal dimana garis vertikal sebelah kiri dihubungkan dengan sumber tegangan positif catu daya dan garis sebelah kanan dihubungkan dengan sumber tegangan negatif catu daya.
- ❖ Program ladder ditulis menggunakan bentuk pictorial atau simbol yang secara umum mirip dengan rangkaian kontrol relay. Program ditampilkan pada layar dengan elemen-elemen seperti normally open contact, normally closed contact, timer, counter, sequencer dll ditampilkan seperti dalam bentuk pictorial.

- ❖ Dibawah kondisi yang benar, listrik dapat mengalir dari rel sebelah kiri ke rel sebelah kanan, jalur rel seperti ini disebut sebagai ladder line (garis tangga). Peraturan secara umum di dalam menggambarkan program ladder diagram adalah :
 - Daya mengalir dari rel kiri ke rel kanan
 - Output koil tidak boleh dihubungkan secara langsung di rel sebelah kiri.
 - Tidak ada kontak yang diletakkan disebelah kanan output coil
 - Hanya diperbolehkan satu output koil pada ladder line.
 - Diantara garis vertikal tersebut disusun garis horizontal yang disebut rung (anak tangga) yang berfungsi untuk menempatkan komponen kontrol sistem.
- ❖ Untuk dapat mengendalikan motor induksi baik motor induksi 1 fasa maupun motor induksi 3 fasa diperlukan relay kontak yang dapat menghubungkan arus yang besar. Oleh sebab itu pada output kontak PLC harus dihubungkan dengan relay kontak atau kontaktor untuk dapat menyalurkan daya yang besar,

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Umpan Balik

Sudahkah Anda mampu:

- Cara menjalankan motor induksi 3 fasa dengan metode Starter STAR-Delta dengan metode konvensional
- Cara menjalankan motor induksi 3 fasa dengan metode Starter STAR-Delta dengan metode kontrol otomatis
- Cara mengoperasikan salah satu program PLC misal CX Programmer
- Membuat ladder diagram untuk operasional motor induksi 3 fasa dengan star-delta
- Membuat ladder diagram untuk operasional motor induksi 3 fasa dengan membalik putaran (Forward-Reverse)
- Membuat rangkaian pengawatan untuk sistem kontrol motor induksi 3 fasa dengan starter Star-Delta.

- Membuat rangkaian pengawatan untuk sistem kontrol motor induksi 3 fasa dengan membalik putaran (Forward-Reverse)

Tindak Lanjut

- Peserta didik dapat melakukan pengendalian terhadap motor dengan kontrol PLC
- Peserta didik dapat mengembangkan sistem kontrol motor induksi 3 fasa dengan membalik putaran motor induksi 3 fasa dengan sistem interlock.

Kegiatan Pembelajaran 7

Parameter Sistem HMI

A. Tujuan

1. Peserta diklat mampu menganalisis parameter yang ada pada sistem PLC dengan detail.
2. Peserta diklat mampu menganalisis parameter yang ada pada sistem elektro Pneumatik dengan detail.
3. Peserta diklat mampu menganalisis parameter yang ada pada sistem HMI secara keseluruhan dengan detail.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Hasil Analisis Parameter Sistem HMI

C. Uraian Materi

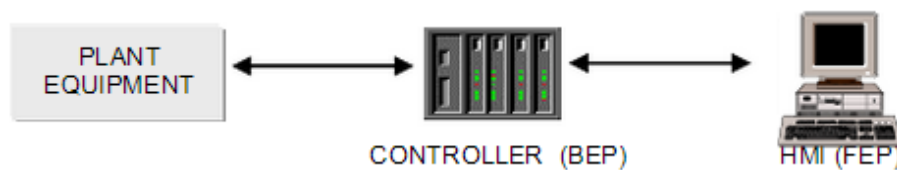
1. Parameter Sistem

Parameter Sistem adalah besaran yang nilainya akan memberi sifat (karakteristik) tertentu dari suatu sistem. Parameter adalah atribut sejati dari suatu objek dalam sistem. Nilai parameter dapat tetap (time invariant) berupa konstanta atau berubah dengan waktu (time variant).

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat realtime. Sistem pada HMI biasanya bekerja secara online dan realtime dengan membaca data yang dikirim melalui I/O port yang digunakan oleh kontrolernya. HMI sekarang ini biasanya berupa komputer (PC) yang didalamnya dipasang (Install) program aplikasi yang dibuat dengan menggunakan Software Otomation.

Sehingga parameter sistem HMI secara umum dapat dikatakan bahwa parameter HMI merupakan karakteristik dari sistem interface antara peralatan dengan manusia yang dapat dilakukan secara waktu nyata dan dapat dimonitor langsung.

Gambar 110. berikut ini merupakan gambaran sederhana komunikasi dalam sistem SCADA.



Gambar 96. HMI dalam Sistem SCADA

Ada banyak software otomasi yang dapat digunakan untuk membuat suatu program aplikasi pada HMI, diantaranya Wonderware, Intellution, Wizcon, Genie, Citect, dll. Dengan menggunakan software tersebut kita dapat membuat aplikasi yang dapat melakukan tugas-tugas seperti berikut:

1. Memberikan komando/perintah kepada suatu peralatan.
2. Membaca perubahan suatu besaran secara realtime.
3. Memonitor status (On/Off) suatu peralatan.
4. Memonitor Alarm.
5. Menampilkan data dalam modus grafik.
6. Membuat reporting secara periodik

Tugas dari Human Machine Interface (HMI) yaitu membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata. Sehingga dengan desain HMI dapat disesuaikan sehingga memudahkan pekerjaan fisik. Tujuan dari HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan layar komputer maupun touch panel dan memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem. HMI dalam industri manufacture berupa suatu tampilan Graphic User Interface (GUI) pada suatu tampilan layar computer yang akan dihadapi oleh operator mesin maupun pengguna yang membutuhkan data kerja mesin. Dalam HMI terdapat berbagai macam visualisasi untuk monitoring dan data mesin yang terhubung secara online dan real time. HMI akan memberikan suatu gambaran kondisi mesin yang berupa peta mesin produksi dimana disitu dapat dilihat bagian mesin mana yang sedang bekerja. Pada HMI juga terdapat visualisasi pengendali mesin berupa tombol, slider dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengontrol atau mengendalikan mesin sebagaimana mestinya. Selain itu dalam HMI juga ditampilkan alarm jika terjadi kondisi bahaya dalam sistem. Sebagai tambahan, HMI juga menampilkan data-data rangkuman kerja mesin termasuk secara grafik.

Human Machine Interface (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time. Sistem HMI biasanya bekerja secara online dan real time dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O port yang digunakan oleh sistem controller-nya. Port yang biasanya digunakan untuk controller dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah port com, port USB, port RS232 dan ada pula yang menggunakan port serial.

2. Sistem Online dan Real Time

Dengan menggunakan Online dan Real Time System pada SCADA didapatkan suatu sistem yang dapat dikendalikan dan dimonitor seketika seiring kejadian berlangsung. Dengan HMI yang terintegrasi pada sistem, dapat dipantau segala

kejadian dari layar monitor dan dapat mengendalikan sistem seketika melalui monitor komputer juga. Sehingga dengan sistem ini dapat menghemat waktu dan tenaga kerja untuk memonitor dan mengendalikan setiap stasiun kerja produksi. Perubahan secara online bisa berupa Penambahan tags pada HMI, Pengendali Manufacturing Execution System (MES), Mengedit logic pada program, Mengendalikan proses OS. Sistem Online dan Real Time pada SCADA mensyaratkan adanya hubungan antara komputer, sistem pengendali (CCU), dan mesin produksi. Dengan kondisi itu dapat dilakukan transfer informasi secara simultan dari sensor dan aktuator ke CCU dan dari CCU ke komputer yaitu ke HMI dan data base. Begitu pula untuk arah sebaliknya. Sistem realtime adalah suatu sistem yang memberikan informasi suatu keadaan dimana informasi yang ditampilkan pada sisi penerima sesuai sama dengan sisi yang diamati baik dalam waktu maupun keadaan.

a. Sistem realtime dibagi menjadi tiga waktu :

➤ **Sistem Berdasarkan Waktu**

Pada sistem ini, komputer yang digunakan untuk mengendalikan suatu sistem harus dapat melingkupi seluruh operasi yang diperlukan, pengukuran kendali dan pergerakan dalam setiap interval sample.

➤ **Sistem Berdasarkan Kejadian**

Aksi-aksi yang dilakukan pada sistem ini ditampilkan pada suatu keadaan tertentu, bukan pada waktu atau interval waktu tertentu. Spesifikasi sistem yang berdasarkan kejadian biasanya mensyaratkan bahwa sistem harus memberi respon dalam maksimum waktu yang diizinkan pada kejadian tertentu.

➤ **Sistem Interaktif**

Persyaratan real time pada sistem interaktif biasanya dinyatakan bahwa rata-rata waktu respon tidak boleh melebihi waktu tertentu. Sistem ini memiliki petunjuk waktu yang memungkinkan untuk tetap berada dalam waktu yang tepat. Tes

untuk mengenali sistem interaktif dilakukan dengan mengetahui apakah sistem berdasarkan waktu dan apakah sistem tersebut dapat secara tepat disinkronkan dengan proses eksternal atau lingkungan fisiknya.

3. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah suatu Sistem Kontrol Supervisory dan Pengumpul. Pada prakteknya pengumpul data umumnya adalah data dari Site di lokasi 'remote', atau sering disebut sebagai 'Telemetry', dan Supervisory Control pada Site di lokasi 'remote' pula, atau sering disebut 'Telecontrol'. *Supervisory Control* adalah kendali yang dilakukan diatas kendali lokal, sebagai contoh, pada oil production kita mempunyai beberapa production site yang dikumpulkan pada stasiun pengumpul (*gathering station*). Kendali lokal dilakukan untuk masing-masing production well dan *supervisory control* di stasiun pengumpul, melakukan kontrol kepada semua *production well* dibawahnya. Misalnya, salah satu *production well* mengalami gangguan, dan stasiun pengumpul tetap harus memberikan dengan production rate tertentu, maka supervisory control akan melakukan koordinasi pada production well lainnya agar jumlah produksi bisa tetap dipertahankan. Komponen utama dalam SCADA antara lain adalah sistem kontrol yang biasanya diwakili oleh PLC, HMI, dan data base sistem. Ketiga komponen ini saling berinteraksi menjadi satu *supervisory* yang terintegrasi.

SCADA juga dapat digunakan pada sistem kendali industri berbasis komputer yang dipakai untuk pengontrolan suatu proses, seperti proses industri: manufaktur, pabrik, produksi, generator tenaga listrik. Proses infrastruktur: penjernihan air minum dan distribusinya, pengolahan limbah, pipa gas dan minyak, distribusi tenaga listrik, sistem komunikasi yang kompleks, sistem peringatan dini dan sirine proses fasilitas: gedung, bandara, pelabuhan, stasiun ruang angkasa.

Contoh lain SCADA digunakan di seluruh dunia misalnya untuk:

- **Penghasil**, transmisi dan distribusi listrik: SCADA digunakan untuk mendeteksi besarnya arus dan tegangan, pemantauan operasional circuit breaker dan untuk mematikan/menghidupkan jaringan/*the power grid*;
- **Penampungan dan distribusi air**: SCADA digunakan untuk pemantauan dan pengaturan laju aliran air, tinggi reservoir, tekanan dalam pipa dan berbagai macam faktor lainnya;
- **Bangunan**, fasilitas dan lingkungan: Manajer fasilitas menggunakan SCADA untuk mengontrol HVAC, unit-unit pendingin, penerangan dan sistem keamanan.
- **Produksi**: Sistem SCADA mengatur inventori komponen-komponen, mengatur otomasi alat atau robot, memantau proses dan kontrol kualitas.
- **Transportasi KA listrik**: menggunakan SCADA bisa dilakukan pemantauan dan pengontrolan distribusi listrik, otomasi sinyal trafik KA, melacak dan menemukan lokasi KA, mengontrol palang KA dan lain sebagainya.
- **Lampu lalu-lintas**: SCADA memantau lampu lalu-lintas, mengontrol laju trafik dan mendeteksi sinyal-sinyal yang salah

Beberapa contoh lain dari sistem SCADA ini banyak dijumpai di lapangan produksi minyak dan gas (*Upstream*), Jaringan Listrik Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah (*Power Transmission and Distribution*) dan beberapa aplikasi yang dipakai untuk memonitor dan mengontrol areal produksi yang cukup luas.

Suatu sistem SCADA biasanya terdiri dari:

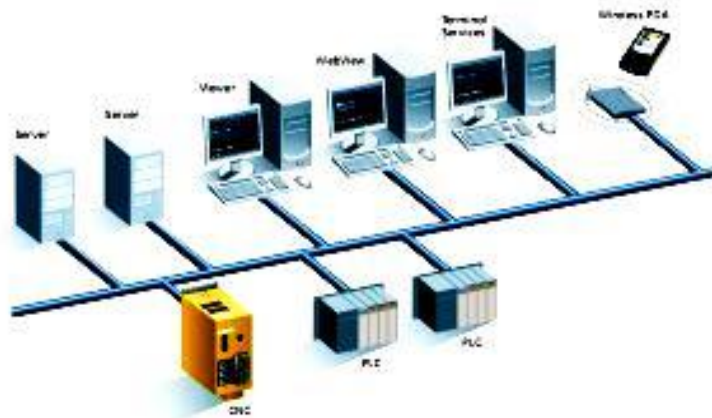
1. Antarmuka manusia mesin (Human-Machine Interface)
2. unit terminal jarak jauh yang menghubungkan beberapa sensor pengukuran dalam proses-proses di atas
3. sistem pengawasan berbasis komputer untuk pengumpul data
4. infrastruktur komunikasi yang menghubungkan unit terminal jarak jauh dengan sistem pengawasan, dan
5. PLC atau Programmable Logic Controller

Sebuah sistem SCADA memiliki 4 (empat) fungsi , yaitu:

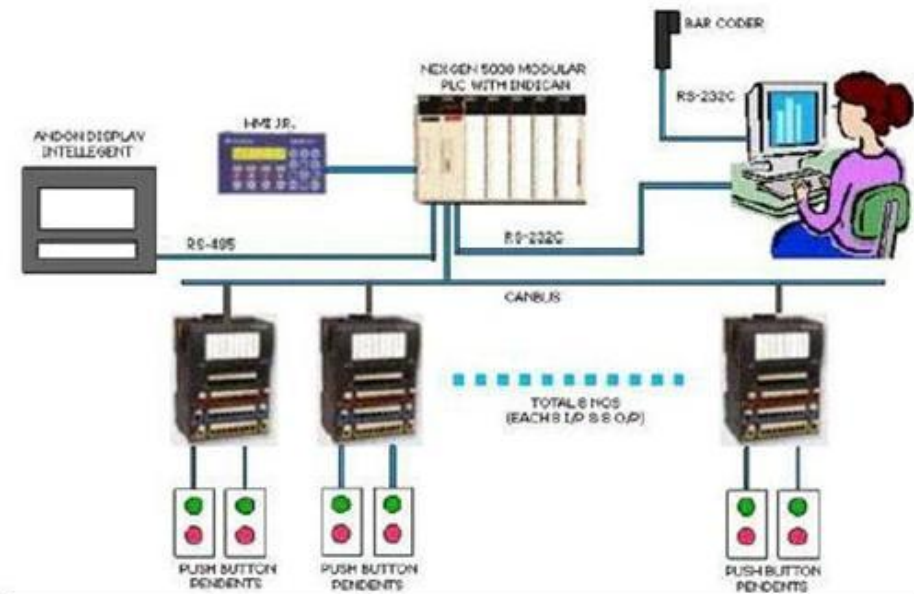
1. Akuisisi Data,
2. Komunikasi data jaringan,
3. Peyajian data, dan
4. Kontrol (proses)

Fungsi-fungsi tersebut didukung sepenuhnya melalui 4 (empat) komponen SCADA, yaitu:

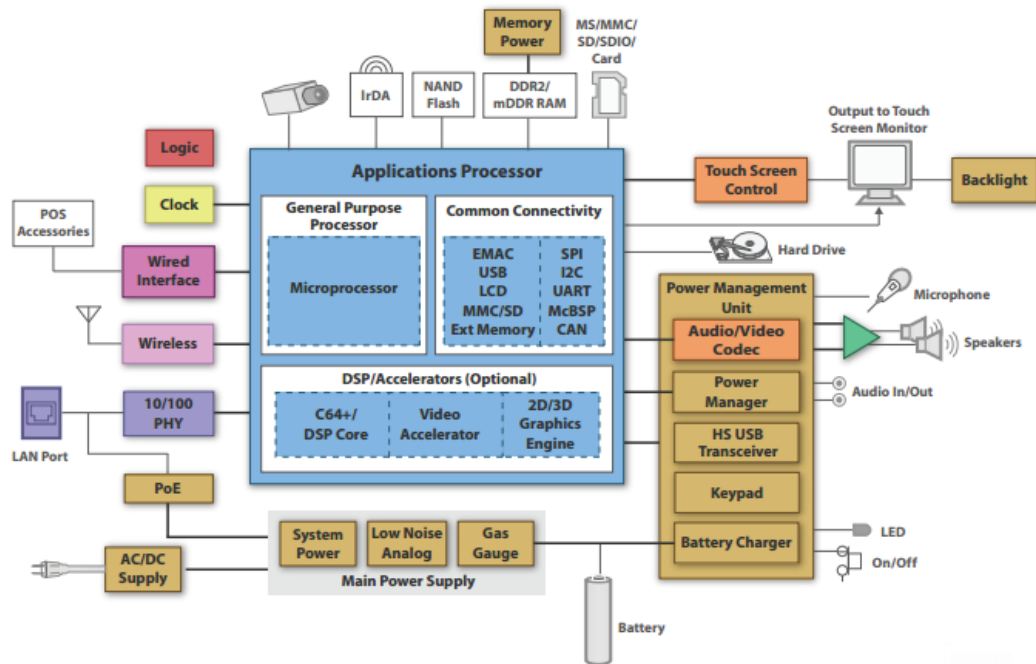
1. Sensor (baik yang analog maupun digital) dan relai kontrol yang langsung berhubungan dengan berbagai macam aktuator pada sistem yang dikontrol;
2. RTUs (*Remote Telemetry Units*). Merupakan unit-unit “komputer” kecil (mini), maksudnya sebuah unit yang dilengkapi dengan sistem mandiri seperti sebuah komputer, yang ditempatkan pada lokasi dan tempat-tempat tertentu di lapangan. RTU bertindak sebagai pengumpul data lokal yang mendapatkan datanya dari sensor-sensor dan mengirimkan perintah langsung ke peralatan di lapangan;
3. Unit master SCADA (Master Terminal Unit - MTU). Kalo yang ini merupakan komputer yang digunakan sebagai pengolah pusat dari sistem SCADA. Unit master ini menyediakan HMI (Human Machine Interface) bagi pengguna dan secara otomatis mengatur sistem sesuai dengan masukan-masukan (dari sensor) yang diterima;
4. Jaringan komunikasi, merupakan medium yang menghubungkan unit master SCADA dengan RTU-RTU di lapangan.



Gambar 97. Contoh Jaringan pada Sistem SCADA



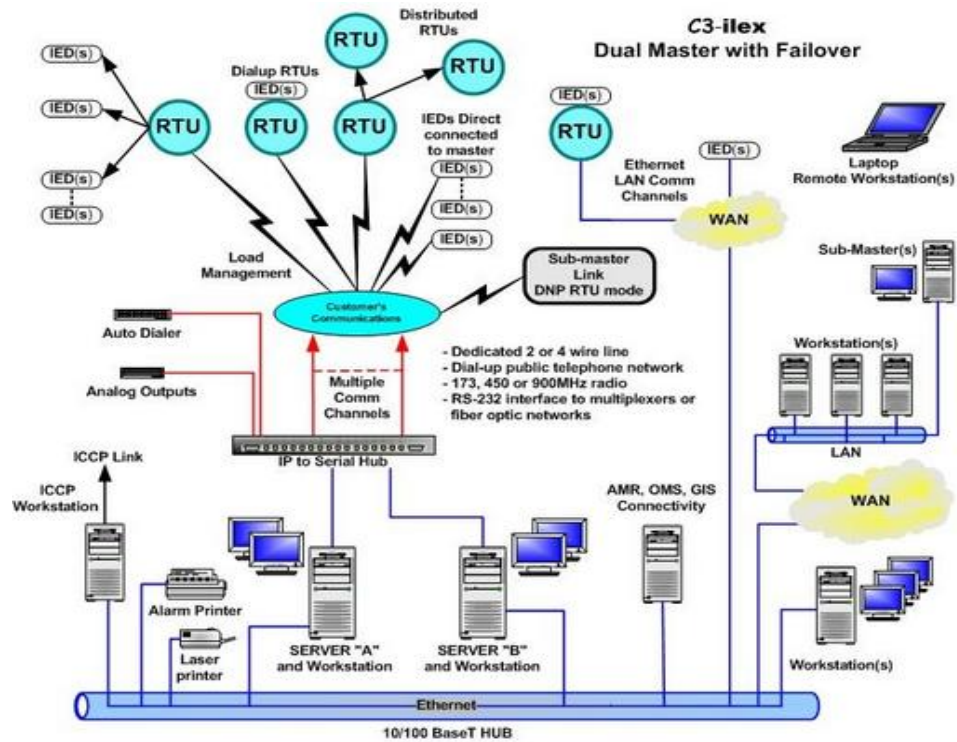
Gambar 98. Contoh jaringan pada sistem SCADA skala yang lebih besar



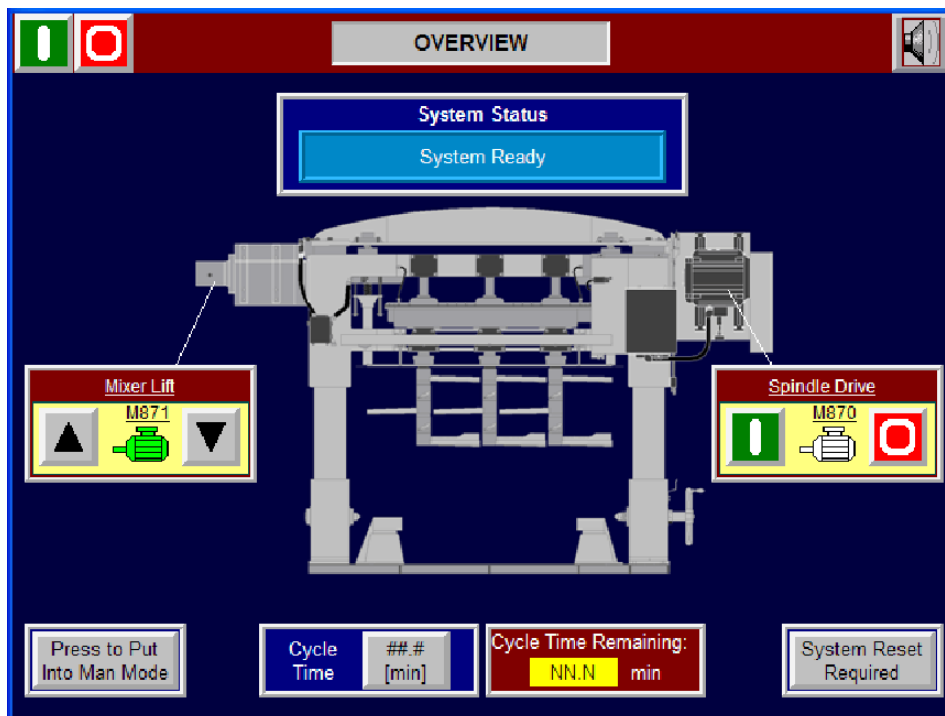
Gambar 99. Contoh lain sistem SCADA dengan HMI

Sistem SCADA tidak hanya digunakan dalam proses-proses industri, misalnya, pabrik baja, pembangkit dan pendistribusian tenaga listrik (konvensional maupun nuklir), pabrik kimia, tetapi juga pada beberapa fasilitas eksperimen seperti fusi nuklir. Dari sudut pandang SCADA, ukuran pabrik atau sistem proses mulai dari 1.000an hingga 10.000an I/O (luaran/masukan), namun saat ini sistem SCADA sudah bisa menangani hingga ratusan ribu I/O.

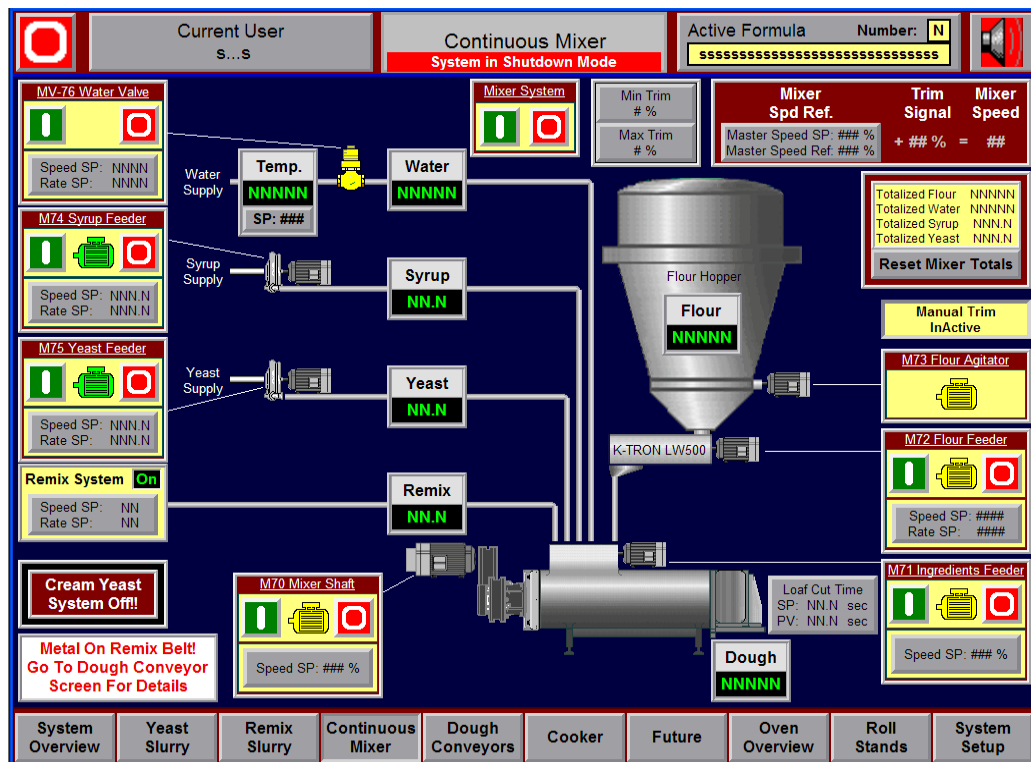
Ada banyak bagian dalam sebuah sistem SCADA. Sebuah sistem SCADA biasanya memiliki perangkat keras sinyal untuk memperoleh dan mengirimkan I/O, kontroler, jaringan, antarmuka pengguna dalam bentuk HMI (Human Machine Interface), piranti komunikasi dan beberapa perangkat lunak pendukung. Semua itu menjadi satu sistem, istilah SCADA merujuk pada sistem pusat keseluruhan. Sistem pusat ini biasanya melakukan pemantauan data-data dari berbagai macam sensor di lapangan atau bahkan dari tempat2 yang lebih jauh lagi (*remote locations*).



Gambar 100. Sistem SCADA untuk skala industri/perusahaan berbasis web



Gambar 101. Contoh tampilan SCADA-HMI yang digunakan untuk sistem Spindle Mixer System



Gambar 102. Contoh tampilan SCADA-HMI yang digunakan untuk sistem Spindle Mixer System (lanjutan)

Bagaimana memilih dan memilah sistem SCADA yang baik?

Apalagi, sistem SCADA yang diimplementasikan akan Anda gunakan 10 hingga 15 tahun mendatang, tentunya Anda harus mencari produk-produk yang terkenal reputasinya. Namun hal ini akan berdampak pada investasi yang harus dilakukan, sebuah produk dengan reputasi handal dan terkenal tentu harganya jauh lebih mahal dibandingkan produk-produk SCADA baru yang saat ini mulai banyak bermunculan.

Ada beberapa hal penting yang perlu Anda perhatikan, antara lain:

- Anda bisa menghabiskan masa depan pabrik dengan ongkos berlebih yang tidak perlu;

- Kadangkala setelah menghabiskan dana yang sangat besar, akhirnya Anda hanya mendapatkan sebuah sistem yang kurang atau bahkan tidak memenuhi apa yang diinginkan;
- Atau barangkali saat ini sistem sudah betul-betul memenuhi kebutuhan, tetapi tidak untuk pengembangan masa depan.

Sensor dan Jaringan

Sensor dan relai kontrol merupakan komponen yang penting. Tentu saja, ada beberapa sensor yang lebih baik daripada lainnya, namun tersedianya *datasheet* untuk sebuah sensor akan membantu Anda mengenali lebih detil sensor yang bersangkutan, sehingga Anda bisa memilih mana yang terbaik.

Sebuah jaringan (LAN/WAN) berbasis TCP/IP merupakan jaringan yang mudah digunakan, dan jika pabrik Anda belum semuanya memiliki jaringan, transisi ke jaringan LAN bisa jadi merupakan tujuan jangka panjang perusahaan. Namun Anda tidak perlu langsung menerapkan jaringan LAN semuanya untuk mendapatkan keuntungan dari penggunaan SCADA. Sistem SCADA yang baik akan mendukung jaringan lama Anda sekaligus juga jaringan LAN, sehingga Anda bisa melakukan transisi secara bertahap.

Berikut saya sampaikan beberapa petunjuk (dari pengalaman dan beberapa rujukan *darionline* maupun *offline*) dalam membangun sistem SCADA terutama masalah pemilihan RTU dan MTU.

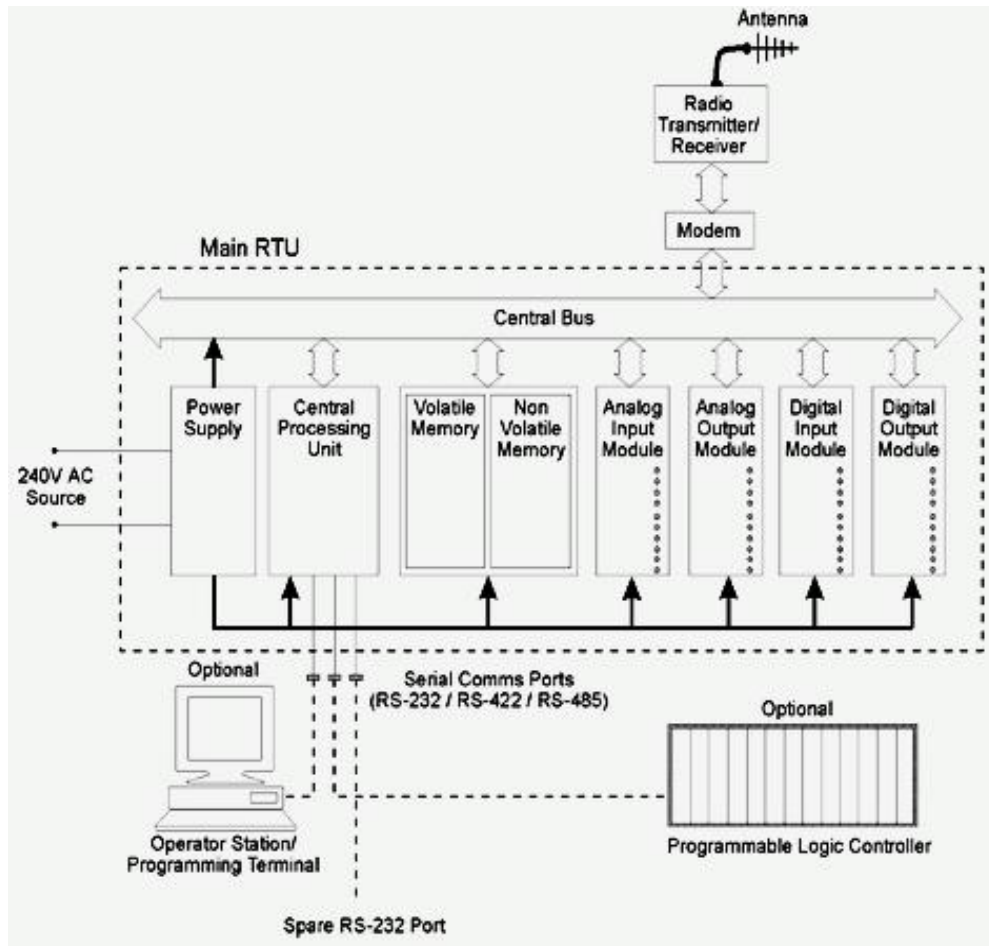
Parameter yang perlu Anda perhatikan dalam memilih SCADA RTU

SCADA RTU Anda harus mampu berkomunikasi dengan segala macam peralatan yang ada di pabrik dan bisa bertahan terhadap berbagai macam kondisi industri (panas, dingin, tekanan dan lain sebagainya).

Berikut ini beberapa parameter yang perlu diperhatikan saat memilih RTU yang berkualitas:

1. **Kapasitas yang cukup untuk mendukung berbagai macam peralatan di pabrik** (dalam cakupan SCADA yang diinginkan), tetapi tidak lebih dari yang dibutuhkan. Jangan sampai Anda membeli RTU dengan kapasitas yang berlebih sedemikian hingga akhirnya tidak akan pernah digunakan, ini adalah pemborosan.
2. **Konstruksi yang tahan banting dan kemampuan bertahan terhadap suhu dan kelembaban yang ekstrim.** Sudah jelas khan? Kalo tidak tahan banting dan tidak bisa bertahan buat apa pasang RTU tersebut? Bisa jadi hasil pengukuran menjadi tidak akurat dan alat jebol.
3. **Catu daya yang aman dan berlimpah.** Sistem SCADA seringkali harus bekerja penuh 24 jam setiap hari, tujuh hari seminggu. Dengan demikian sudah seharusnya digunakan RTU yang mendukung penggunaan daya dari baterai, idealnya, ada dua sumber catu daya (listrik dan baterai).
4. **Port komunikasi yang cukup.** Koneksi jaringan sama pentingnya seperti catu daya. Port serial kedua atau modem internal bisa menjaga agar RTU tetap *onlinewalaupun* jaringan saat itu sedang rusak atau gagal. Selain itu, RTU dengan port komunikasi beragam dapat mendukung strategi migrasi LAN.
5. **Memori *nonvolatile* (NVRAM) untuk menyimpan *firmware*.** NVRAM dapat menyimpan data walaupun catu daya dimatikan. Firmware baru (hasil modifikasi dan lain sebagainya) dapat diunduh ke penyimpanan NVRAM melalui jaringan, sehingga kemampuan RTU akan selalu *uptodate* (terbaharui) tanpa harus mengunjungi lokasi RTU yang bersangkutan.
6. **Kontrol cerdas.** Sistem SCADA yang canggih saat ini bisa melakukan kontrol dengan sendirinya sesuai dengan program atau pengaturan yang dimasukkan, terutama tanggapan terhadap berbagai macam masukan sensor-sensor. Ini jelas tidak perlu untuk semua aplikasi, namun menawarkan kemudahan operasional.
7. **Jam waktu-nyata (*real-time clock*).** untuk pencetakan tanggal/waktu pada laporan secara tepat dan akurat;

8. **Pewaktu *watchdog*** yang memastikan RTU bisa start-ulang setelah terjadinya kegagalan daya (*power failure*).



Gambar103. Tipikal arsitektur RTU

Parameter apa yang harus Anda perhatikan saat memilih SCADA MTU

SCADA master atau MTU harus mampu menampilkan berbagai informasi dalam bentuk yang familiar bagi pengguna atau operator-nya.

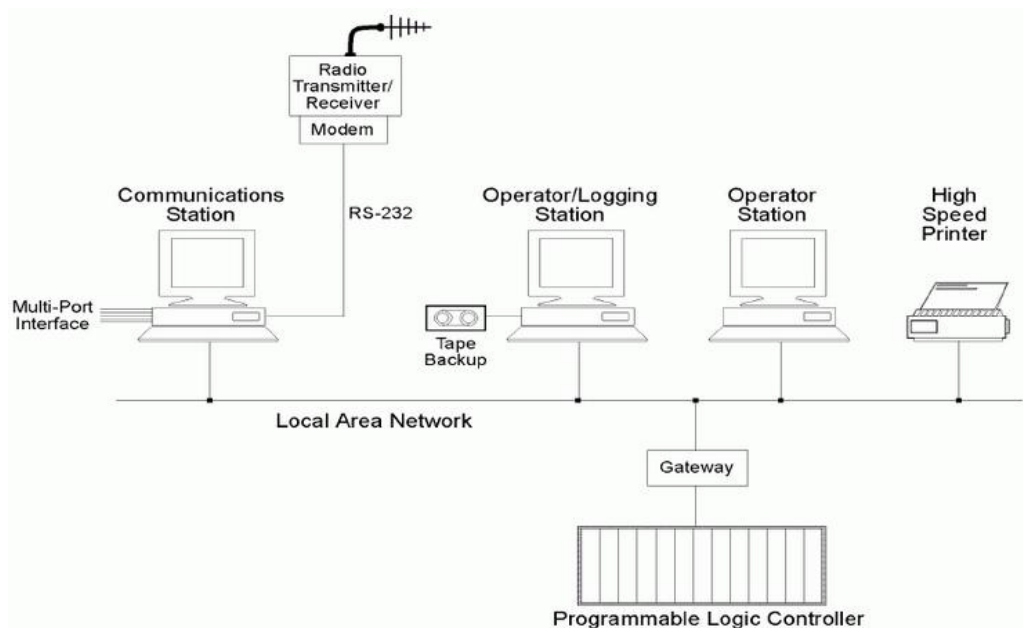
Adapun parameter yang perlu diperhatikan berkaitan dengan SCADA MTU:

1. **Fleksibel, tanggapan terhadap sensor bisa diprogram.** Cari sistem yang menyediakan perangkat yang mudah untuk memprogram soft alarm (laporan kejadian yang kompleks yang merupakan kombinasi antara

masukan sensor dan pernyataan tanggal/jam) dan soft control (tanggapan terhadap sensor yang bisa diprogram).

2. **Bekerja penuh 24/7, peringatan melalui SMS (pager) dan pemberitahuan email secara otomatis.** Anda tidak perlu mempekerjakan orang untuk mengamati papan pemantauan 24 jam sehari. Jika peralatan membutuhkan campur tangan manusia, maka secara otomatis sistem akan mengirimkan peringatan melalui SMS atau email ke penanggung-jawab yang bersangkutan.
3. **Tampilan informasi secara detil.** Tentunya Anda ingin sebuah sistem yang bisa menampilkan dalam bahasa harian Anda (Inggris, Indonesia, dll) yang jelas dan sederhana, dengan penjelasan yang lengkap terhadap aktivitas yang sedang terjadi dan bagaimana Anda seharusnya menangani atau menanggapi.
4. **Tapis untuk alarm yang tidak perlu.** Alarm-alarm yang mengganggu akan membuat para staff menjadi tidak peka lagi terhadap pelaporan alarm dan akhirnya, bisa jadi, mereka mulai percaya bahwa semua alarm merupakan alarm mengganggu. Akhirnya mereka akan berhenti menanggapi semua alarm termasuk alarm yang kritis (alarm yang benar-benar harus mendapatkan perhatian). Gunakan SCADA yang dapat menapis dan memilah-milah alarm-alarm mana yang mengganggu dan yang kritis.
5. **Kemampuan pengembangan kedepan.** Sebuah sistem SCADA merupakan investasi jangka panjang (10 hingga 15 tahun). Sehingga Anda perlu memastikan kemampuan SCADA untuk pengembangan dalam jangka waktu 15 tahun kedepan.
6. **Pencadangan yang beragam.** Sistem SCADA yang baik mendukung berbagai macam pencadangan master, di beberapa lokasi. Jika master SCADA utama gagal, master yang kedua dalam jaringan akan mengambil alih secara otomatis, tanpa adanya interupsi fungsi pemantauan dan pengontrolan.

7. **Mendukung berbagai macam tipe protokol dan peralatan.** Jika jaman dulu SCADA hanya dibuat untuk protokol-protokol tertentu yang tertutup. Solusi vendor tunggal bukan merupakan ide yang bagus - seringkali vendor tidak lagi menyediakan dukungan untuk produk-produk mereka. Dukungan terhadap berbagai macam protokol yang terbuka akan mengamankan sistem SCADA Anda dari keusangan yang tak-terencana.



Gambar 104. Tipikal arsitektur MTU

D. Aktivitas Pembelajaran

Proses pembelajaran pada kegiatan pembelajaran ini menggunakan pendekatan ilmiah (saintifik). Langkah-langkah pendekatan ilmiah (scientific approach) dalam proses pembelajaran meliputi menggali informasi melalui pengamatan, bertanya, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi, menyajikan data atau informasi, dilanjutkan dengan menganalisis, menalar, kemudian menyimpulkan, dan mencipta. Seluruh materi yang ada pada setiap materi diupayakan sedapat mungkin diaplikasikan secara prosedural sesuai dengan pendekatan ilmiah.

Langkah awal untuk mempelajari materi adalah dengan melakukan pengamatan (observasi). Keterampilan melakukan pengamatan dan mencoba menemukan

hubungan-hubungan yang diamati secara sistematis merupakan kegiatan pembelajaran yang sangat aktif, inovatif, kreatif dan menyenangkan. Dengan hasil pengamatan ini, berbagai pertanyaan lanjutan akan muncul. Dengan melakukan penyelidikan lanjutan, Anda akan memperoleh pemahaman yang makin lengkap tentang masalah yang kita amati

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Jelaskan suatu sistem SCADA biasanya terdiri dari apa saja?
2. Jelaskan parameter yang perlu Anda perhatikan dalam memilih SCADA RTU
3. Jelaskan parameter yang perlu Anda perhatikan dalam memilih SCADA MTU

F. Rangkuman

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real-time. Sistem pada HMI biasanya bekerja secara online dan real-time dengan membaca data yang dikirim melalui I/O port yang digunakan oleh kontrolernya. HMI sekarang ini biasanya berupa komputer (PC) yang didalamnya dipasang (Install) program aplikasi yang dibuat dengan menggunakan Software Otomation.

SCADA merupakan singkatan dari *Supervisory Control And Data Acquisition*. SCADA merupakan sebuah sistem yang mengumpulkan informasi atau data-data dari lapangan dan kemudian mengirimkan-nya ke sebuah komputer pusat yang akan mengatur dan mengontrol data-data tersebut. Sistem SCADA tidak hanya digunakan dalam proses-proses industri, misalnya, pabrik baja, pembangkit dan pendistribusian tenaga listrik (konvensional maupun nuklir), pabrik kimia, tetapi juga pada beberapa fasilitas eksperimen seperti fusi nuklir. Dari sudut pandang

SCADA, ukuran pabrik atau sistem proses mulai dari 1.000an hingga 10.000an I/O (luar/masukan), namun saat ini sistem SCADA sudah bisa menangani hingga ratusan ribu I/O.

Parameter yang berkaitan dengan SCADA RTU yang berkualitas: Kapasitas yang cukup untuk mendukung berbagai macam peralatan di pabrik, Konstruksi yang tahan banting dan kemampuan bertahan terhadap suhu dan kelembaban yang ekstrim, Catu daya yang aman dan berlimpah, Port komunikasi yang cukup, Memori nonvolatile (NVRAM) yang memadai untuk menyimpan firmware, Kontrol cerdas. Jam waktu-nyata (real-time clock), Pewaktu [*watchdog*](#) yang memastikan RTU bisa start-ulang setelah terjadinya kegagalan daya (*power failure*).

Parameter yang dengan SCADA MTU: Fleksibel, Bekerja penuh, Tampilan informasi secara detail, Tapis untuk alarm yang tidak perlu, Kemampuan pengembangan kedepan, Pencadangan yang beragam, Mendukung berbagai macam tipe protokol dan peralatan

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Cocokkan jawaban di atas dengan kunci jawaban Latihan/kasus/Tugas yang ada di bagian akhir modul ini. Ukurlah tingkat penguasaan materi kegiatan belajar ini dengan rumus sebagai berikut :

Tingkat penguasaan = (Jumlah jawaban benar : 6) x 100 %

Arti tingkat penguasaan yang diperoleh adalah :

Baik sekali	$\geq 90\%$ dan $\leq 100\%$
Baik	$\geq 80\%$ dan $< 90\%$
Cukup	$\geq 70\%$ dan $< 80\%$
Kurang	$< 70\%$

Jika tingkat penguasaan mencapai 80 % ke atas, silahkan melanjutkan ke Modul berikutnya. Namun bila tingkat penguasaan masih di bawah 80 % maka Anda

harus mengulangi Kegiatan Belajar pada bagian ini terutama pada bagian yang belum dikuasai

DAFTAR PUSTAKA

- Albert D Helfrick, Practical Repair and Maintenance of Communication Equipment, PHI, 1983
- Anwar. Choirul. 2012. "Cara Membuat Program PLC dengan Software CX Programmer, CX Simulation, CX Designer". (www.belajarplc.com) online, diakses Oktober 2015.
- Artanto, Dian. (2012). "60 Aplikasi PLC-Mikro". Jakarta: Penerbit PT Elex Media Komputindo.
- Curtis Johnson, Process Control Instrumentation Technology, 4th edition, PHI, 1997
- Daniel L. Metzger, Electronic Component, Instruments, And Troubleshooting, PHI, 1981
- Daniel R Tomal & Neal S Widmer, Electronic Troubleshooting, Mc Graw Hill, 1993
- David A. Bell. Electronic Instrumentation and Measurement, PHI, 1983
- Djemari Mardapi. 2008. Teknik Penyusunan Instrumen Tes dan Non Tes. Yogyakarta: Mitra Cendikia Offset
- Eko Haryono. 2011. Efektivitas Pembelajaran Teknik otomasi industri Berbasis Mind Map Methode dengan Menggunakan Media Grafis Komik dalam Meningkatkan Kreativitas Berpikir Siswa Kelas VII SMP Muhammadiyah 3 Depok Sleman. Skripsi Prodi Pendidikan Teknik otomasi industri Fakultas Sainteks UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Ernest O. Doebelin, Sistem Pengukuran Aplikasi dan Perancangan, 2nd Edition, Erlangga, 1992
- Fachkunde Mechatronics, Europa, Lehrmittel, 2005
- Frans Gunterus, Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses, Elex Media Komputindo, 1977
- Friedrich, Tabellenbuch Electrotechnik Elektronik, ÜmmerBonn, 1998
- GC Loveday, Electronic Fault Diagnosis, , Pitman Publishing Limited, 1977
- GC Loveday, Electronic Testing And Fault Diagnosis, Pitman Publishing Limited, 1980
- Hamzah B. Uno, dkk. 2001. *Pengembangan Instrumen untuk Penelitian*. Jakarta: Delima Press
- Harmin, Merril dan Melanie Toth. (2012). "Pembelajaran Aktif yang Menginspirasi". Jakarta: PT Indeks.

- Ismul Fariks. 2007. *Upaya Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Siswa Kelas X MA Wahid Hasyim Sleman Dalam Pembelajaran Teknik otomasi industri Dengan Pendekatan Open Ended*. Yogyakarta: Skripsi pada Prodi Guruan Teknik otomasi industri Fakultas Sainteks UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- Iwan Setiawan, Programmable Logic Controller (PLC) & Teknik Perancangan Sistem Kontrol. Yogyakarta: Andi, 2006.
- James, A. Rehg, Programmable Logic Controllers, PHI, 2007
- Joel Levitt, Preventive and Predictive Maintenance, Industrial Press, 2002
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan , Instalasi Motor Listrik. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan , Sensor dan Aktuator. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan , Sistem Kontrol Terprogram. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.
- Klaus Tkotz, Fachkunde Elektrotechnik, Europa, Lehrmittel, 2006
- Luces M. Faulkenberry, System Troubleshooting Handbook, John Wiley & Sons, 1986
- Richard E. Gaspereni, Digital Troubleshooting, Movonics Company, 1976
- Rusman. (2011). "Model-model Pembelajaran Mengembangkan Profesional Guru". Jakarta: Rajawali Press.
- Schuler-McNamee, Modern Industrial Electronics, McGraw-Hill, International Edition, 1993
- Somantri, Oman. 1993. Sistem Pengontrolan Motor di Industri. Cet-1. Jakarta: Pusat Perbukuan Depdikbud, Jakarta
- Surachmad, Winarno. (1980). "Metodologi Pengajaran Nasional". Bandung: Penerbit C.V. Jemmars.
- Thorndike, R.L. & Hagen E.P. 1977. *Measurement and Evaluation in Psychology and Education*. New York: John Willey & Sons
- Utari Sumarmo. 2010. *Berfikir Logis, Kritis, Kreatif dan Budi Pekerti: Apa, Mengapa dan Bagaimana Dikembangkan pada Siswa*. Yogyakarta: Makalah disajikan pada Seminar Nasional di Universitas Negeri Yogyakarta, 17 April 2010
- Widyanahar, N.A. _____. Pemanfaatan Programmable Logic Controller dalam Dunia Industri. Instrumenstasi (<http://www.elektroindonesia.com/elektro/instrum11.html>) online, diakses 19 April 2013
- Wikipedia. (2013, Agustus 27). Jaringan Nirkabel. Dipetik November 25, 2013, dari Wikipedia: http://id.wikipedia.org/wiki/Jaringan_nirkabel

Wikipedia. (2013, April 7). Komunikasi intrapersonal. Dipetik November 10, 2013, dari Wikipedia:http://id.wikipedia.org/wiki/Komunikasi_intrapersonal

Wikipedia. (2013, Juni 1). Kabel. Dipetik November 25, 2013, dari Wikipedia: <http://id.wikipedia.org/wiki/Kabel>

Wikipedia. (2013, September 10). Telekomunikasi. Dipetik November 10, 2013, dari Wikipedia: <http://id.wikipedia.org/wiki/Telekomunikasi>

Wikipedia. (2013, September 19). Modem. Dipetik November 25, 2013, dari

Wikipedia. (2013, September 27). Komunikasi. Dipetik November 10, 2013, dari Wikipedia: <http://id.wikipedia.org/wiki/Komunikasi>

Wikipedia: <http://id.wikipedia.org/wiki/Modem> Wikipedia. (2013, Agustus 4). Server. Dipetik November 25, 2013, dari Wikipedia: <http://id.wikipedia.org/wiki/Server>

William Bolton, Programmable Logic Controller. Jakarta:Erlangga, 2003.

LAMPIRAN 1

Kunci Jawaban Kegiatan Pembelajaran 1

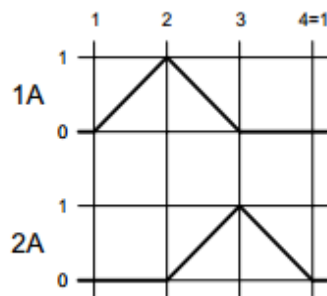
Kunci Jawabab Latihan 1:

- | | |
|------|------|
| 1. D | 6. C |
| 2. D | 7. B |
| 3. C | 8. B |
| 4. B | 9. D |
| 5. A | 10.A |

Kunci Jawaban Kegiatan Pembelajaran 2

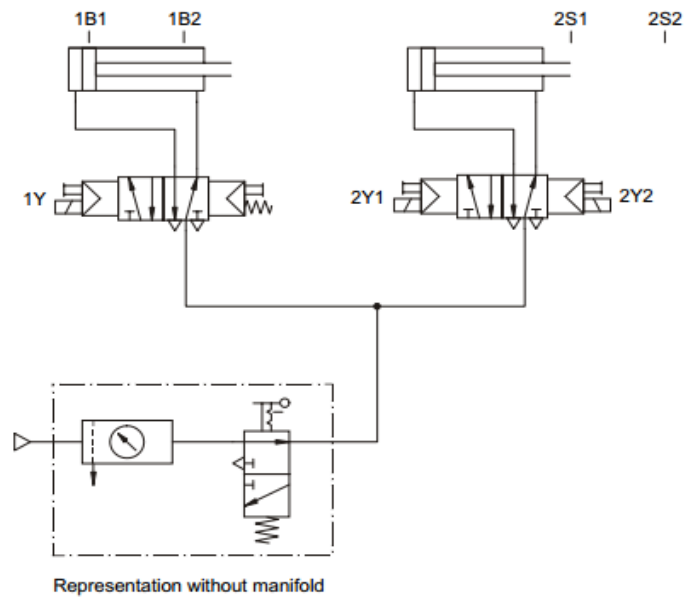
Pemindahan benda dari tempat penampungan ke tempat penyimpanan:

- a. Gambar diagram step displacement



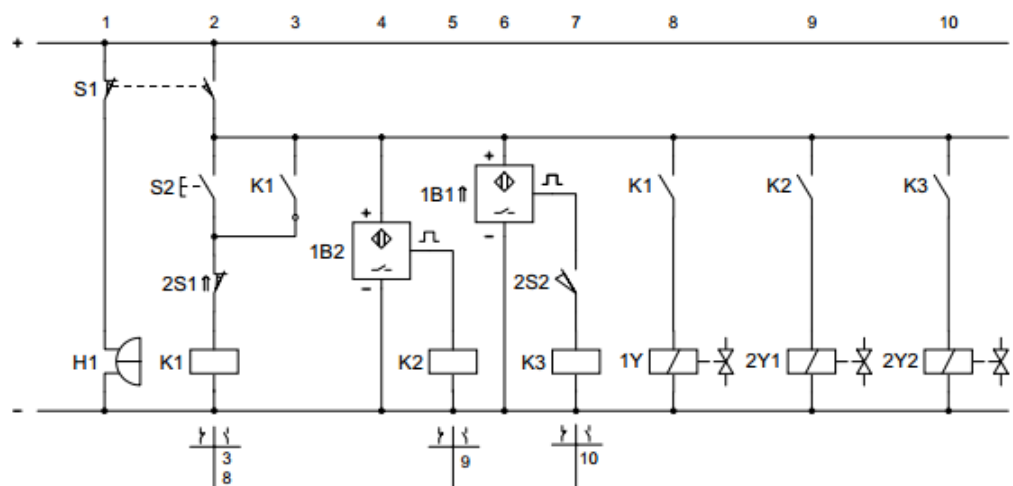
Gambar Diagram step displacement

b. Rangkaian elektropneumatik



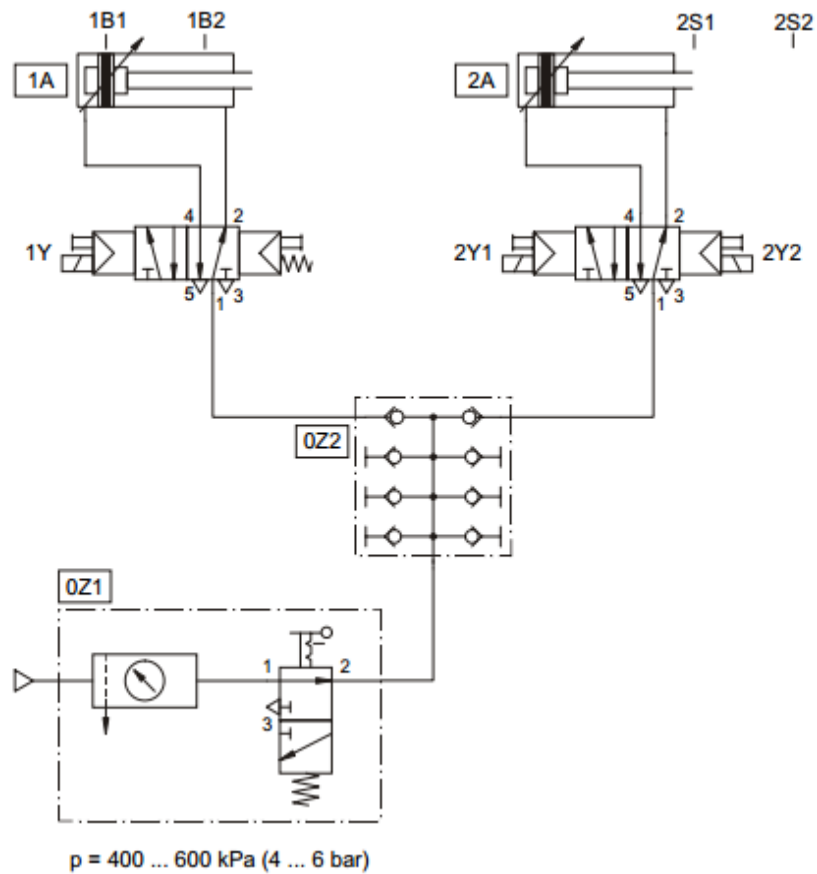
Gambar Rangkaian pneumatik

c. Diagram rangkaian kelistrikan



Gambar Rangkaian kelistrikan

Diagram lengkap untuk pneumatik

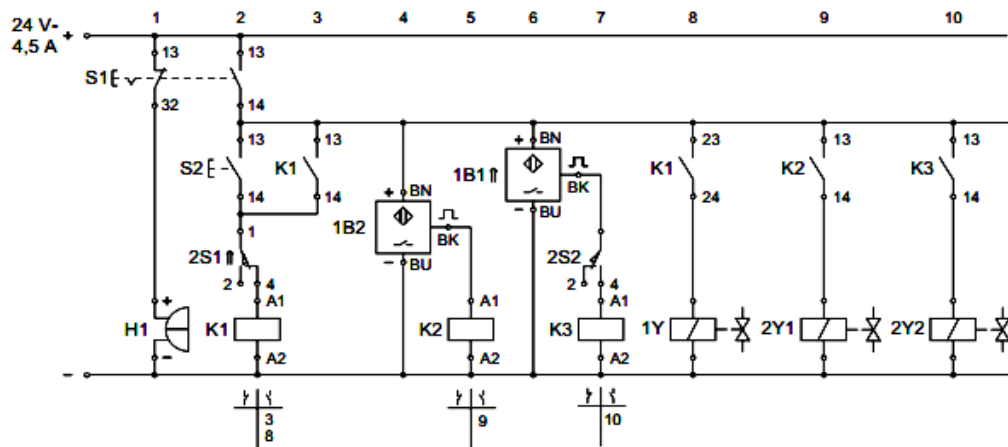


Gambar Diagram lengkap pneumatika

Daftar kebutuhan komponen untuk pneumatik

Quantity	Description
2	Double-acting cylinder
1	Service unit with on-off valve
1	Manifold
1	5/2-way single solenoid valve
1	5/2-way double solenoid valve

Diagram kelistrikan lengkap



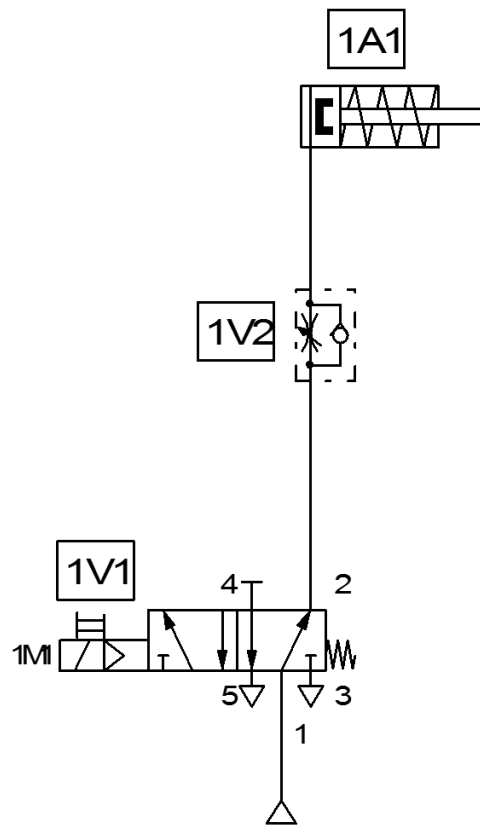
Gambar Rangkaian kelistrikan secara lengkap

Daftar komponen kelistrikan

Quantity	Description
1	Relay, 3 off
1	Signal input plate, electrical
2	Indicator and distributor plate, electrical
2	Proximity switch with cylinder mounting
1	Limit switch, electrical , actuated from left
1	Limit switch, electrical , actuated from right
1	Cabel set, universal
1	Electrical power supply unit, 24V

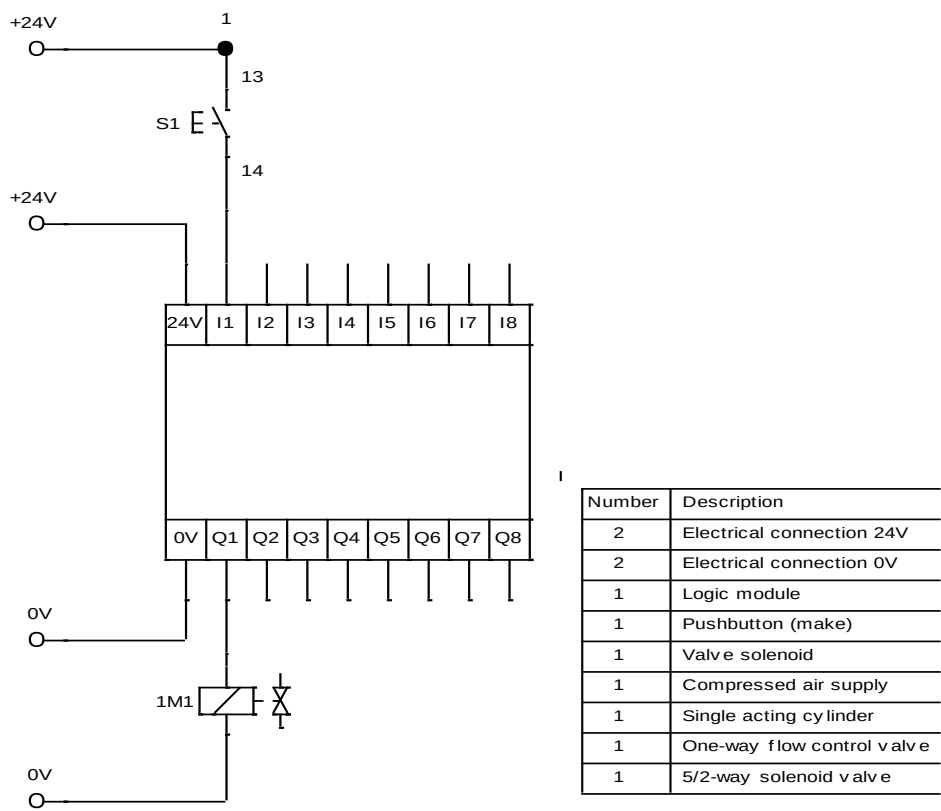
Kunci Jawaban Kegiatan Pembelajaran 3

Rangkaian pneumatik



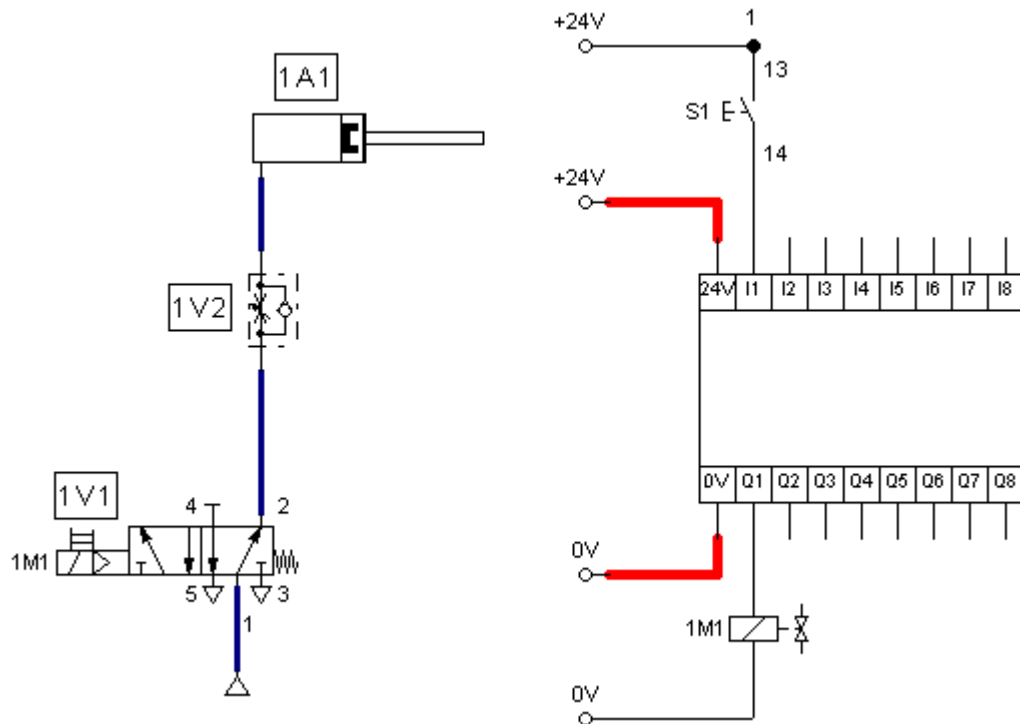
Gambar Hasil rancangan rangkaian pneumatik

Rangkaian PLC Pneumatik dan keterangan



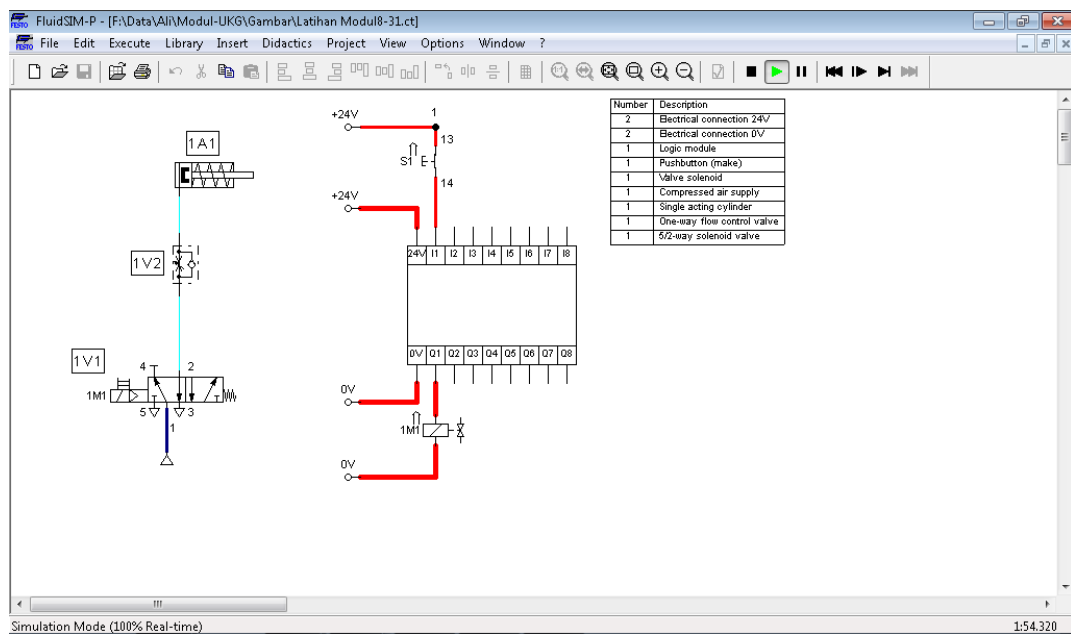
Gambar Rangkaian PLC dan penjelasan

Hasil Simulasi dengan FluidSim, saat di running



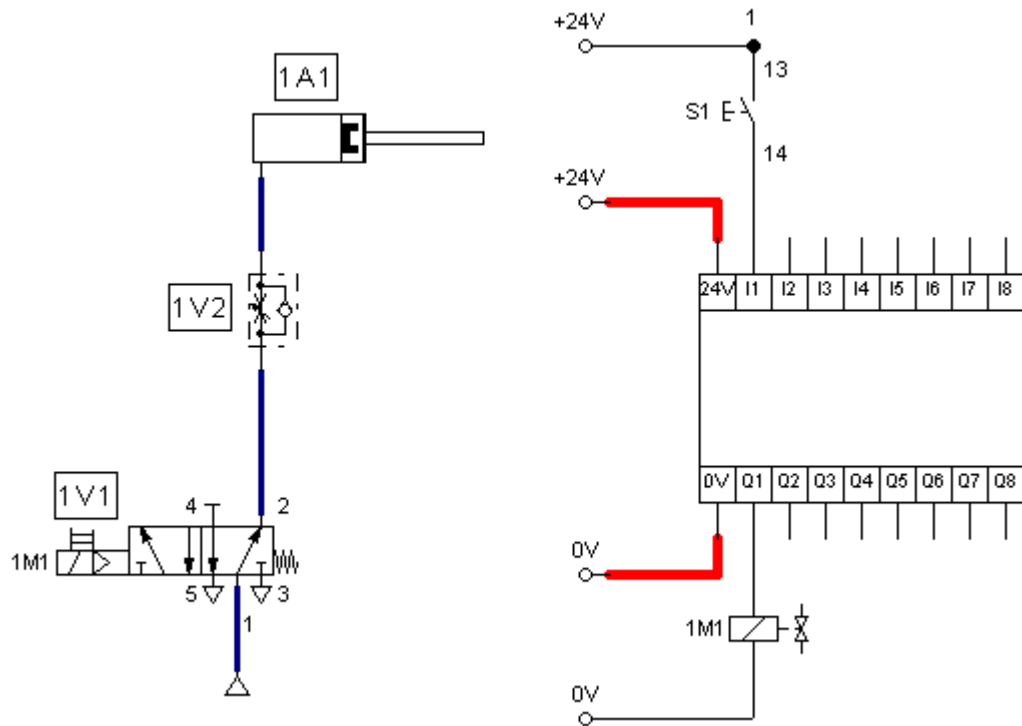
Gambar Simulasi hasil rancangan

Hasil Simulasi dengan FluidSim, saat di S1 ditekan dan S1 tetap ditahan



Gambar Running simulasi saat S1 ditekan

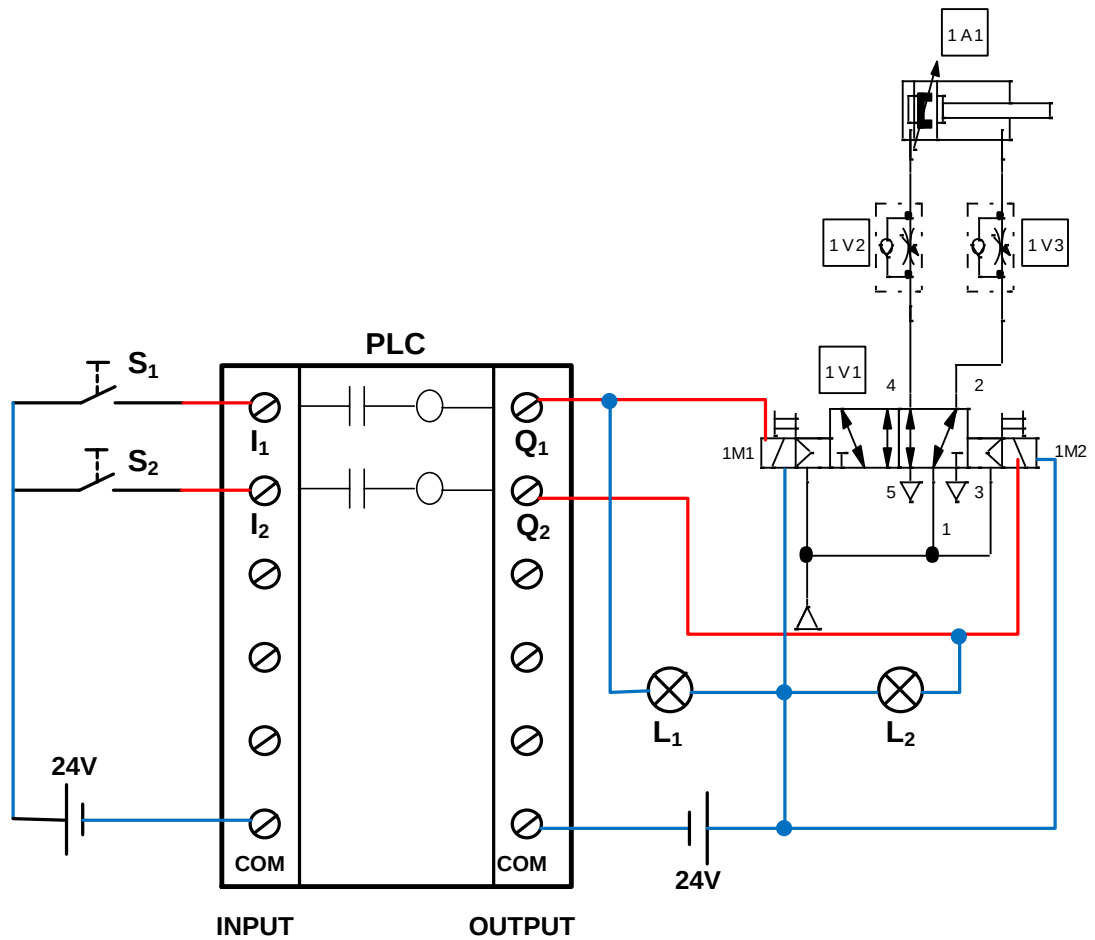
Hasil Simulasi dengan FluidSim, saat di S1 lalu S1 dibiarkan terbuka kembali



Gambar Running simulasi saat S1 dilepas

Kunci Jawaban Kegiatan Pembelajaran 4

Gambar program berikut ini merupakan hasil rancangan yang kemudian dilakukan pengecekan kembali baik dari sisi pemasangan instalasi secara elektrik maupun pemasangan instalasi pneumatik. Sementara komponen pendukung seperti power supply harus dalam kondisi running, dan semua saklar push button dalam kondisi baik secara normal terhubung terbuka (NO)



Gambar Rangkaian lengkap untuk komisioning dari rangkaian gambar latihan 1

Tabel 4. Alokasi Input dan Output pada PLC dan Pneumatik

Alamat input	Keterangan
00000	S1 (kiri), tombol tekan
00001	S2 (kanan), tombol tekan

Alamat ouput	Keterangan
01001	Y1 (katub solenoid tunggal 5/2) L1 (lampu indicator kiri)
01002	Y2 (Katub solenoid tunggal 5/2) L2 (lampu indicator kanan)

Kunci Jawaban Kegiatan Pembelajaran 5

Jawaban dari latihan yang telah disebutkan di atas, dapat dilihat pada uraian materi.

4. Apa guna dari logik probe itu ? Terangkan bagaimana menggunakan alat ukur tersebut dengan benar.
 5. Kapan dilakukan teknik melacak kerusakan rangkaian digital dengan cara penumpukan IC
 6. Langkah-langkah apa saja yang dilakukan untuk mengidentifikasi kerusakan pada rangkaian digital.
1. Logik Probe adalah alat ukur elektronik yang dapat digunakan untuk menguji kondisi rangkaian logik, terumata untuk menguji komponen integreted circuit (IC) yang mempunyai fungsi-fungsi gerbang logika.
Cara penggunaannya:
Bila ujung runcing probe diletakkan pada pin dari chip yang dicurigai rusak, suatu titik uji atau pelacakan pada suatu board rangkaian sinar

indikator dekat ujung probe akan memberitahu tingkat logik titik ter-sebut. Ujung logam pada kebanyakan probe logik yang dijual sekarang dilindungi terhadap kerusakan akibat tegangan tinggi (listrik AC sampai 120 Volt untuk 30 detik) dari gerbang logik (+5 volt). Beberapa probe mempunyai dua LED yang terpasang dekat dengan ujungnya, satu untuk logik HIGH dan yang lain untuk logik LOW. Probe yang lebih baik dapat juga memberitahu apakah titik uji mempunyai sinyal pulsa. Probe tersebut juga dapat menyimpan pulsa pendek yang timbul untuk memberitahu jika terjadi glitch atau spike pada titik tersebut

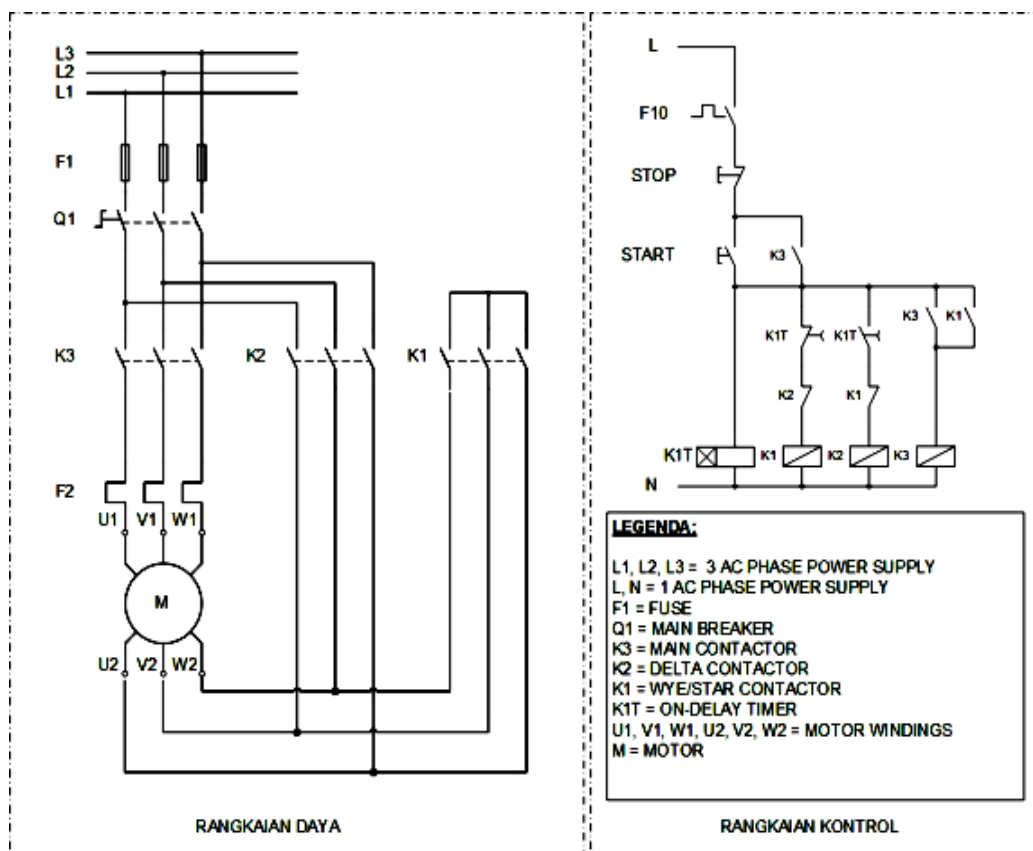
2. Proses penumpukan chip dapat diletakkan chip sejenis yang masih baik di atas chip yang diduga rusak. Bila kerusakan disebabkan oleh terbukanya hubungan, maka chip yang di atas akan bereaksi terhadap masukan data dan menghasilkan keluaran yang seharusnya.
3. Langkah-langkah pelacakan kerusakan suatu rangkaian digital secara terperinci ada beberapa hal yang harus diyakini terlebih dahulu, yaitu:
 - Tersedia suatu manual servis terbaru yang dilengkapi dengan rangkaian-rangkaian, diagram-diagram tata letak dan spesifikasinya.
 - Tersedianya alat-alat yang diperlukan dan instrumen-instrumen uji serta suku cadangnya.
 - Hati-hati dengan tipe IC logik yang dipergunakan pada rangkaian. Khususnya perlu diketahui level-level logik yang diharapkan dan spesifikasi tegangan catu dayanya.
 - Hindarkan penggunaan probe-probe uji yang besar agar tak terjadi hubung singkat saat pengukuran.
 - Jangan mengeluarkan ataupun memasukkan suatu IC pada saat catu daya sedang aktif / on.
 - Jangan memberikan sinyal-sinyal uji pada saat catu daya sedang dimatikan.
 - Periksa tegangan catu daya di pin-pin IC yang sebenarnya bukan pada jalur - jalur P.C.B

Kunci Jawaban Kegiatan Pembelajaran 6

Program Rangkaian STAR DELTA menggunakan PLC Omron

Seperti namanya, secara garis besar menjalankan motor induksi 3 fasa dengan *starter* star-delta bekerja dengan dua tahap, yakni saat awal jalannya motor terhubung secara star (bintasng) dan saat running menjadi hubungan delta (segitiga).

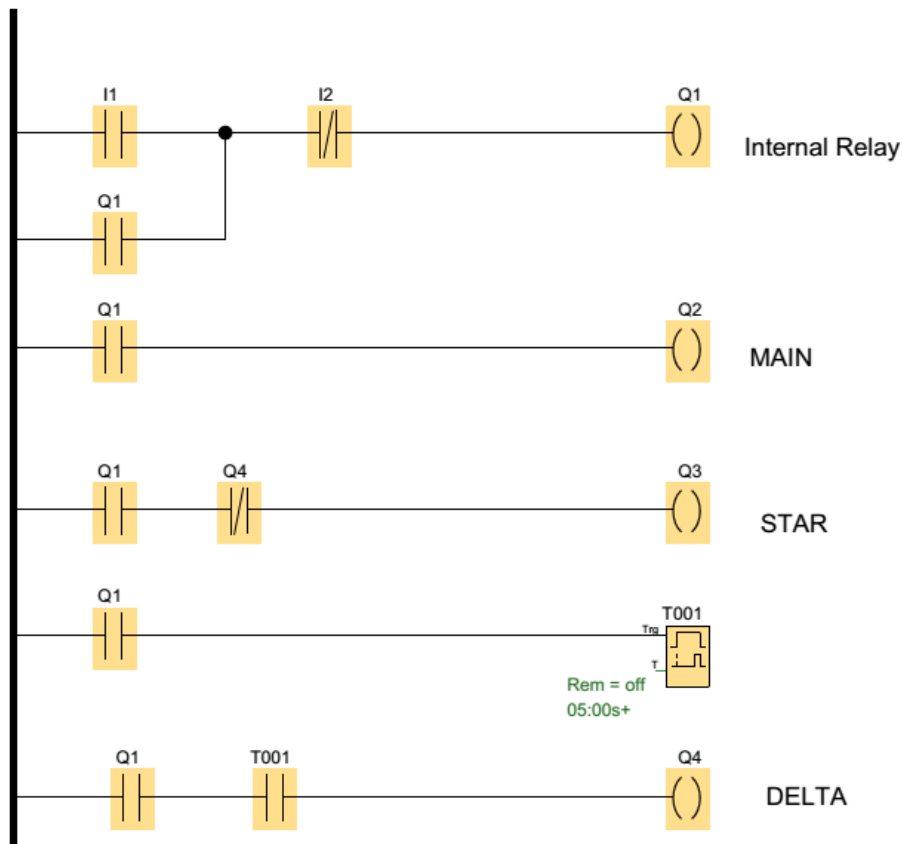
a. Rangkaian daya untuk motor 3 fasa dan b) rangkaian kontrolnya



Gambar Rangkaian daya dan rangkaian kontrol untuk menjalankan motor start STAR-DELTA

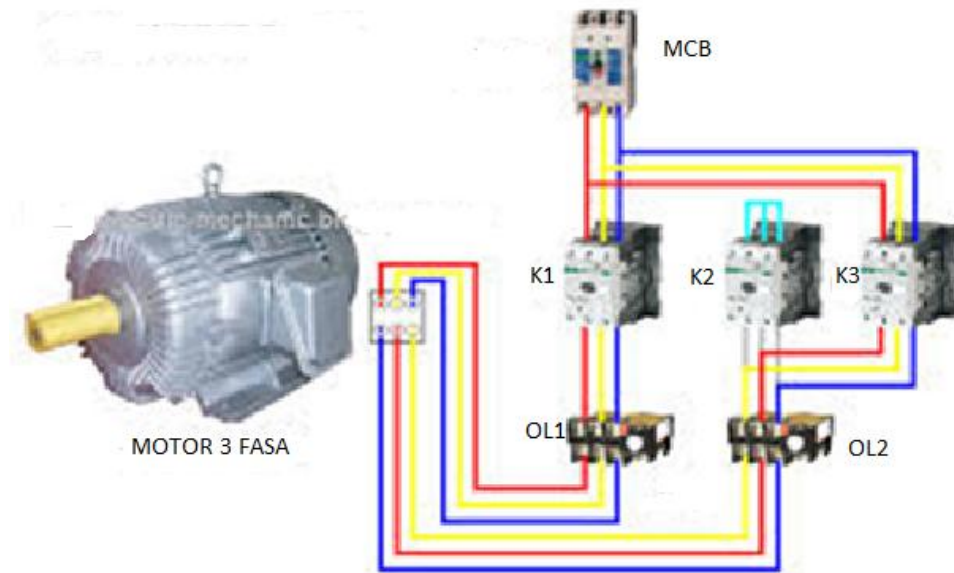
- Awalnya motor berjalan dengan rangkaian belitan star (Y) **K3** dan **K1** ON.
- Setelah beberapa saat, motor melepas rangkaian belitan star dan beroperasi dengan belitan delta (**K3** dan **K2** ON).

c. Program untuk menjalankan motor induksi 3 fasa dengan STAR-DELTA menggunakan LogoSoft (SIEMEN)



Gambar Rangkaian simulasi untuk kontrol motor star Bintang-Segitiga (dengan program LogoSoft)

d. Wiring secara fisik untuk kontrol motor induksi 3 fasa dengan starter Star-Delta



Gambar Rangkaian pengawatan untuk operasional motor Star-Delta

Kunci Jawaban Kegiatan Pembelajaran 7

4. Jelaskan suatu sistem SCADA biasanya terdiri dari apa saja?
 5. Jelaskan parameter yang perlu Anda perhatikan dalam memilih SCADA RTU
 6. Jelaskan parameter yang perlu Anda perhatikan dalam memilih SCADA MTU
1. Suatu sistem SCADA biasanya terdiri dari:
- Antarmuka manusia mesin (Human-Machine Interface)
 - unit terminal jarak jauh yang menghubungkan beberapa sensor pengukuran dalam proses-proses di atas
 - sistem pengawasan berbasis komputer untuk pengumpul data
 - infrastruktur komunikasi yang menghubungkan unit terminal jarak jauh dengan sistem pengawasan, dan
 - PLC atau Programmable Logic Controller

6. Parameter yang perlu diperhatikan saat memilih SCADA-RTU yang berkualitas dapat dilihat pada penjelasan materi.
- a. **Kapasitas yang cukup untuk mendukung berbagai macam peralatan di pabrik** (dalam cakupan SCADA yang diinginkan), tetapi tidak lebih dari yang dibutuhkan. Jangan sampai Anda membeli RTU dengan kapasitas yang berlebih sedemikian hingga akhirnya tidak akan pernah digunakan, ini adalah pemborosan.
 - b. **Konstruksi yang tahan banting dan kemampuan bertahan terhadap suhu dan kelembaban yang ekstrim.** Sudah jelas khan? Kalo tidak tahan banting dan tidak bisa bertahan buat apa pasang RTU tersebut? Bisa jadi hasil pengukuran menjadi tidak akurat dan alat jebol.
 - c. **Catu daya yang aman dan berlimpah.** Sistem SCADA seringkali harus bekerja penuh 24 jam setiap hari, tujuh hari seminggu. Dengan demikian sudah seharusnya digunakan RTU yang mendukung penggunaan daya dari baterai, idealnya, ada dua sumber catu daya (listrik dan baterai).
 - d. **Port komunikasi yang cukup.** Koneksi jaringan sama pentingnya seperti catu daya. Port serial kedua atau modem internal bisa menjaga agar RTU tetap *onlinew*alaupun jaringan saat itu sedang rusak atau gagal. Selain itu, RTU dengan port komunikasi beragam dapat mendukung strategi migrasi LAN.
 - e. **Memori *nonvolatile* (NVRAM) untuk menyimpan *firmware*.** NVRAM dapat menyimpan data walaupun catu daya dimatikan. Firmware baru (hasil modifikasi dan lain sebagainya) dapat diunduh ke penyimpanan NVRAM melalui jaringan, sehingga kemampuan RTU akan selalu *uptodate* (terbaharui) tanpa harus mengunjungi lokasi RTU yang bersangkutan.
 - f. **Kontrol cerdas.** Sistem SCADA yang canggih saat ini bisa melakukan kontrol dengan sendirinya sesuai dengan program atau

pengaturan yang dimasukkan, terutama tanggapan terhadap berbagai macam masukan sensor-sensor. Ini jelas tidak perlu untuk semua aplikasi, namun menawarkan kemudahan operasional.

- g. **Jam waktu-nyata (*real-time clock*)**. untuk pencetakan tanggal/waktu pada laporan secara tepat dan akurat;
 - h. **Pewaktu *watchdog*** yang memastikan RTU bisa start-ulang setelah terjadinya kegagalan daya (*power failure*).
3. Parameter yang perlu diperhatikan saat memilih SCADA-MTU yang berkualitas dapat dilihat pada penjelasan materi.
- a. **Fleksibel, tanggapan terhadap sensor bisa diprogram**. Cari sistem yang menyediakan perangkat yang mudah untuk memprogram soft alarm (laporan kejadian yang kompleks yang merupakan kombinasi antara masukan sensor dan pernyataan tanggal/jam) dan soft control (tanggapan terhadap sensor yang bisa diprogram).
 - b. **Bekerja penuh 24/7, peringatan melalui SMS (pager) dan pemberitahuan email secara otomatis**. Anda tidak perlu mempekerjakan orang untuk mengamati papan pemantauan 24 jam sehari. Jika peralatan membutuhkan campur tangan manusia, maka secara otomatis sistem akan mengirimkan peringatan melalui SMS atau email ke penanggung-jawab yang bersangkutan.
 - c. **Tampilan informasi secara detil**. Tentunya Anda ingin sebuah sistem yang bisa menampilkan dalam bahasa harian Anda (Inggris, Indonesia, dll) yang jelas dan sederhana, dengan penjelasan yang lengkap terhadap aktivitas yang sedang terjadi dan bagaimana Anda seharusnya menangani atau menanggapi.
 - d. **Tapis untuk alarm yang tidak perlu**. Alarm-alarm yang mengganggu akan membuat para staff menjadi tidak peka lagi terhadap pelaporan alarm dan akhirnya, bisa jadi, mereka mulai percaya bahwa semua alarm merupakan alarm mengganggu. Akhirnya mereka akan berhenti

menanggapi semua alarm termasuk alarm yang kritis (alarm yang benar-benar harus mendapatkan perhatian). Gunakan SCADA yang dapat menapis dan memilah-milah alarm-alarm mana yang mengganggu dan yang kritis.

- e. **Kemampuan pengembangan kedepan.** Sebuah sistem SCADA merupakan investasi jangka panjang (10 hingga 15 tahun). Sehingga Anda perlu memastikan kemampuan SCADA untuk pengembangan dalam jangka waktu 15 tahun kedepan.
- f. **Pencadangan yang beragam.** Sistem SCADA yang baik mendukung berbagai macam pencadangan master, di beberapa lokasi. Jika master SCADA utama gagal, master yang kedua dalam jaringan akan mengambil alih secara otomatis, tanpa adanya interupsi fungsi pemantauan dan pengontrolan.
- g. **Mendukung berbagai macam tipe protokol dan peralatan.** Jika jaman dulu SCADA hanya dibuat untuk protokol-protokol tertentu yang tertutup. Solusi vendor tunggal bukan merupakan ide yang bagus - seringkali vendor tidak lagi menyediakan dukungan untuk produk-produk mereka. Dukungan terhadap berbagai macam protokol yang terbuka akan mengamankan sistem SCADA Anda dari keusangan yang tak-terencana.