

Peni Handayani, dkk.

TEKNIK PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN SISTEM ELEKTRONIKA JILID 3

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

TEKNIK PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN SISTEM ELEKTRONIKA JILID 3

Untuk SMK

Penulis : Peni Handayani
Trisno Yuwono Putro

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

HAN t HANDAYANI, Peni
Teknik Pemeliharaan dan Perbaikan Sistem Elektronika
Jilid 3 untuk SMK /oleh Peni Handayani, Trisno Yuwono Putro ----
Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan,
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah,
Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
vi, 161 hlm
Daftar Pustaka : Lampiran. A
Daftar Vendor : Lampiran. B
Daftar Tabel : Lampiran. C
Daftar Gambar : Lampiran. D
ISBN : 978-979-060-111-6
ISBN : 978-979-060-114-7

Diterbitkan oleh

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK. Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

PENGANTAR

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering mengalami ketidaknyamanan, misalnya saat hujan dan harus menyeberang jalan tiba-tiba atap pada jembatan penyeberang jalan bocor; saat perlu menggunakan telepon umum ternyata telepon tidak berfungsi karena rusak; saat akan pergi kendaraan kita atau kendaraan umum yang kita tumpangi tiba-tiba mogok atau remnya tidak berfungsi, dan masih banyak lagi masalah yang kita bisa lihat dan rasakan. Hal- tersebut antara lain karena orang pada umumnya kurang memperhatikan masalah pemeliharaan, sehingga gangguan kecil pada peralatan yang digunakan tidak terdeteksi. Gangguan kecil ini jika dibiarkan tentunya akan mempengaruhi kinerja alat atau sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, **pencegahan adalah tindakan yang tepat**. Jika masalah pemeliharaan dan perbaikan ini dapat dikelola dengan baik akan memberikan manfaat yang besar bagi kita, antara lain: biaya pemeliharaan dan perbaikan dapat ditekan secara optimal, kegiatan kita tidak terhenti karena alat rusak, waktu kerja kita menjadi lebih efektif dan efisien, usia alat akan lebih panjang. Buku ini akan memberikan pengetahuan tentang pengelolaan masalah pemeliharaan dan perbaikan, masalah kesehatan dan keselamatan kerja, serta teknik pemeliharaan khususnya untuk peralatan dan sistem elektronika.

Masalah kesehatan dan keselamatan kerja juga merupakan masalah yang tak kalah penting, karena selain menyangkut keselamatan diri sendiri, juga menyangkut keselamatan orang lain dan keamanan alat itu sendiri. Masalah ini dibahas pada bagian akhir bab 1. Pada bab-bab lain, masalah kesehatan dan keselamatan kerja juga akan disinggung secara langsung jika sangat erat dengan penggunaan peralatan itu sendiri.

Akhirnya, kami penulis mengucapkan terimakasih kepada editor dan tim penilai dari BSNP (Badan Standar Nasional Pendidikan), atas sumbang saran yang telah diberikan kepada kami untuk kesempurnaan tulisan ini.

Ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kami sampaikan kepada Direktur Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktort Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

Penulis

TEKNIK PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN PERALATAN DAN SISTEM ELEKTRONIKA

PRAKATA

DAFTAR ISI

Kata Sambutan Direktur Pembinaan SMK	
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii

JILID 1

1. PEMELIHARAAN, PERBAIKAN, KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

1.1. Pemeliharaan dan Perbaikan.....	1
1.2. Kegiatan Pemeliharaan dan Perbaikan	1
1.3. Sistem Manajemen Pemeliharaan dan Perbaikan	9
1.4. Sistem Manajemen Pemeliharaan dan Perbaikan Berbantuan Komputer	14
1.5. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	19
1.6. Organisasi Keselamatan Kerja	29
Rangkuman	30
Soal Latihan Bab 1.....	32

2. PRINSIP PELACAKAN KERUSAKAN /KEGAGALAN (*PRINCIPLES of TROUBLESHOOTING*)

2.1. Proses Pemeliharaan di Industri	34
2.2. Spesifikasi	40
2.3. Keandalan dan Kegagalan	47
2.4. Metode-Metode Pelacakan Kerusakan	63
2.5. Analisis <i>Problem-Solving</i>	71
2.6. Pengujian Komponen Aktif	77
2.7. Pengecekan dan Pengujian Rangkaian	81
Rangkuman.....	84
Soal Latihan Bab 2	85
Tugas Kelompok	87

3. MENGENALI KERUSAKAN KOMPONEN ELEKTRONIKA

3.1. Pendahuluan	88
3.2. Resistor Tetap	88
3.3. Kegagalan-Kegagalan pada Resistor Tetap	89
3.4. Resistor Variabel (Potensiometer)	91

3.5. Kegagalan-Kegagalan pada Resistor Variabel	93
3.6. Kapasitor	93
3.7. Kegagalan pada Kapasitor	94
3.8. Komponen Semikonduktor	95
3.9. Kerusakan pada Komponen Semikonduktor	95
3.10. Pencegahan-Pencegahan Ketika Menangani dan Menguji Komponen	96
3.11. Rangkaian Tes Komponen	97
3.12. Pengujian Sederhana untuk Komponen Elektronika	98
3.13. Pengukuran Akurat Komponen Elektronika	102
3.14. Pengukuran Komponen Aktif	104
3.15. Komponen Elektronika Optik	112
Rangkuman	113
Soal Latihan Bab 3	113
Tugas Kelompok	114

4. PEMELIHARAAN MOTOR dan GENERATOR LISTRIK

4.1. Mesin Listrik	115
4.2. Mesin-mesin DC	118
4.3. Generator	119
4.4. Motor DC	127
4.5. Generator AC - Sinkron	131
4.6. Motor Induksi 3 Fasa	132
4.7. Motor AC Sinkron	134
4.8. Pemeliharaan Motor dan Geneator.....	135
Rangkuman.....	144
Soal Latihan	146
Tugas Kelompok	146

JILID 2

5. PELACAKAN KERUSAKAN RANGKAIAN DIGITAL

5.1. Pendahuluan	147
5.2. Karakteristik Keluarga IC Digital	148
5.3. Rangkaian-Rangkaian <i>Bistable</i> , <i>Counter</i> dan <i>Register</i>	151
5.4. Peralatan Bantu Pelacakan Kerusakan Rangkaian Digital	159
5.5. Teknik Pelacakan Kerusakan Rangkaian Digital	166
5.6. Contoh Kasus Kerusakan Rangkaian Digital	170
Rangkuman	173
Soal Latihan Bab 5	173
Tugas Kelompok	173

6. PELACAKAN KERUSAKAN SISTEM ANALOG

6.1. Catu Daya Teregulasi Linier	174
6.2. Catu Daya <i>Switching</i> (<i>System Mode Power Unit</i> , SMPU)	192
6.3. Sistem Penguat Stereo	198
6.4. Penerima TV Warna	226
6.5. Rangkaian IC Linear dan Kasusnya	243
6.6. Transformator	263
Rangkuman	265
Soal Latihan Bab 6	266
Tugas Kelompok	266

7. PELACAKAN KERUSAKAN ALAT KONTROL INDUSTRI

7.1. Pengetahuan Peralatan Kontrol Indutri	268
7.2. Pemeriksaan Sinyal Input dan Output	274
7.3. Menggunakan Teknik <i>Sympton Function</i> (Gejala/Fungsi)	275
7.4. Pembatasan Sinyal Tracing	278
7.5. Menggunakan Teknik Resistansi-Tegangan	278
7.6. Mencari Kerusakan Komponen	280
7.7. Masalah Utama yang Ditemukan Dalam Kontrol Industri	281
7.8. Metode Terakhir untuk Troubleshooting Kontrol Industri	282
7.9. Contoh Kasus	284
Rangkuman	290
Soal Latihan Bab 7	291
Tugas Kelompok	291

JILID 3

8. PEMELIHARAAN SISTEM PENGAWATAN PERANGKAT INDUSTRI

8.1. Pengelompokan Pengawatan	292
8.2. Kelistrikan Lokomotip	294
8.3. Data Teknik Lokomotif	294
8.4. Modul Elektronik	295
8.5. Prinsip kerja Lokomotif Diesel Elektrik	297
8.6. Pengaturan tegangan	301
8.7. Sinyal Umpan Balik	310

8.8. Piranti Pengaturan Beban	311
8.9. <i>Silicon Controler Rectifier</i>	312
8.10. Sistem Pengaman Slip	314
8.11. Pemeliharaan Traksi Motor	326
8.12. Kesalahan Utama Gangguan Traksi Motor	331
Rangkuman	333
Soal Latihan Bab 8	334
Tugas Kelompok	335

9. PERALATAN ELEKTRONIK BERBASIS MIKROPROSESOR

9.1. Konsep & Struktur Dasar Mikroprosesor	336
9.2. Prinsip Dasar sebuah Sistem di Bidang Teknik	337
9.3. Dasar Sistem Berbasis Mikroprosesor	338
9.4. Komunikasi I/O	338
9.5. Aplikasi Sistem Berbasis Mikroprosesor pada Robot Sensor	342
9.6. Operator Gerak & Sensor	344
9.7. Diagnostik Awal Kerusakan Sistem	347
9.8. Identifikasi Gangguan pada Sistem Kontrol Robotik	350
9.9. Jalur Kontrol dan Lup Kontrol	351
Rangkuman.....	356
Soal Latihan	357

10. PEMELIHARAAN SISTEM BERBASIS MIKROKOMPUTER

10.1. Diagram-blok Mikrokomputer	358
10.2. Prinsip Kerja Mikrokomputer	360
10.3. Jenis Kerusakan pada Komputer.....	361
10.4. Cara Diagnosis dan Perbaikan	363
Rangkuman	376
Soal Latihan	377

11. PELACAKAN KERUSAKAN PERALATAN BERBASIS PLC

11.1. Pengenalan PLC	378
11.2. Prinsip Dasar dan Cara Kerja PLC	380
11.3. Tipe PLC	388
11.4. Bahasa Pemrograman PLC	390
11.5. Kelistrikan dan Keamanan PLC	396
11.6. Modul-Modul I/O	400
11.7. Pemeliharaan Perangkat Lunak PLC	417
11.8. Pemeliharaan <i>Timer</i>	423
11.9. Pemeliharaan Pencacah (<i>Counter</i>)	429
11.10. Pemeliharaan Program Comparason-Convers	433
11.11. Pelacakan Kesalahan dengan BDC.....	438

11.12. Pemeliharaan Program dengan Indikator Modul	438
11.13. Pemeliharaan Program Kontrol.....	443
11.14. Instruksi Subroutin	445
11.13. Pemeliharaan Alamat Tidak Langsung dan Indeks	443

LAMPIRAN :

DAFTAR PUSTAKA	A
DAFTAR VENDOR DAN CMMS	B
DAFTAR TABEL	C
DAFTAR GAMBAR	D
RIWAYAT PENULIS	E

8. PEMELIHARAAN SISTEM PENGAWATAN PERANGKAT INDUSTRI

Pengawatan kelistrikan di industri memberikan andil sebagai media untuk menyalurkan sumber daya listrik ke peralatan-peralatan listrik, seperti mesin-mesin listrik, kontrol, dan perangkat listrik lainnya. Pada bab ini akan dijelaskan pengelompokan pengawatan di industri. Juga akan dijelaskan contoh kasus nyata yang berkaitan dengan masalah pengawatan serta pemeliharaan perangkat yang berhubungan dengan masalah pengawatan tersebut, yaitu kasus lokomotif kereta api. Untuk masalah pengawatan lainnya dapat dibaca pada sumber lain, misalnya PUIL, IEC, dan lainnya.

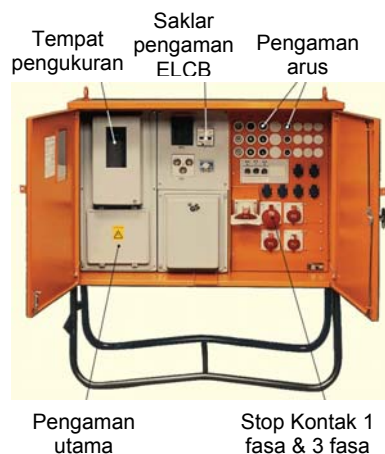
8.1. Pengelompokan Pengawatan

Pada prinsipnya rangkaian pengawatan kelistrikan terbagi menjadi empat bagian, yaitu bagian sumber daya, jalur transmisi, perangkat kontrol dan perangkat-perangkat yang menggunakan daya listrik.

1). Sumber Daya

Sumber catu daya biasanya terdiri dari panel distribusi untuk 220 V/ 340 V, kapasitas ampere total yang umumnya 60 – 200 A. Setiap rangkaian pada kotak panel terhubung pada saluran netral-ground dan saluran fasa.

Di dalam panel terdapat *power lag* yaitu kawat berwarna hitam atau merah jika digunakan tegangan 220 V. Jalur *netral-ground* biasanya berupa kawat berwarna putih, dan hijau yang berfungsi sebagai pengaman *ground* peralatan rumah tangga atau peralatan lainnya. Jalur netral-ground selalu terhubung dengan tanah, atau ground jalan atau pipa air dingin tergantung pada kode lokal

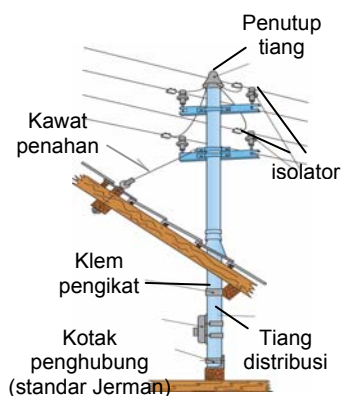


Fachkunde Elektrotechnik, 2006

Gambar 8.1: Contoh Panel Sumber daya

2). Jalur Transmisi

Di dalam lokasi sebuah industri, atau di kota sering dapat ditemui tiang dengan beberapa kawat membentang dari satu tiang ke tiang lainnya. Ini merupakan jalur untuk mendistribusikan sumber daya listrik. Jalur distribusi dapat dibuat diatas tanah, seperti terlihat pada Gambar 8.2, atau ditanam di dalam tanah. Pada tiangg terdapat beberapa komponen penting, seperti perangkat pengaman terhadap kebakaran atau petir, isolator, kotak untuk pengaturan saluran daya, jangkar dan beberapa klem atau penjepit, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.2.

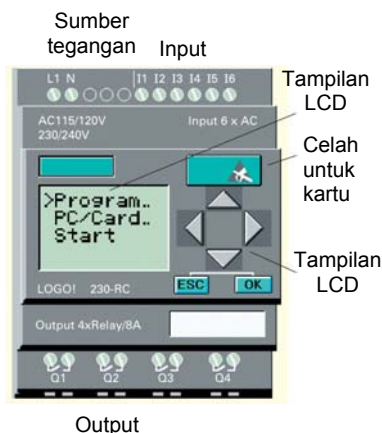


Fachkunde Elektrotechnik, 2006

Gambar 8.2: Tiang Distribusi Udara

3). Peralatan Kontrol

Di industri & dirumah banyak dijumpai peralatan kontrol, misalnya saklar untuk menghidupkan atau mematikan lampu, mesin, atau alat lainnya, dengan cara kerja manual maupun yang dapat diprogram, sehingga banyak pekerjaan manusia yang dapat digantikan oleh peralatan kontrol. Saat ini banyak sekali peralatan kontrol yang digunakan untuk peralatan rumah tangga, misalnya mesin cuci. Gambar 8.3 menunjukkan salah satu alat kontrol yang dapat diprogram.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006

Gambar 8.3: Contoh Alat Pengontrol

4). Peralatan yang Menggunakan Daya Listrik

Sebagian besar perangkat di industri bekerja menggunakan sumber daya listrik, baik AC maupun DC, mulai dari sistem penerangan, sistem kontrol, sistem informasi, peralatan-peralatan ukur dan hiburan, dan sebagainya. Pemeliharaan peralatan tersebut sebagian besar telah dijelaskan pada bab sebelum ini dan atau sesudah bab ini.

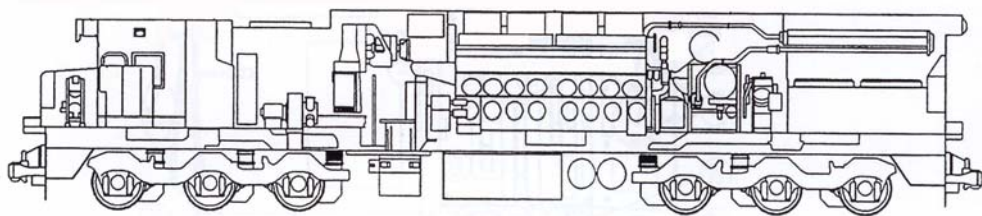
8.2. Kelistrikan Lokomotif

Lokomotif CC22 yang merupakan lokomotif yang dioperasikan oleh PT. Kereta Api (Persero), di Divisi Regional III Sumatra Selatan. Lokomotif type CC 202 ini secara prinsip merupakan Lokomotif Diesel Elektrik.

Mesin Diesel sebagai sumber tenaga mengubah energi panas menjadi tenaga mekanik putar, yang memutar sebuah Generator listrik AC 3 phasa yang berfungsi mengubah tenaga mekanik putar menjadi Energi Listrik. Arus listrik yang telah dihasilkan oleh Generator melalui alat-alat pelayanan dan sistem pengendalian dialirkan ke Traksi Motor untuk diubah menjadi tenaga mekanik putar untuk memutar roda-roda penggerak Lokomotif yang berada di atas rel.

Lokomotif DE (Diesel Elektrik) dibuat oleh **General Electric** (Lok seri CC201 dan CC 203) maupun oleh **General Motors** (Lok seri CC202). Dengan kemajuan di bidang elektronika, kedua pabrik pembuat lokomotif telah mengembangkan sistem kelistrikan pada sistem pembangkit listrik dengan tegangan Alternator AC (bolak-bolak) yang sebelumnya dengan *Generator DC (rata)* dan mengadakan perubahan pada sistem pelayanan dengan menggunakan perangkat semi konduktor berupa Transistor, IC, Kondensator, Resistor, SCR, Diode, dan lain-lain, yang terangkai dalam satu Modul sesuai dengan fungsi masing-masing.

8.3. Data Teknik Lokomotif



Gambar 8.4. Tampak samping Lok CC-202

MODEL	G 26 MC-2
JENIS/RODA PENGGERAK	CC 202/6 RODA PENGGERAK
BERAT/TEKANAN GANDAR	108 TON/10 TON
MESIN DIESEL	
MODEL	645 E
CARA KERJA	2 TAK
JUMLAH SILINDER	16 Silinder "V"
MAIN GENERATOR	3 PHASE BOLAK BALIK
EXITER	3 PHASE BOLAK BALIK
AUX. GENERATOR	3 PHASE BOLAK BALIK
MULA GERAK MESIN DIESEL	2 BUAH START MOTOR
SISTEM Pengereman	REM UDARA TEKAN DAN REM DINAMIK
KOMPRESOR	WBO DENGAN PENDINGIN AIR
TRAKSI MOTOR	DC MOTOR Type D 29
SISTIM PELAYANAN	ELEKTRONIK/MODUL-MODUL
PERLENGKAPAN KHUSUS	2 UNIT RADIO KOMUNIKASI
PEREKAM KECEPATAN	MAGNETIK TAPE RECORDER
KABIN MASINIS	SATU KABIN, SATU MEJA PELAYANAN
BATTERY	74 VOLT.

8.4. Modul Elektronik

Lokomotif CC 202 ini mempunyai sedikit perbedaan cara pelayanan untuk memperoleh tenaga lokomotif. Pada Lokomotif DE seri CC201 dan CC203 menggunakan mekanik elektrik, tetapi pada Lokomotif CC 202 menggunakan semi konduktor berupa IC, Transistor, Diode, sinyal-sinyal denyut, induksi yang terangkai pada satu rangkaian yang disebut Modul.

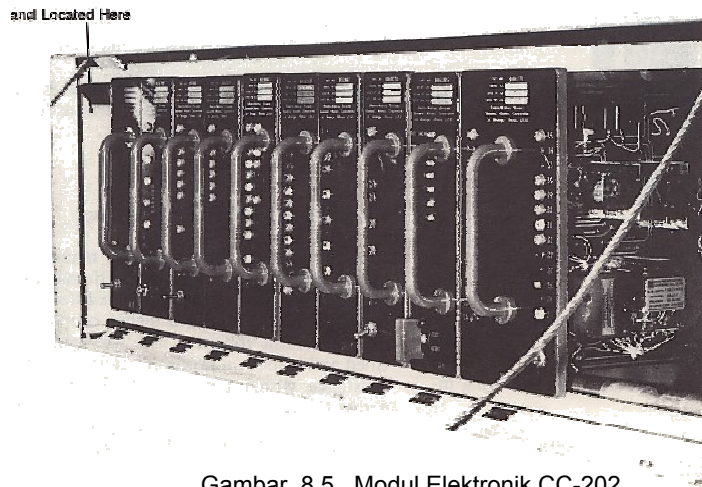
Modul-Modul ini untuk mengendalikan sistem agar diperoleh tenaga yang diperlukan dengan kebutuhan. Jumlah Modul dalam satu lokomotif sebanyak 13 buah yang masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda-beda.

Dari seluruh sistem pengendalian elektronik dibagi menjadi kelompok-kelompok sebagai berikut:

8.4.1. Generator dan Pengendalian Tegangan

Pada kelompok ini meliputi:

1. *Main Generator* dan pengamanan hubung singkat
2. Auxiliary Generator
3. Exiter alternator
4. Pengendali tegangan (VR)



Gambar 8.5. Modul Elektronik CC-202

8.4.2. Sistem Eksitasi dan Pengendalian Tenaga

- | | |
|--|------------|
| 1. Excitation Modul dan pengamanan umpan balik | (Modul EL) |
| 2. Feedback Modul | (Modul FP) |
| 3. Generator Voltage Regulator Modul | (Modul GV) |
| 4. Generator Excitation Regulator Modul | (GX Modul) |
| 5. Load Regulator Assembly | (L.R.) |
| 6. Rate Control Modul | (Modul RC) |
| 7. Sensor Modul | (Modul SE) |
| 8. Throttle Response and Volt Reference Modul | (Modul TH) |
| 9. Silicon Rectifier Assembly | (SCR) |
| 5. Load Regulator Assembly | (L.R.) |
| 6. Rate Control Modul | (Modul RC) |
| 7. Sensor Modul | (Modul SE) |
| 8. Throttle Response and Volt Reference Modul | (Modul TH) |
| 9. Silicon Rectifier Assembly | (SCR) |

8.4.3. Sistem Pendeteksi dan Pengaman Slip

- | | |
|------------------------------|------------|
| 1. Wheel Slip Module | (Modul WS) |
| 2. Wheel Slip Bridge Circuit | (W.S.B.C.) |
| 3. Wheel Slip Transducer | (W.S.T.) |

8.4.4. Pengereman Dinamik, Eksitasi dan Pengendalian

- | | |
|--|-------------|
| 1. <i>Dynamic Protection Module</i> | (Modul DPe) |
| 2. <i>Dynamic Brake Regulator Module</i> | (Modul DR) |

8.4.5. Lampu Indikator dan Alat Bantu

- | | |
|------------------------------|------------|
| 1. <i>Annunciator Module</i> | (Modul AN) |
| 2. <i>Sanding Module</i> | (Modul SA) |

Ke-13 Module-Module tersebut terangkai masing-masing terdiri dari Transistor, IC, SCR, Diode, Kondensator, Resistor, Transformer, Transduser, Opto Transistor, yang masing-masing mempunyai fungsi yang berlainan.

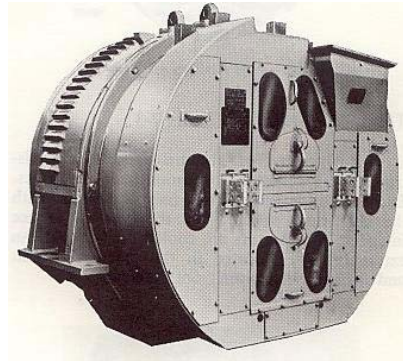
8.5. Prinsip kerja Lokomotif Diesel Elektrik

Untuk membangkitkan tegangan dan arus listrik pada Generator arus bolak balik 3 phase, dibutuhkan satu rangkaian dari beberapa peralatan yang bekerja bersama serta pengendalian dari moduile yang berhubungan dengan pembangkitan tegangan dan arus listrik. Rangkaian itu adalah kumparan pembangkit arus, kumparan medan magnet, dan sistem pengendalian untuk memperoleh nilai tegangan dan arus listrik yang sesuai dengan kebutuhan.

Dibandingkan dengan lokomotif buatan General Motor terdahulu, lokomotif CC 202 ini sangat jauh berbeda.

Perbedaan tersebut terletak pada sistem eksitasinya yang menggunakan exciter sebagai pembangkit medan magnet pada *Main Generator*nya dan sistem pengendalian yang menggunakan komponen elektronika aktif. Secara fisik *exciter* ini dikonstruksi menyatu dalam satu poros *Main Generator*, tetapi secara listrik terpisah satu sama lain. *Generator* dan *exciter* adalah sebuah pembangkit listrik arus bolak-balik 3 phase dengan sistem medan magnet yang berputar atau dengan istilah umumnya *rotating field*, artinya angker sebagai pembangkit medan magnetnya, sedangkan stator sebagai kumparan pembangkit arus dan tegangan listrik.

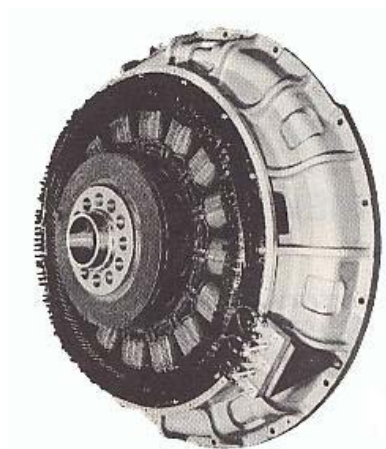
Untuk mengalirkan arus listrik yang dipergunakan sebagai pembangkit medan magnet melalui sepasang slip-ring. Pada poros *Generator* terdapat dua pasang slip ring, sepang untuk mengalirkan arus ke kumparan exciter dan sepasang lainnya untuk mengalirkan arus ke kumparan *Main Generator*.



Gambar 8.6. Main Generator

Tahapan pembangkit arus pada *Generator* dimulai dari *Aux Generator* yang membangkitkan tegangan bolak-balik, arus listrik ini kemudian diratakan oleh Diode yang disusun dengan sistem bridge 3 phase langsung mengalir ke medan magnet exciter.

Tegangan yang terpakai di sini tidak melalui pengatur tegangan, jadi tegangan yang keluar akan pada *aux Generator* akan meningkat sesuai dengan putaran motor diesel. Demikian pula tegangan yang dibangkitkan pada exciter akan mengalami peningkatan sesuai dengan putaran motor diesel.



Gambar 8.7. Generator Eksiter

Dengan mengalirnya arus listrik pada kumparan medan magnet exciter maka pada exciter akan timbul tegangan bolak balik 3 phase yang terbangkit pada kumparan statornya.

Tegangan listrik ini akan langsung timbul begitu motor diesel hidup, namun belum mengalir ke kumparan medan magnet *Main Generator*. Arus bolak balik yang ditimbulkan oleh exciter, disamping sebagai arus siap untuk keperluan eksitasi pada *Main Generator*, langsung pula dipakai untuk memutar motor listrik kipas pendingin radiator yang menggunakan motor listrik arus bolak balik 3 phase. Selain itu dipakai pula untuk memutar kipas penghembus filter motor diesel juga menggunakan motor listrik arus bolak balik 3 phase.

Pada penggunaan bagi keperluan eksitasi *Main Generator* pemakaiannya diatur sesuai dengan keperluan, sesuai besar kecilnya tenaga yang dibutuhkan.

Arus listrik bolak balik dari exciter yang akan dipakai untuk pembangkitan tegangan pada *Main Generator* dialirkan melalui rangkaian SCR (silicon control rectifier).

Sebelum SCR ini disulut (ON) arus listrik yang akan menuju ke kumparan medan magnet *Main Generator* belum mengalir artinya pada *Main Generator* belum membangkitkan tegangan listrik. Keadaan ini akan berlangsung terus selama lokomotif belum diberi tenaga.

Apabila lokomotif akan digerakkan, throttle ditaruh pada kedudukan No. 1, maka Modul TH akan memberikan sinyal dengan besaran tegangan listrik 10,9 Volt, kemudian dialirkan ke Modul RC, selanjutnya tegangan ini akan keluar sebesar 8,45 Volt terus mengalir ke LR assembly dan keluar menuju ke basis *Transistor* pada Modul FP. Tegangan stabil dari Modul TH sebesar 68 Volt dialirkan ke Emitor *Transistor* pada Modul FP yang diseri sebelumnya dengan Modul GV dan magnetik amplifier saturation winding pada Modul SE.

Dengan adanya forward bias pada *Transistor* Modul FP, karena *Transistor*nya jenis NPN maka *Transistor* ini akan on (kerja) dan arus mengalir pada kolektornya, sehingga pada Modul SE akan terbangkit sinyal sesaat akibatnya karena adanya sinyal tersebut transformator pada Modul SE akan timbul induksi. Induksi ini berupa pulsa-pulsa yang selanjutnya akan menyulut SCR sehingga SCR On.

Dengan ON SCR maka arus bolak balik pada exciter akan mengalir menuju kumparan *Main Generator* dan timbullah medan magnet pada kumparan sehingga *Main Generator* mengalirkan arus listrik bolak balik. Pembangkitan pulsa-pulsa oleh Modul SE terdiri dari tiga buah kumparan magnetik amplifier yang selanjutnya akan menyulut 3 buah



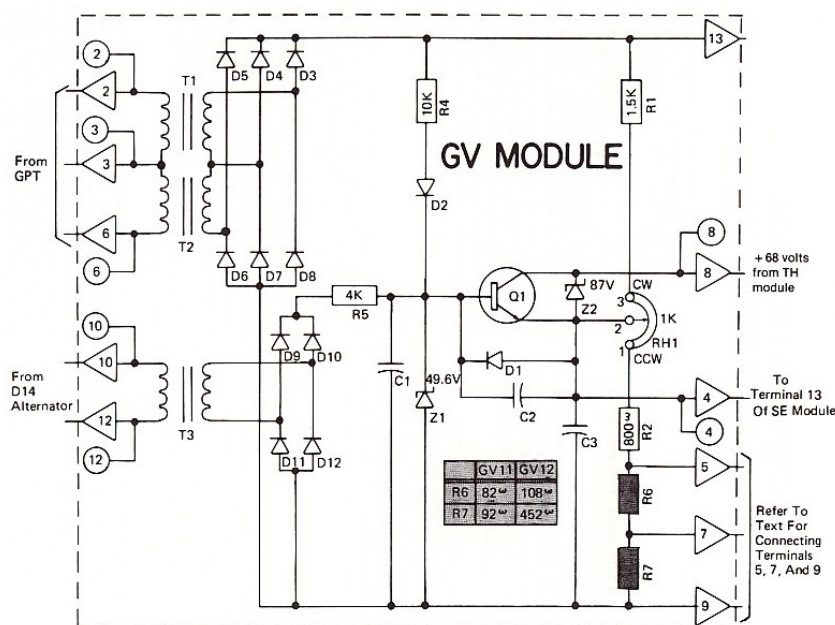
8.6. Pengaturan Tegangan

Untuk mengatur keluaran tegangan pada harga yang aman, diperlukan rangkaian yang kompak berupa Module-module guna pengaturan eksitasi dan pengaturan tegangan. Module-Module tersebut akan dijelaskan berikut ini secara singkat.

8.6.1. Modul GV – Pengaturan Modul Generator

Modul GV membatasi keluaran tegangan sampai batas maksimum aman pada *Main Generator*. Pengaturan ini dilakukan dengan cara memodulasikan sinyal kontrol ke Modul SE pada saat tegangan yang keluar dari *Main Generator* cenderung meningkat. Dengan sinyal control yang meningkat akibat dari peningkatan tegangan yang keluar pada *Main Generator*, maka akan mengakibatkan penurunan eksitasi pada medan magnet *Main Generator*.

Pengaturan tegangan oleh Modul GV adalah dengan sebuah *Transistor* yang dikendalikan oleh adanya kenaikan amplitudo pulsa-pulsa yang diperoleh dari kecenderungan kenaikan tegangan. Dengan demikian, maka kerjanya *Transistor* adalah menggunakan pulsa-pulsa sebagai umpan balik untuk mengatur eksitasi terhadap tegangan.



Gambar 8.9. Modul GV Regulasi Tegangan Generator

8.6.2. Modul GX (Generator Excitation Regulating Module)

Modul GX untuk membatasi eksitasi pada *Main Generator* bila terjadi arus yang mengalir ke medan magnet Generator meningkat melebihi batas aman. Cara kerja dari sistem ini adalah menggunakan sinyal dari sebuah transduser yang besarnya sinyal sebanding dengan arus listrik yang mengalir ke medan magnet *Main Generator*. Sinyal ini selanjutnya di modulasikan kedalam Modul SE bila terjadi arus yang meningkat melebihi batas aman.

Modul GX terdiri dari dua buah transformator untuk meModulasikan kedua sinyal dari besarnya arus yang mengalir dari exiter ke medan magnet Generator dan yang lain dari nilai besarnya tegangan keluaran dari exiter.

Kedua sinyal ini selanjutnya sebagai pengendali bekerjanya *Transistor* pada Modul GX dan selanjutnya berangkai dengan Modul GV untuk bersama mengatur sistem eksitasi *Main Generator*.

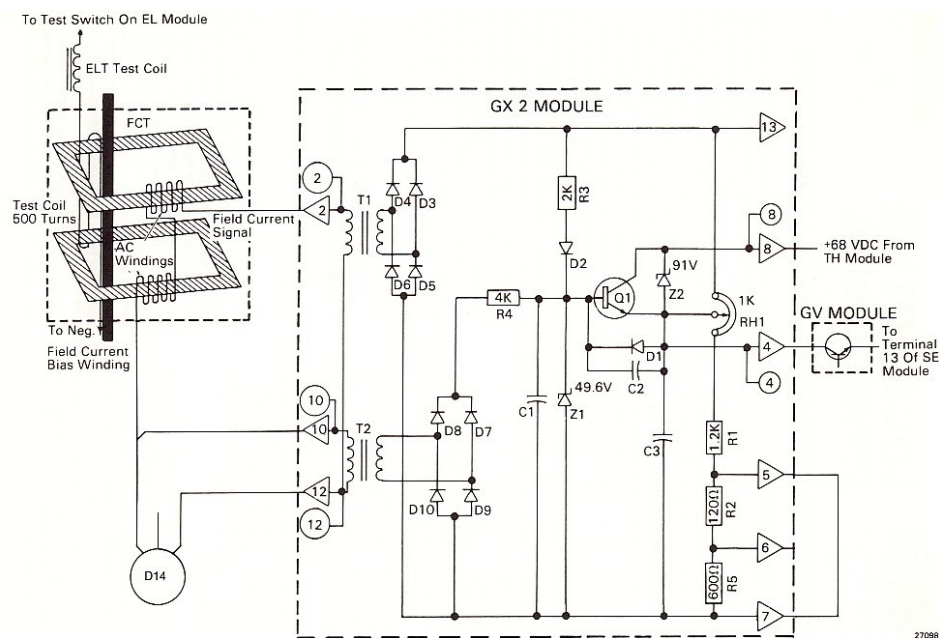


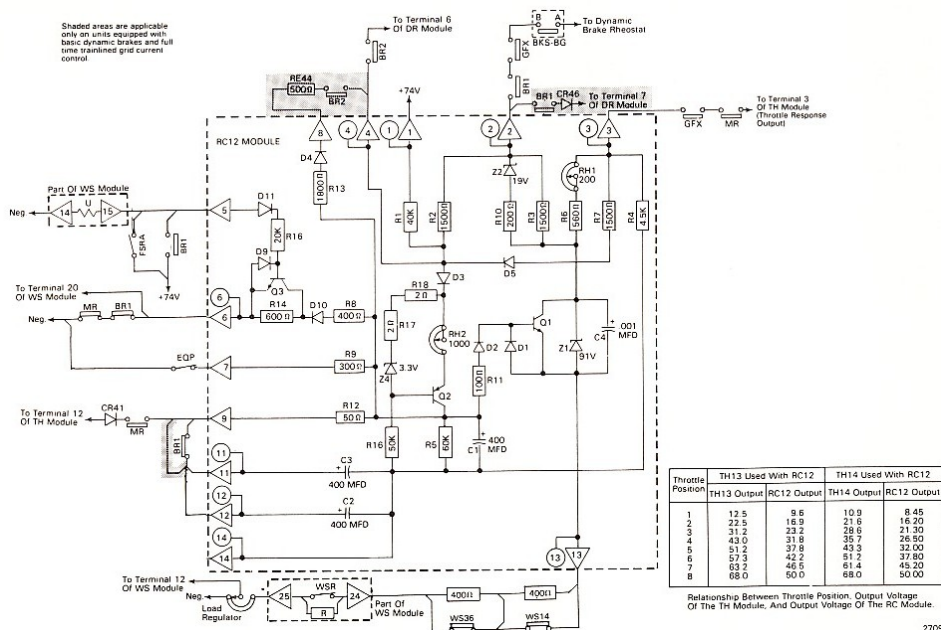
Fig. GX-1 — Generator Excitation Regulating Module GX — Simplified Schematic Diagram

Gambar 8.10. Rangkaian Modul GX

8.6.3. Modul RC (Rate Control Module)

Sistem eksitasi pada *Main Generator* mempunyai tanggapan yang sangat cepat sewaktu gagang throttle dinaikan kedudukannya lebih tinggi. Hal ini mengakibatkan kenaikan tenaga lokomotif begitu cepat. Karena hal ini tidak dikehendaki, maka perlu adanya kendali untuk mengatur agar kenaikan tenaga lokomotif berlangsung dengan halus dan tidak mengejut. Untuk keperluan ini dipakai sebuah rangkaian *Resistor-capasitor timing circuit*.

Dasar bekerjanya alat ini adalah menggunakan saat pengisian capacitor dengan rangkaian *Resistor*. Dengan cara demikian, maka *Transistor* pada Modul RCe bekerjanya dapat diatur sehingga memungkinkan rangkaian eksitasi dapat diatur waktunya.



Gambar 8.11. Rangkaian Modul RC

8.6.4. Modul SE (Sensor Module)

Sensor Modul mengendalikan besarnya arus listrik untuk eksitasi pada lapang magnet *Main Generator*. Arus ini berasal dari eksiter (exciter) melalui SCR assembly yang dirangkai sistem jembatan 3 phase. SCR ini belum ON sampai nilai-nilai pada anoda lebih positif terhadap katodanya dan juga apabila sinyal sulut belum diberikan pada gate SCR, maka SCR ON, begitu sinyal sulut diputut, SCR tetap ON selama anoda positif terhadap katoda.

Modul SE berfungsi memberi sinyal pada masing-masing gate pada SCR sehingga SCR tersebut ON yang memungkinkan arus listrik dari eksiter (exciter) mengalir ke lapang magnetik *Main Generator*.

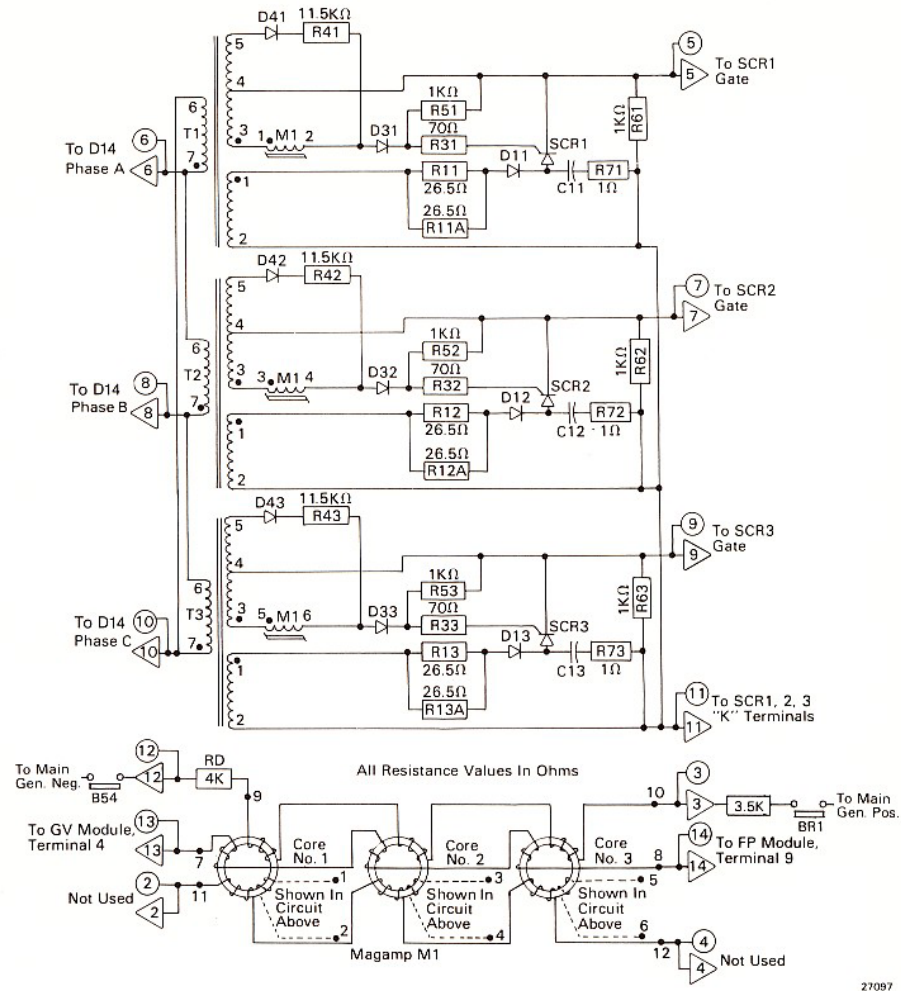
Arus listrik yang mengalir dari exciter adalah arus bolak balik, karena rangkaian SCR merupakan rangkaian jembatan 3 phase, maka arus dapat mengalir ke lapang magnet hanya berlangsung pada saat tegangan sinusoidal bernilai positif. Arus yang dapat mengalir maksimum terjadi pada setengah gelombang di daerah positif. Pada saat nilai tegangan mulai menjadi positif dari lintasan negatif dan saat tegangan akan bernilai 0 akan menuju daerah negatif itulah jumlah arus maksimum yang dapat mengalir ke lapang magnet dari tiap-tiap phase.

Apabila penyulutan SCR dimulai pada saat tegangan mulai positif, maka SCR akan kerja selama periode positif penuh berarti arus mengalir maksimum dan mengakibatkan eksitasi dengan maksimum pula.

Sebaliknya, bila penyulutan SCR terjadi pada saat positif mendekati nilai 0 maka SCR kerja hanya selama saat penyulutan sampai nilai positif akan bertukar menuju negatif. Demikianlah fungsi utama dari Modul SE mengatur waktu penyulutan SCR untuk memperoleh jumlah arus untuk eksitasi yang sesuai dengan kebutuhan.

8.6.5. Modul TH (Throttle Response Circuit Module)

Modul TH berfungsi untuk membuat tegangan stabil 68 Volt guna keperluan excitation control system, yaitu tegangan yang mengalir ke CV Modul, Modul FP. Tegangan ini sangat stabil yang diperoleh dengan menggunakan rangkaian Voltage Regulator didalam Modul TH, yang terdiri dari IC dan beberapa *Transistor*. Kestabilan tegangan ini sangat diperlukan karena dipakai sebagai besaran standard pembanding untuk keperluan pengendalian eksitasi pada lapang *Main Generator*.

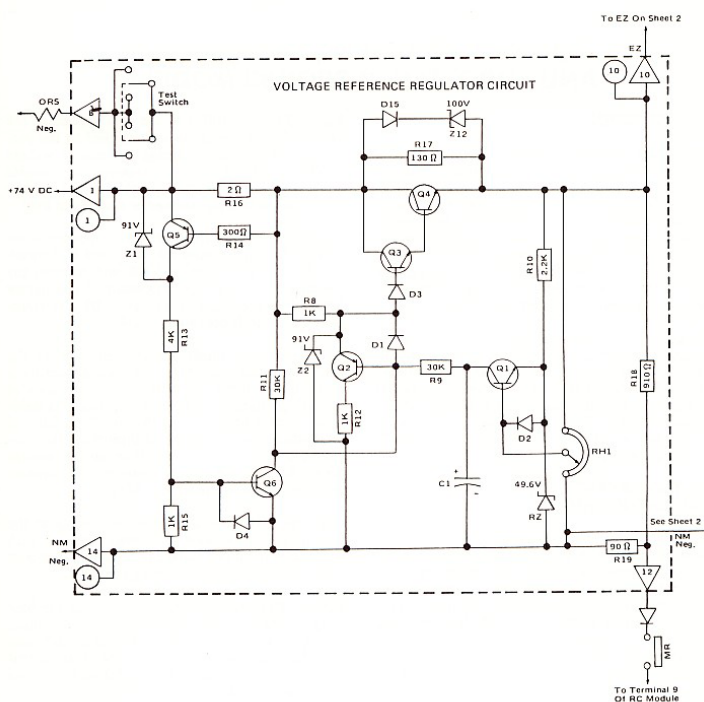


Gambar 8.12. Rangkaian Modul Sensor

Fungsi yang lain adalah membangkitkan sinyal sebanding dengan kedudukan gagang throttle. Makin tinggi kedudukan throttle makin besar sinyal yang diberikan dan sebaliknya. Sinyal ini selanjutnya sebagai tegangan yang diperbandingkan dengan tegangan keluaran dari Modul SE didalam Modul FP yang mengatur kerja *Transistor* untuk keperluan eksitasi *Main Generator*.

Rangkaian lain dari keluaran Modul TH akan mengeluarkan tegangan untuk mengoperasikan solenoid pada governor motor diesel, Operasi Solenoid ini akan menghasilkan sinyal yang digunakan untuk mengendalikan putaran motor diesel.

Sinyal ini bekerja secara logika dan digital. Sinyal ini dihasilkan oleh sejumlah komponen, seperti beberapa *Transistor* opto isolator pada Modul TH. Rangkaian Modul TH sangat kompak dan rumit karena terdiri dari beberapa IC, *Transistor* opto isolator, *Diode*, dan lain sebagainya.



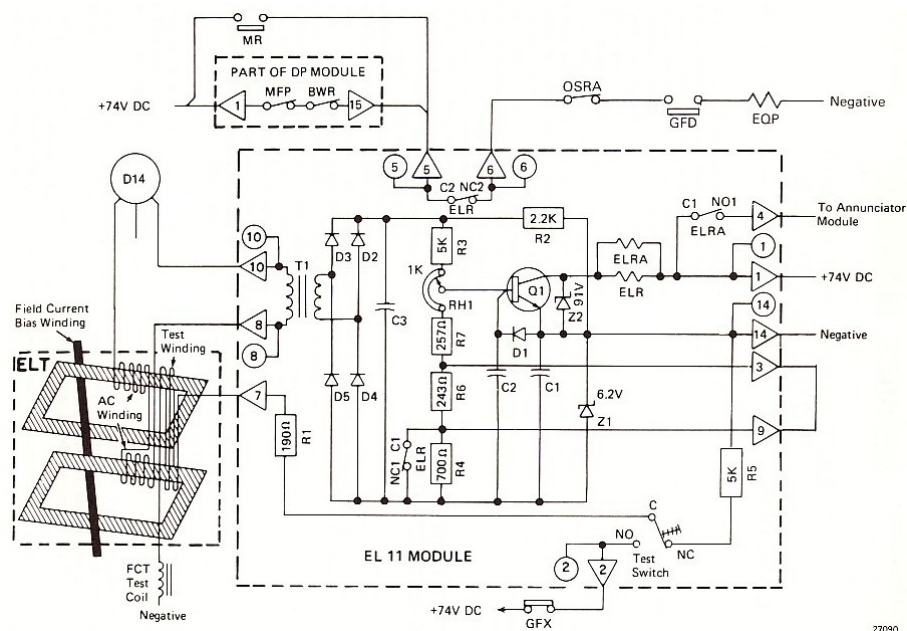
Gambar 8.13. Rangkaian Modul TH

8.6.6. Modul EL (Sistem Pengaman dan Pembatas Eksitasi)

Sistem pengaman eksitasi ini terdiri dari Modul EL dan sebuah transducer yang memberikan sinyal ke Modul EL sebanding dengan arus yang mengalir ke lapang *Main Generator*.

Modul EL berfungsi untuk mencegah terjadinya arus eksitasi yang berlebihan pada *Main Generator* dengan cara mengatur kerjanya rangkaian relay-relay eksitasi EQP bila arus eksitasi yang melewati Modul GX melebihi harga yang aman.

Transducer ini menerima sinyal AC dari exciter yang terpasang seri dengan Modul EL. Sinyal yang dibangkitkan dari adanya induksi pada sebuah kumparan yang intinya terinduksi oleh arus listrik yang mengalir untuk keperluan eksitasi

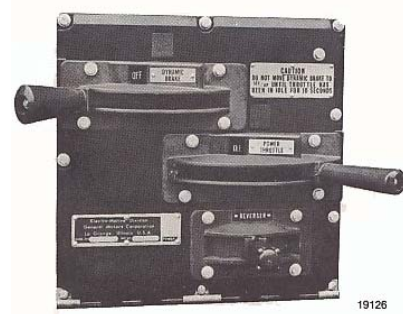


Gambar 8.14. Rangkaian Pengaman dan Pembatas Eksitasi

Apabila terjadi arus eksitasi lebih dari pada harga yang aman, maka akan terbangkit sinyal yang besarnya sebanding dengan kenaikan arus eksitasi. Ini akan menyebabkan rangkaian Modul EL pada *Transistornya* bekerja selanjutnya akan memutus rangkaian pada sistim eksitasi. Bersamaan dengan itu akan menyalakan lampu indikator yang memberi tanda terjadinya arus eksitasi lebih.

8.6.7. Modul FP (Feedback Module)

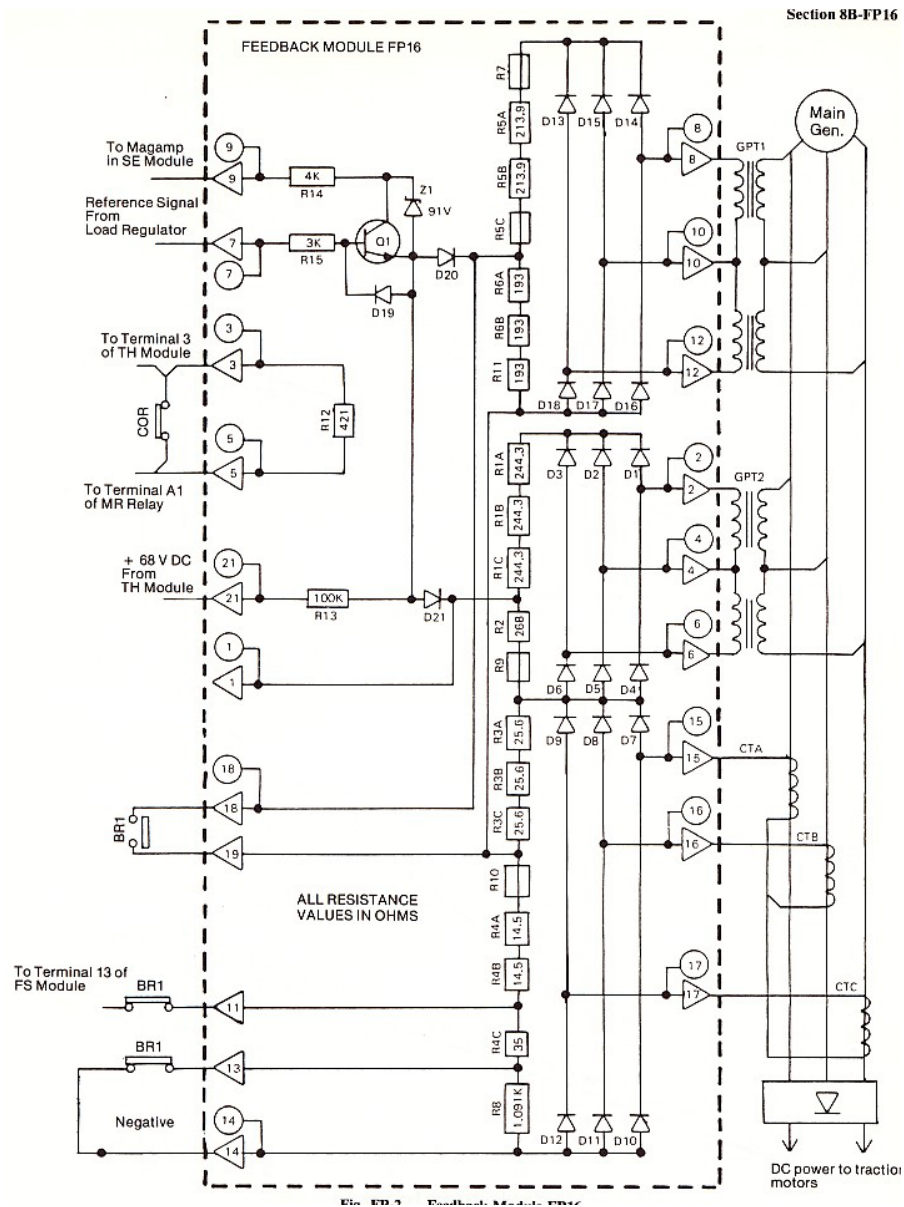
Modul FP berfungsi untuk mengontrol tenaga yang keluar dari Main Generator pada suatu harga yang sebanding dengan kedudukan gagang *throttle*. Prinsip kerjanya adalah dengan sistem sinyal dari besaran yang keluar dari *Main Generator* sebagai sinyal umpan balik yang selanjutnya akan mengatur besaran-besaran tersebut sehingga tercapai harga yang diinginkan. Sinyal umpan balik tersebut di dalam modul FP dibandingkan dengan sinyal dari modul TH.



Gambar 8.15. Gagang Throttle

Selanjutnya hasil perbandingan ini untuk mengendalikan modul SE yaitu arus yang mengalir pada *magnetic amplifier*.

Pengendalian ini dengan menggunakan level sinyal tegangan dan level arus *Main Generator* sebagai sinyal umpan balik. Kombinasi kedua sinyal ini selanjutnya dipergunakan sebagai sinyal yang berfungsi untuk mengontrol tenaga *Main Generator*



Gambar 8.16. Rangkaian Module *Feedback*

8.7. Sinyal Umpanbalik

8.7.1. Sinyal Umpanbalik Tegangan Generator.

Untuk memperoleh sinyal ini sebuah transformator memperoleh saluran dari Main Generator GPTI. Dengan rangkaian perataan yang terdiri dari 6 (enam) buah Diode sinyal dari transformator berupa sinyal tegangan, dialirkan pada sebuah rangkaian tahanan yang dihubungkan seri sedemikian rupa sehingga sinyal tegangan sebesar 1.525 volt diambil sebesar 50 volt sebagai sinyal yang mewakili sinyal 1525 volt. Sinyal ini selanjutnya sebagai sinyal pengendali tegangan yang keluar dari Main Generator

8.7.2. Sinyal Umpanbalik Arus Generator.

Untuk memperoleh sinyal ini sebuah transformator mengambil arus keluar dari *Main Generator*. Besarnya sinyal arus yang keluar dari *Main Generator* tersebut dengan melalui 6 (enam) buah *Diode*, sinyal dari transformator sebenarnya berupa tegangan. Dengan melalui rangkaian *Resistor* yang dihubungkan seri, arus sebesar 3.550 ampere dari *Main Generator* tersebut diwakili oleh tegangan sebesar 50 Volt.

Selanjutnya sinyal arus yang diwakili oleh tegangan 50 volt dipergunakan untuk mengendalikan arus keluar dari Generator dengan melalui Modul FP.

8.7.2. Sinyal Umpanbalik Tenaga Generator.

Untuk mengendalikan tenaga yang dikeluarkan oleh *Main Generator*, sinyal umpan balik tegangan dan sinyal umpan balik arus dikombinasikan sedemikian rupa sehingga paduan kedua sinyal tersebut dibandingkan dengan sinyal dari Load regulator.

Perbandingan sinyal dari load Generator ini dengan melalui seri *Transistor* pada Modul FP. Pembiasaan *Transistor* pada Modul FP terjadi bila besaran sinyal dari load regulator secara tiba-tiba meningkat lebih besar daripada besaran sinyal umpan balik pengendali tenaga.

Pada kedudukan seperti ini besaran sinyal dari load regulator pada harga maximum sebesar 50 Volt. Sinyal kurang dari 50 Volt akan terjadi bila lokomotif mengalami perubahan beban pada suatu tanjakan, tetapi tenaga yang dikeluarkan dari Generator tetap sebesar 20.000 PK.

Hal ini terjadi karena Modul GV bekerja mempertahankan tegangan keluar dari *Main Generator* sebesar 1.250 Volt. Disamping itu, tegangan ini juga dipertahankan oleh bekerjanya Modul FP yang bekerja memperbandingkan sinyal selanjutnya mengatur eksitasi agar tetap membandingkan tenaga Generator pada harga yang konstan.

Demikian cara kerja dari Modul FP yang bekerja kompak dengan *Transistor* yang dapat mengatur tenaga lokomotif sebesar 2000 PK.

8.8. Piranti Pengaturan Beban

Pengaturan beban (*Load regulator*) ini terdiri dari sebuah *Resistor* yang mempunyai harga 1500 Ohm. Gerakan rheostat dengan hidrolik sistem yang menggunakan tekanan minyak luar motor diesel.

Load regulator ini meneruskan sinyal dari Modul RCe berupa tegangan dan dilewatkan melalui Modul WS untuk dialirkan ke Modul FP. Sinyal masukan berupa tegangan yang diberikan kepada *load regulator* tergantung dari kedudukan gagang *throttle* dan keadaan kondensator pada Modul RCe sedang dalam posisi mengisi atau telah terisi penuh.

Pada kedudukan gagang *throttle* 8, dan kapasitor atau kondensator pada Modul RCe telah terisi penuh, masukkan ke *load regulator* sebesar 50 volt. Tegangan ini akan turun sebanding dengan turunnya kedudukan gagang *throttle*. Tegangan yang dikeluarkan oleh *load regulator* tergantung dari besarnya tegangan yang masuk dan kedudukan *wiper load regulator*nya

Pada kedudukan load regulator kurang lebih sama dengan tegangan yang masuk. Pada saat lokomotif berjalan dengan kedudukan gagang throttle tertentu, tegangan keluar dari load regulator ditentukan oleh tegangan masukan dan besarnya arus *Main Generator*. Fungsi load regulator secara lengkap tidak diuraikan pada uraian ini karena untuk menerangkannya harus mengungkapkan cara kerja governor motor diesel dengan pembebanan berubah akibat adanya perubahan beban lokomotif.

Pada uraian di sini ditekankan hanya fungsi load Generator dalam perannya meneruskan sinyal untuk mengendalikan tenaga secara elektrik.

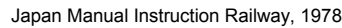


Gambar 8.17: Load Regulator

8.9. Silicon Controller Rectifier

Eksitasi pada lapang magnet *Main Generator* berasal dari exciter Generator D14, arus bolak balik 3 phase melalui SCR assembly. Tiap SCR terangkai secara seri dengan masing-masing phase dari keluaran exciter arus bolak balik sedemikian rupa, hanya dapat mengalirkan pada saat phase tersebut berharga tegangan positif (forward bias). SCR ini belum mengalirkan arus listrik walaupun pada saat tersebut phase berharga positif sebelum gate SCR disulut oleh sinyal penyulut dari Modul SE.

Setelah sinyal penyulut diberikan pada gate-nya, maka SCR menjadi ON dan arus mengalir dari anoda ke katoda. Mengalirnya arus listrik akan terus berlangsung walaupun sinyal penyulut diputuskan. Aliran ini berlangsung hanya selama periode positif dari grafik tegangan sinus. SCR akan menjadi OFF otomatis pada saat akhir periode positif atau tegangan menjadi bernilai 0 Volt.



1

Bila sinyal dari Modul FP sesaat lebih besar dari pada sinyal dari load regulator, *Transistor* pada Modul FP tidak bekerja (OFF) mengakibatkan arus yang mengalir ke gulungan magnetik amplifier tidak ada.

313

Tingkatan kejenuhan pada inti gulungan ditentukan oleh arus yang mengalir pada gulungan kontrol. Besarnya arus ini dibatasi oleh sinyal yang berasal dari load regulator. Apabila besarnya sinyal dari load regulator kecil, maka jumlah arus yang mengalir ke gulungan kontrol akan kecil pula.

Hal ini mengakibatkan tingkat kejenuhan pada inti gulungan magnetik amplifier akan berjalan lambat pada saat positif setengah gelombang grafik sinus. Dengan demikian maka sinyal penyulut timbulnyapun akan lambat pada setengah gelombang positif, akibatnya proses penyulutan hanya berlangsung dalam waktu yang pendek selama periode positif dari grafik setengah gelombang sinus. Kejadian seperti ini mengakibatkan arus yang mengalir pada SCR hanya sebentar sehingga eksitasipun hanya berlangsung sebentar diantara waktu periode positif grafik sinus.

Apabila sinyal dari load regulator besar, maka jumlah arus yang mengalir ke gulungan kontrol akan besar pula. Hal ini mengakibatkan tingkat kejenuhan pada inti gulungan magnetik amplifier akan berlangsung dengan cepat pada saat periode positif setengah gelombang grafik sinus. Dengan demikian maka penyulutan akan terjadi lebih awal pada saat setengah gelombang positif. Kejadian ini mengakibatkan proses penyulutan akan berlangsung lama pada saat periode positif setengah gelombang grafik sinus. Sehingga eksitasi akan berlangsung lebih lama akibatnya arus pada *Main Generator* akan lebih besar dan tenaga lokomotif besar pula.

Demikian cara kerja SCR yang dikendalikan oleh sinyal yang mengerjakan *Transistor* untuk keperluan menentukan besar kecilnya eksitasi yang pada akhirnya adalah mengatur tenaga lokomotif.

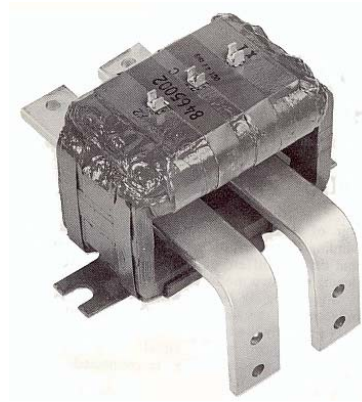
Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa pengendalian tenaga lokomotif dikendalikan oleh sinyal-sinyal yang berasal dari bekerja satu sistem rangkaian alat-alat semi konduktor aktif berupa *Transistor*

8.10. Sistem Pengaman Slip

Sistem pengaman slip adalah untuk menjaga agar roda-roda pada lokomotif mempunyai putaran yang sama. Tujuan utama adalah menghindari kerusakan pada Traksi Motor akibat dari kejadian selip pada roda-roda lokomotif.

Yang dimaksud slip di sini adalah ada 2 (dua) macam, yaitu putaran lebih secara serempak bersama-sama pada semua roda. Istilah populer door-slag mungkin lebih tepat untuk kejadian tersebut dan jenis selip lainnya adalah putaran rodak tidak sama antar sepasang roda dengan roda-roda lainnya.

Sistem pengaman slip diutamakan untuk mendeteksi adanya putaran tidak sama pada roda-roda lokomotif dengan sebuah trans-duktor WST, yang dipasang pada dua buah aliran arus pada dua traksi motor. Dalam keadaan aliran arus ke Traksi Motor sama, transduktor dalam keadaan seimbang dan keadaan ini WST tidak membangkitkan sinyal deteksi. Bila terjadi arus listrik yang mengalir ke Traksi Motor tidak sama besar, maka WST tidak seimbang akibatnya akan timbul sinyal yang diberikan ke Modul WS

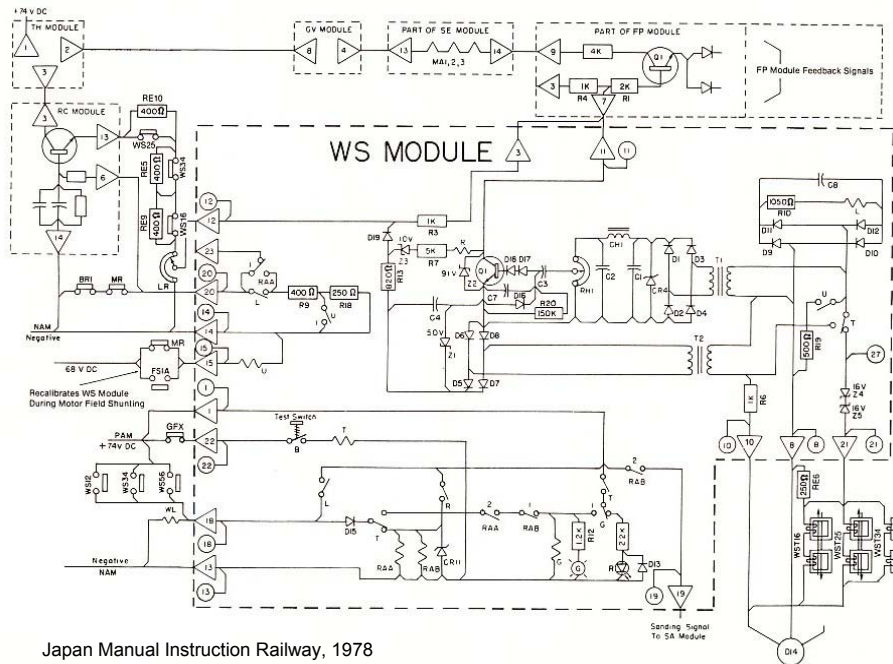


Gambar 8.19: Transduser WST-2

8.10.1. Modul Wheel Slip (Modul WS)

Module WS digunakan untuk mengontrol selipnya roda lokomotif ketika pendeteksi, yaitu transduktor roda selip atau rangkaian jembatan memberikan sinyal adanya selip. Tiga tingkatan selip yang dikontrol oleh transduktor dapat dideteksi, selanjutnya hanya satu tingkat macam selip yang dapat dideteksi oleh rangkaian jembatan. Modul WS dilengkapi dengan saklar test untuk dipergunakan menguji bekerjanya sistem pengaman selip.

Kepekaan transduktor roda selip dan kecepatan tanggap Modul WS mengurangi selip secara serempak dengan mengendalikan selip sebelum kehilangan adhesi terjadi. Oleh karena itu Modul WS mempertahankan tenaga lokomotif pada harga optimal dibawah nilai-nilai tarikan berat dan adhesi terendah pada saat nkejadian selip berulang ulang. Oleh sebab itu, dengan pengendalian tersebut maka tarikan terhadap beban rangkaian kereta api berlangsung dengan halus, penurunan gagang throttle tidak perlu dilakukan oleh masinis.



Gambar 8.20. Modul Wheel Slip Modul WS

8.10.2. Pengontrolan Slip Tingkat Pertama

Selip tingkat pertama apabila terjadi selip ringan. Pengontrolan dengan cara menurunkan secara tajam pada sinyal yang harus diberikan ke basis *Transistor* di Modul FP. Penurunan tajam ini dibuat tanpa pengosongan (discharge) pada kapasitor di Modul RCe, ataupun merubah posisi arm pada load regulator. Penurunan sinyal ini mengakibatkan pengurangan eksitasi secara bertahap pada lapang magnetik *Main Generator*, akhirnya penurunan pada tenaga keluar pada *Main Generator*.

Pada saat terjadi selip, tegangan yang dialirkan ke transformator T1 meningkat setara dengan kecepatan selipnya roda. Sinyal ini selanjutnya diratakan untuk dipergunakan sebagai sinyal pengontrol roda selip pada rangkaian Modul WS yang terdiri dari beberapa buah *Transistor*, *Zener*, *Resistor*, kapasitor dan alat-alat elektronik lainnya

8.10.3. Pengontrolan Slip Tingkat Kedua

Pengontrolan slip tingkat kedua ini terjadi apabila sinyal dari transduktor roda slip melebihi harga batas yang telah ditentukan. Pada saat terjadi pengontrolan slip tingkat kedua, pemasir bekerja bekerja untuk memberikan pasir pada roda-roda yang dilakukan oleh Modul SA (sanding Module) dan juga kapasitor pada Modul RCe mengosongkan arus simpannya dengan cepat.

Besar sinyal ini mengakibatkan arus yang mengalir ke *Transistor* pada Modul WS besar pula. Hal ini menyebabkan arus mengalir ke salah satu *Resistor* meningkat dan ini akan menembus sebuah *Zener Diode* bila tegangan yang mengalir ke *Resistor* tersebut lebih dari 10 Volt. Dengan tembusnya *Zener Diode* maka akan mengerjakan sebuah relay dan selanjutnya akan mengerjakan Sistim pemasir pada Modul SA. Bila roda slip telah dapat dihentikan slipnya maka akan kembali normal dan tenaga lokomotif akan kembali secara perlahan (smooth) dan pemasiran berhenti.

8.10.4. Pengontrolan Slip Tingkat Ketiga

Keluaran dari detektor-detektor roda slip dipakai sebagai besaran-besaran pada rangkaian detektor yang terdiri dari beberapa *Diode*, kapasitor, dan sebuah relay detektor. Relay detektor menanggapi pemagnetan dari sinyal roda slip yang kuat, sesuai dengan besarnya kenaikan sinyal roda slip. Relay akan bekerja bila sinyal meningkat diatas harga yang telah ditentukan.

Relay WL akan memberi satu umpan yang mengakibatkan lampu WS menyala. Relay L akan bekerja bila sinyal roda slip meningkat diatas harga yang telah ditentukan. Kerjanya relay RAA dan RAB memberikan pengontrolan pada saat terjadi pengontrolan pada tingkat kedua. Relay L akan tetap bekerja sampai keadaan slip telah berhenti atau setelah penurunan tenaga telah dapat menurunkan sinyal roda slip yang dapat menghentikan bekerjanya relay L.

Dengan lepasnya relay L maka relay WL, RAA, RAB akan kembali normal dan akibatnya tenaga lokomotif normal pula.

8.10.5. Cara Kerja Modul WS pada Pengereman Dinamik

Transduktor roda selip tidak digunakan untuk mendeteksi roda selip walaupun kenyataannya rangkaian jembatan roda selip terpasang melalui sepasang angker Traksi Motor yang terpasang sering.

Roda yang mengalami selip (tergelincir) dibuat sedemikian rupa sehingga menghasilkan selisih tegangan melalui salah satu rangkaian jembatan.

Untuk mendeteksi keadaan seperti ini dilakukan oleh rangkaian jembatan yang bekerja karena bekerjanya relay-relay WS, salah satu diantaranya 3 relay WS. Dengan bekerjanya relay WS maka akan terjadi pengurangan tenaga lokomotif secara bertahap dengan memfungsikan tahanan K diantara Modul RCe dengan load regulator. Di samping itu juga memberikan aliran ke WL relay, RAA relay, dan RAB relay. Masing-masing relay berfungsi WL relay untuk memberikan aliran pada lampu WS, RAA relay mengatur pengosongan cepat kapasitor pada kapasitor pengendali, dan RAB relay mengerjakan Modula pemasir (Modul SA).

Transduktor roda selip tidak digunakan untuk mendeteksi roda selip walaupun kenyataannya rangkaian jembatan roda selip terpasang melalui sepasang angker Traksi Motor yang terpasang sering.

Roda yang mengalami selip (tergelincir) dibuat sedemikian rupa sehingga menghasilkan selisih tegangan melalui salah satu rangkaian jembatan.

Untuk mendeteksi keadaan seperti ini dilakukan oleh rangkaian jembatan yang bekerja karena bekerjanya relay-relay WS, salah satu diantaranya 3 relay WS. Dengan bekerjanya relay WS maka akan terjadi pengurangan tenaga lokomotif secara bertahap dengan memfungsikan tahanan K diantara Modul RCe dengan load regulator. Di samping itu juga memberikan aliran ke WL relay, RAA relay, dan RAB relay. Masing-masing relay berfungsi WL relay untuk memberikan aliran pada lampu WS, RAA relay mengatur pengosongan cepat kapasitor pada kapasitor pengendali, dan RAB relay mengerjakan Modula pemasir (Modul SA).

Apabila peristiwa roda selip telah dapat dihentikan oleh bekerjanya sistem pengaman selip, maka WS relay akan kembali normal

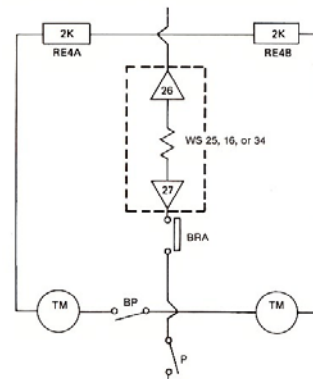
Hal ini akan melepaskan hubungan *Resistor* antara Modul RC dan load regulator

Kapasitor pengendalian tingkat selip akan terjadi pengisian pada tingkat normal. Perlambatan akibat penurunan tenaga akan berangsur-angsur kembali seperti tenaga semula dan pemasiran akan tetap berlangsung untuk sesaat sampai normalnya relay RAB.

8.10.6. Rangkaian Jembatan Roda Slip

Rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi roda selip sewaktu berlangsung pengereman dengan dinamic brake. Rangkaian ini terdiri dari 2 Traksi Motor, 2 buah *Resistor* 2 kilo ohm dan sebuah relay WS. Dalam sebuah lokomotif terdiri dari 3 pasang yang sama pada masing-masing rangkaian

Dalam keadaan normal kondisi rangkaian seimbang. Apabila terjadi roda selip pada saat pengereman dengan dinamic brake, keadaan tidak seimbang dan ini akan dideteksi oleh WSR relay. Dengan bekerjanya WSR relay, maka akan menurunkan eksitasi pada Traksi Motor yang pada saat itu difungsikan sebagai Generator. Disamping itu juga mengerjakan pemasiran.

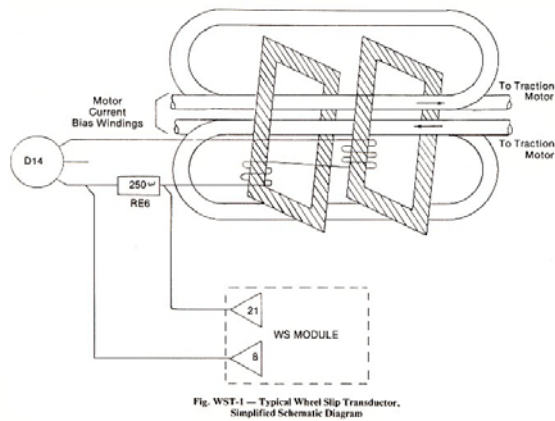


Japan Manual Instruction Railway, 1978

Gambar 8. 21. Modul *wheel Slip* Roda

8.10.7. Rangkaian Jembatan Roda Slip

Transduktor roda selip terdiri dari dua buah inti besi, dua buah gulungan arus bolak balik dan dua buah gulungan pembias tunggal dari Traksi Motor berupa kabel aliran arus Traksi Motor. Kedua inti besi terisolasi satu sama lain dan masing-masing terdapat gulungan arus bolak-balik. Gulungan pembias dari aliran arus Traksi Motor membias bersama-sama kedua inti besi.



Japan Manual Instruction Railway, 1978

Gambar 8.22. Transduktor

Arah aliran arus Traksi Motor dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mendeteksi perbedaan besarnya arus listrik yang mengalir ke Traksi Motor. Dalam keadaan normal besarnya induksi dari dua buah Traksi Motor kurang lebih seimbang. Oleh karena pemasangannya dengan arah yang berlawanan, maka induksi kedua motor akan saling menghilangkan dan akibatnya medan magnet akan hilang. Akibat dari itu, maka tidak ada pembiasan yang akan mempengaruhi timbulnya sinyal oleh WST.

Pada saat terjadi roda slip, maka arus yang mengalir ke Traksi Motor berbeda akibatnya akan timbul medan magnet yang besarnya tidak sama pada gulungan pembias. Hal ini akan membuat pengaruh timbulnya reaktansi pada gulungan arus listrik yang mengalir ke Traksi Motor. Dengan adanya penurunan reaktansi ini maka arus yang mengalir pada salah satu *Resistor* akan naik. Selanjutnya kenaikan arus ini sebagai sinyal ke modul WS yang sebanding dengan besarnya selisih arus mengalir ke Traksi Motor.

Pada kejadian dimana roda bersama (*door-slag*) terjadi slip, hal ini tidak menyebabkan perbedaan arus listrik pada gulungan pembias sehingga transduktor tidak dapat mendeteksi keadaan ini.

8.10.8. Dynamic Brake

Yang dimaksud dengan dynamic brake ialah pengereman dengan mempergunakan beban listrik pada Generator yang sedang membangkitkan arus listrik. Dengan beban tersebut maka energi yang dibuang melalui suatu tahanan dengan harga yang tertentu, akan menimbulkan suatu perlawanan untuk cenderung menghentikan atau menurunkan putaran Generator tersebut. Dengan menganut prinsip-prinsip pembangkitan pada suatu Generator, faktor yang harus diperhatikan adalah putaran, medan magnet dan kumparan.

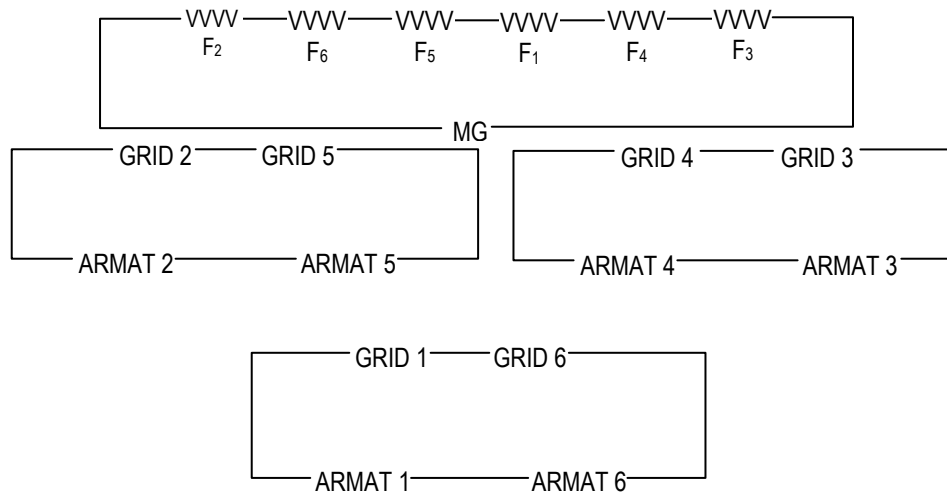
Putaran ini diperoleh dari gesekan massa lokomotif sebagai energi kinetik yang meluncur. Traksi Motor yang terpasang pada roda-roda lokomotif akan berputar karena adanya hubungan mekanik melalui gigi pilin dan gigi pada as roda. Traksi Motor tersebut didalam pengereman dengan dynamic brake dirubah fungsinya menjadi Generator yang membangkitkan tegangan dan arus listrik.

Agar traksi putar tersebut dapat menjalankan perannya sebagai Generator, maka harus ada suatu medan listrik sebagai syarat utama prinsip Generator. Medan listrik yang dibuat dengan arus listrik yang berasal dari Main Generator akan membangkitkan eksitasi. Besarnya eksitasi pada saat pengereman dynamic brake tergantung dari posisi besarnya arus yang mengalir ke sistem eksitasi dan ini ditentukan oleh besarnya tegangan yang dibangkitkan oleh *main Generator* dan kedudukan gagang rem dynamic.

Agar traksi putar tersebut dapat menjalankan perannya sebagai Generator harus ada suatu medan listrik sebagai syarat utama prinsip Generator. Medan listrik yang dibuat dengan arus listrik yang berasal dari *main Generator* akan membuat eksitasi. Besarnya eksitasi pada saat pengereman dynamic brake tergantung dari posisi besarnya arus yang mengalir ke sistem eksitasi dan ini ditentukan oleh besarnya tegangan yang dibangkitkan oleh *main Generator* dan kedudukan gagang rem dynamic.

Untuk dapat terjadinya pengeraman, maka arus yang dibangkitkan oleh traksi mereka yang telah berubah fungsinya sebagai Generator dibuang melalui suatu GRID DYNAMIC BRAKE dan dibuang sebagai energi panas.

Pada saat berlangsung pembuangan energi panas, maka ini akan menjadi beban pada traksi meter sehingga cenderung traksi merer akan turun putarannya, selanjutnya akan menghambat gerakan masa lokomotif yang meluncur.



Japan Manual Instruction Railway, 1978

Gambar 8.23. Pengawatan Sistem Tenaga

Hubungan traksi meter pada saat pengereman dengan dynamic brake ialah memisahkan field dan armatur sedemikian rupa sehingga semua field terhubung seri satu sama lain. Field TM₂ --- Field TM₅ --- Field TM₆ --- Field TM₁ --- Field TM₄ --- Field TM₃. Field tersebut selanjutnya terhubung dengan *main Generator* untuk membuat terbangkitnya eksitasi.

Armatur-armaturnya dengan melalui kontak-kontak sedemikian rupa tersusun menjadi 3 (tiga) buah susunan seri masing-masing dari 2 (dua) armatur. Arus yang terbangkit oleh armatur selanjutnya dialirkan ke GRID.

Grid-grid tersebut mempunyai harga yang tertentu besarnya. Dengan mengingat Hukum Ohm, yaitu $E = I \times R$ maka karena harga tahanan R tetap, apabila tegangan naik arus I akan makin besar.

Oleh karena Tenaga Watt adalah $= I^2 \times R$, maka tenaga pun makin besar. Besarnya tenaga kinetik yang dikonversikan kedalam tenaga listrik adalah sebanding dengan besarnya WATT. Jadi besarnya tenaga pengeraman dari 0 sampai maksimum adalah sebagai akibat meningkatnya arus yang mengalir ke GRID Dynamic Brake bersama dengan naiknya kecepatan lokomotif.

Dengan naiknya arus listrik berarti Watt pun akan naik pula. Karena besar WATT dapat dirubah menjadi PK, maka tenaga pengeraman dapat dihitung. Dari pengertian diatas, maka dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Tenaga pengeraman} = \frac{I^2 \times R}{746} \text{ HP}$$

Rumus umum adalah dibagi dengan 736, karena adanya berbagai kerugian, maka dalam perhitungan dibagi dengan 746. Salah satu kerugian di sini sebagai contoh pada saat arus dibuang ke GRID, pendinginan GRID tidak dapat mencapai suhu normal, masih ada panas yang tidak dapat didinginkan.

8.10.9. Eksitasi pada Traksi Motor

Arus eksitasi yang dialirkan ke field pada saat pengeraman dikendalikan oleh gagang rem dynamic dan Modul DR (dynamic braking regulator Module). Modul DR menyensor arus/tegangan yang mengalir ke GRID (salah satu) yang sebanding dengan arus yang mengalir ke GRID.

Modul DR bekerja membatasi arus eksitasi pada suatu nilai agar terhindar arus yang melebihi pada armatur dan GRID, namun tercapainya tenaga pengeraman yang dalam batas aman. Di samping itu Modul DR juga dilengkapi dengan suatu rangkaian pengaman apabila terjadi putus hubungan pada grid dynamic brake.

Pada waktu terjadi pengeraman grid DB akan panas dan ia didinginkan oleh blower pendingin grid. Blower ini mendapat arus listrik dengan mencabangkan tegangan listrik yang mengalir ke grid.

Oleh sebab itu bila tegangan yang mengalir ke grid besar maka putaran blower akan lebih cepat dan pendinginan akan lebih besar.

Modul DP terdiri atas rangkaian pengaman lapang meter (MFP) dan brake warning circuit (BWR). MFP bekerja mengamankan lapang meter (field) apabila terjadi kegagalan dalam eksitasi. Apabila tanpa alat pengaman maka akan terjadi peningkatan arus listrik diatas harga yang diijinkan.

BWR memberi pengamanan dengan mensensor dari grid DB dan juga mengamankan grid itu sendiri. Bila arus yang mengalir ke grid meningkat diatas harga yang diijinkan maka rangkaian BWR bekerja untuk menurunkan arus listrik yang menuju ke *main Generator* sebagai sumber listrik yang mengalir ke rangkaian seri field Traksi Motor. Hal ini berarti pula menurunkan arus listrik yang menuju ke grid. Dengan demikian grid terhindar dari arus lebih yang dapat merusak grid.

Dynamic Brake Protection Module (DP) memberikan pengamanan terhadap field Traksi Motor dan kepada GRID DB bila ada kegagalan dalam bekerjanya (DR). Modul DP memutuskan eksitasi pada *main Generator* apabila eksitasi pada motor traksi dan arus yang mengalir ke grid meningkat diatas harga yang diijinkan.

DP ini dipasang dalam rangkaian pengaman dengan memasangkannya paralel dengan Traksi Motor field selama pengereman dengan dynamic brake. Oleh karena itu, ia bekerja dengan mendeteksi adanya perubahan tegangan eksitasi pada field Traksi Motor. DP yang bertindak sebagai pengaman grid terdiri dari detector circuit dan trigger circuit.

Detector circuit dipadang pada salah satu grid Dynamic Brake. Ia akan mengerjakan trigger circuit apabila terjadi arus yang berlebihan. Kemudian trigger circuit akan bekerja dan akan memutus eksitasi pada *main Generator*. Modul (DP) dibuat dengan peralatan *Transistor*, *Kondensator*, tahanan *Diode*, *Zener*, dan alat semi konduktor lainnya

8.10.10. Dynamic Brake Regulator Module (Module DR)

DR membatasi arus listrik maximum sebesar 355 sampai 380 ampere pada waktu dilakukan pengereman dengan dynamic brake. Pembatasan arus ini dengan sensor tegangan sedemikian rupa sehingga sebanding dengan arus yang mengalir pada GRID. Di samping pada salah satu GRID dan bila kerja akan mengurangi eksitasi field main Generator sewaktu arus yang mengalir pada grid meningkat diatas 355 sampai dengan 380 ampere.

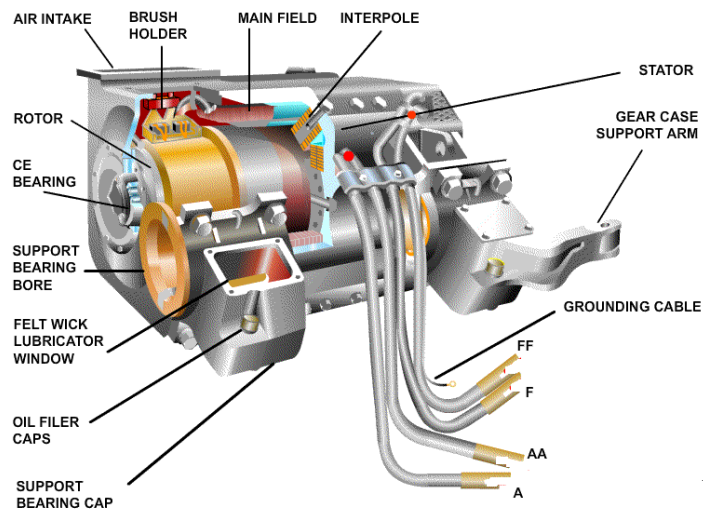
Modul DR juga mengatur arus yang mengalir ke grid pada suatu harga yang sebanding dengan kedudukan gagang dimana ia berada pada saat pengereman. Cara kerja pengaturan ini ialah dengan membandingkan sinyal yang sebanding dengan arus yang mengalir pada grid dibandingkan dengan sinyal yang ditunjukkan oleh kedudukan gagang rem dynamic brake.

Untuk keperluan pengontrolan pada saat dikerjakan Dynamic brake digunakan suatu peralatan yang berguna untuk memasukkan kontak hubung serta berguna untuk merubah fungsi Traksi Motor menjadi Generator. Seperti halnya pembalik arah yang kontaknya digerakkan oleh motor pembalik arah. Pada kontak guna keperluan ini, mempergunakan motor listrik sebagai penggerakannya. Cara kerja motor ini sama dengan yang dipergunakan pada sistem pembalik arah

8.11. Pemeliharaan Traksi Motor

8.11.1. Traksi Motor

Traksi motor merupakan salah satu komponen penting dalam lokomotif diesel elektrik. Lokomotif diesel menghasilkan tenaga mekanik dari motor diesel dengan daya 2.000 HP yang dihubungkan dengan pembangkit listrik DC yang disebut generator utama (*Main Generator*) dengan daya sebesar 1,2 Mega Watt. Tenaga listrik dari *Main Generator* dialirkan ke *Traksi Motor* yang terpasang pada poros roda Lokomotif Gambar 8.24 *Traksi Motor* didinginkan oleh *Blower* yang terletak terpisah diluar *Traksi Motor*. Putaran *Blower* pendingin *Traksi Motor* diputar oleh mekanik Mesin Diesel



Gambar 8.24: Traksi Motor D-29

Arah putaran motor dapat diubah dengan membalik tegangan listrik yang dihubungkan ke rangkaian jangkar. Pengaturan putaran motor traksi dilakukan dengan mengatur besarnya tegangan yang dihubungkan ke rangkaian jangkar.

Pembalikan tegangan untuk membalik putaran motor tersebut diatas, sama dengan ketika *Traksi Motor* difungsikan untuk pengereman dinamik. Ini berarti, bahwa untuk pengereman dinamik dilakukan dengan cara membalik tegangan yang dihubungkan ke traksi motor. Selama pengereman dinamik, traksi motor difungsikan sebagai ge-nerator yang dihubungsingkatkan dengan *resistor grid*. Pemegang sikat arang dibuat tahan terhadap benturan, kelelahan dan tahan terhadap *Flash-Over*. Kabel penghubung di klem untuk meningkatkan kekuatan tegangan tarik yang terjadi.

8.11.2. Stator

Stator Traksi Motor, Gambar-8.25 dibuat dari baja tuang yang berfungsi sebagai rumah motor sekaligus untuk menempatkan *bearing* diujung ujung porosnya. Pada *Stator* ditempatkan kutub magnet yang dihasilkan oleh belitan magnet *stator*. Kutub magnet selalu berpasangan Utara-Selatan, sehingga jumlah kutub magnet sebanyak empat buah.

Kutub magnet sering juga disebut sebagai medan Magnet. Ada dua jenis medan magnet, yaitu kutub utama medan magnet dan kutub bantu medan magnet (*Interpole magnetfield*). Kutub utama medan magnet bentuknya lebih besar sedangkan kutub bantu medan magnet bentuk fisiknya lebih ramping. Kedua jenis magnet tersebut dirangkaian secara seri.



Gambar 8.25. Stator Traksi Motor

8.11.3. Rotor

Rotor Traksi Motor, gambar 8.26 terdiri dari beberapa belitan yang tiap-tiap ujungnya disambungkan ke Komutator dengan cara disambungkan dengan patri yang kuat. Belitan *Rotor* sering disebut juga dengan istilah *Jangkar*. Belitan *jangkar* ditempatkan pada alur *Rotor* yang jumlahnya dalam bilangan genap

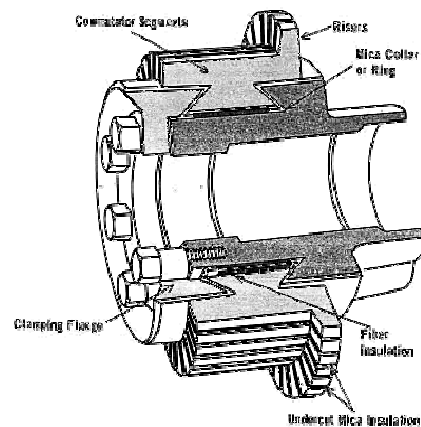
Jumlah alur *Rotor* sama dengan jumlah lamel Komutator, hal ini disebabkan setiap belitan *Rotor* akan menempati dua alur dan tiap-tiap ujung belitannya dihubungkan dengan Komutator. *Rotor* dibuat dari tumpukan pelat-pelat tipis dari bahan ferro Magnet, yang tujuannya untuk memperkecil rugi-rugi hysteresis pada *Jangkar*



Gambar 8.26. Rotor Traksi Motor

8.11.4. Komutator

Komutator pada lop tunggal sederhana hanya terdiri dari dua keping lamel, penghantar pada motor DC dibelitkan dalam kepingan besi yang dibentuk bulat silinder dan diberikan alur-alur untuk menempatkan lilitan kawat yang selanjutnya disebut lilitan Rotor. Komutator Gambar-8.27 terdiri atas puluhan bahkan ratusan lamel-lamel, tergantung berapa jumlah alur dalam Rotor. Komutator terpasang dalam satu sisi ujung poros dengan Rotor. Lamel-lamel Komutator harus dibersihkan secara berkala dari



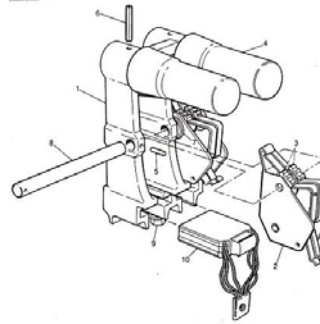
Gambar 8.27: Komutator

kotoran yang dihasilkan oleh kon-tak antara komutator dengan sikat arang (*Carbon Brush*). Antara dua lamel dibatasi dengan bahan isolasi untuk memisahkan dua belitan yang berbeda

8.11.5. Sikat Arang dan Pemegang Sikat

Sikat arang (*Carbon Brush*) ter-buat dari bahan *Ferro Carbon* yang dipadatkan. Sikat arang ditempatkan berhadapan de-ngan komutator, sehingga sikat arang selalu terhubung dengan lamel-lamel komutator. Sikat a-rang ditempatkan dalam peme-gang sikat (*Brush Holder*) yang dilengkapi dengan pegas

Gambar 8.28, pegas akan menekan sikat ke permukaan komutator. Tekanan pegas harus terukur tidak boleh terlalu lemah atau terlalu kuat. Sikat arang harus diperiksa secara periodik. Jika terlalu pendek atau cacat harus diganti dengan yang baru.



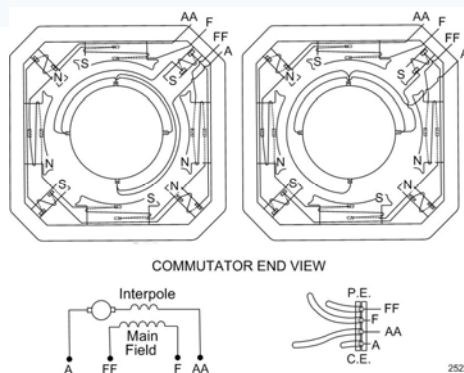
Japan Manual Instruction, 1978

Gambar 8.28. Sikat Arang dan Pemegang Sikat

8.11.6. Hubungan Pengawatan Stator dan Rotor

Dari diagram pengawatan Traksi Motor, Gambar-8.28 dapat dijelaskan bahwa Traksi Motor D-29, memiliki komponen sebagai berikut:

1. **Stator**, memiliki empat (4) buah *Medan Magnet Utama (Main Field)* dengan notasi terminal **F – FF** dan memiliki empat buah Magnet Bantu (*Interpole*) yang langsung dirangkaikan secara seri dengan belitan *Jangkar*.
2. **Rotor**, berupa belitan *Jangkar* yang diberikan notasi **A-AA**. Hubungan dari belitan Jangkar ke terminal luar melalui empat (4) buah *Carbon Brush*. Ujung-ujung belitan jangkar disambungkan secara seri dengan belitan Magnet Bantu (*Interpole*).



Japan Manual Instruction, 1978

Gambar 8.29: Pengawatan Stator dan Rotor Traksi Motor

8.11.7. Putaran Traksi Motor

Ketika merangkai *Traksi Motor* harus diperhatikan letak kabel harus benar sesuai dengan arah putarannya. Jika terjadi kesalahan pada tahap ini dapat mengakibatkan kerusakan pada *Traksi Motor* dan *Generator*. Perbedaan *Wiring Diagram*, gambar 21 penyambungan pada motor lama dan baru adalah penyambungan kabel “A” dan *Brush Holder*, dan hubungan antara *Interpole* dan *Brush Holder*. Arah putaran motor dapat dibaca dengan mengamati *Nose Suspension* ketika *Traksi Motor* diberi aliran listrik

8.12. Kesalahan Utama pada Gangguan Traksi Motor

8.12.1. Persiapan & Perhatian ketika Pengerjaan

1. Penyiapan yang tidak sempurna
2. Mica terlalu tinggi
3. Mica yang tidak bersih pada sisi-sisinya
4. Pinggiran lamel tidak dipinggul miring setelah dilakukan *undercutting*
5. Perlu pembersihan secara teratur
6. Saluran udara pendingin tidak lancar

8.12.2. Perakitan dan Penyetelan

1. Letak *Carbon Brush* tidak benar
2. Jarak *Carbon Brush* tidak sama
3. *Brush Holder* tidak lurus
4. Posisi kemiringan *Carbon Brush* tidak benar
5. Kekuatan tekanan pegas pada *Brush Holder* tidak tepat
6. Pemasangan atau penyetelan *Interpole* tidak tepat
7. Pemasangan atau penyetelan gulungan seri tidak tepat

8.12.3. Kegagalan Fungsi Mekanik pada Traksi Motor

1. *Carbon Brush* tidak dapat bergerak pada *Brush Holder*
2. *Carbon Brush* terlalu longgar pada *Brush Holder*
3. *Brush Holder* tidak terpasang dengan kuat atau longgar ikatannya
4. Pada traksi motor terdapat gulungan yang terputus
5. Gulungan atau kern gulungan *pole* terlepas
6. Terladi kerusakan pada *Bearing* Traksi Motor
7. Celah udara tidak sama
8. Jarak antara *pole* tidak sama
14. Tidak balans
15. Jarak antara *pole* tidak sama
16. Tidak balans

8.12.4. Kegagalan Listrik pada Traksi Motor

1. Hubungan terbuka atau terdapat tahanan tinggi pada
2. Hubungan tidak sempurna pada terminal *Shunt*
3. Terdapat hubung singkat didalam gulungan lapang magnit atau pada *Armature*
4. Terjadi ground pada gulungan lapang magnit atau *Armature*
5. Terjadi pembalikan polarity pada gulungan lapang magnit atau *Interpole*

8.12.5. Karakteristik Traksi Motor

1. Zone untuk komutasi terlalu sempit
2. Zone untuk komutasi terlalu lebar
3. *Carbon Brush* terlalu tipis
4. *Carbon Brush* terlalu tebal
5. Magnit interpole terlalu jenuh
6. Tegangan antar lamel terlalu tinggi
7. Perbandingan kontak *Carbon Brush* dengan telalu besar
8. Hubungan cabang *Coil Armature* tidak cukup

8.12.6. Pembebanan atau Kondisi Pengoperasian

1. Beban lebih
2. Perubahan beban terlalu cepat
3. Pembalikan kerja non *Interpole Coil*
4. Aliran listrik terhalang
5. Pengereman dinamik
6. Arus pada *Carbon Brush* terlalu rendah
7. Atmosfer yang terkontaminasi

8. Contact poisons
9. Terdapat minyak atau udara yang mengandung uap minyak
10. Terdapat debu yang kasar pada udara
11. Kelembaban terlalu tinggi
12. Kelembaban terlalu rendah
13. Tercampur dengan silicon

8.12.7. Pengaruh dari Luar

1. Dudukan Traksi Motor yang kurang kuat
2. Getaran dari luar
3. Terjadi hubung singkat diluar dengan arus yang sangat besar

8.12.8. Kesalahan Karbon *Brush*

1. Faktor komutasi terlalu tinggi
2. Faktor komutasi terlalu rendah
3. Kontak drop pada *Carbon Brush* terlalu tinggi
4. Kontak drop pada *Carbon Brush* terlalu rendah
5. Koefisien friksi terlalu tinggi
6. Terdapat lapisan film yang terbentuk pada *Carbon Brush*
7. Terdapat lapisan yang menutup *Carbon Brush*
8. *Carbon Brush* mengikis
9. Ketiadaan daya dukung

Rangkuman

- Pengawatan kelistrikan di industri memberikan andil sebagai media untuk menyalurkan sumber daya listrik ke peralatan-peralatan listrik, seperti mesin-mesin listrik, kontrol, dan perangkat listrik lainnya.

- Pada prinsipnya rangkaian pengawatan kelistrikan di industri terbagi menjadi empat bagian, yaitu bagian sumber daya, jalur transmisi, perangkat kontrol dan perangkat-perangkat yang menggunakan daya listrik.
- Sumber catu daya biasanya terdiri dari panel distribusi untuk 220 V/ 340 V, kapasitas ampere total yang umumnya 60 – 200 A. Setiap rangkaian pada kotak panel terhubung pada saluran netral-ground dan saluran fasa.
- Sumber daya listrik disalurkan melalui jalur distribusi. Jalur distribusi dapat dibuat diatas tanah atau ditanam di dalam tanah
- Di industri & dirumah banyak dijumpai peralatan kontrol, misalnya saklar untuk menghidupkan atau mematikan lampu, mesin, atau alat lainnya, dengan cara kerja manual maupun yang dapat diprogram, sehingga banyak pekerjaan manusia yang dapat digantikan oleh peralatan kontrol.
- Sebagian besar perangkat di industri bekerja menggunakan sumber daya listrik, baik AC maupun DC, mulai dari sistem penerangan, sistem kontrol, sistem informasi, peralatan-peralatan ukur dan hiburan, dan sebagainya.
- Pada Lokomotif CC-202 mesin diesel sebagai sumber tenaga mengubah energi panas menjadi tenaga mekanik putar, yang memutar sebuah Generator listrik AC 3 phasa. generator berfungsi mengubah tenaga mekanik putar menjadi energi listrik. Arus listrik yang telah dihasilkan oleh generator melalui alat-alat pelayanan dan sistem pengendalian dialirkan ke traksi motor untuk diubah menjadi tenaga mekanik putar untuk memutar roda-roda penggerak Lokomotif yang berada di atas rel.
- Pemeliharaan semua peralatan di industri pada umumnya telah terjadwal. Prosedur pemeliharaan dan perbaikan peralatan harus mengikuti prosedur yang telah ditentukan. Prosedur tersebut, biasanya telah dicantumkan pada setiap manual pemeliharaan peralatan. Untuk lokomotif CC-202, manual pemeliharaan dan perbaikan terdiri dari 13 modul.

Latihan Soal

1. Apa bedanya jalur pengawatan di industri dibandingkan dengan jalur pengawatan di rumah tinggal?

2. Adakah pedoman atau peraturan yang secara khusus mengatur pengawatan listrik, baik di industri maupun di rumah tangga? Jika ada beri contohnya.
3. Apakah dasar yang digunakan untuk pedoman pemeliharaan peralatan listrik di industri? Misalnya mesin diesel.

Tugas Kelompok

Buatlah kelompok yang terdiri dari 3-5 orang. Tentukan sebuah obyek pengamatan untuk masing-masing kelompok, misalnya sebuah trafo berdaya sedang, kira-kira 60 kVA – 100 kVA. Lalu pelajari manual pemeliharaannya. Catat hal-hal penting dalam pemeliharaan tersebut, misalnya bagaimana cara membongkar, membersihkan dan memasangnya kembali.

9. PERALATAN ELEKTRONIK BERBASIS MIKROPROSESOR

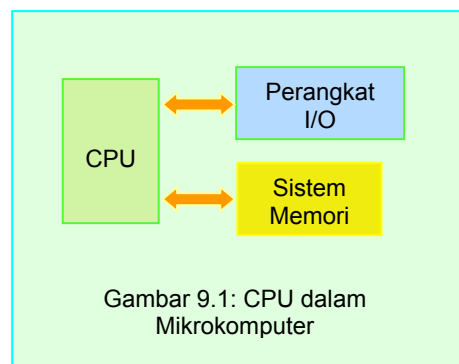
Saat ini hampir setiap peralatan elektronik yang kita jumpai bekerja berdasarkan urutan operasi yang dikendalikan oleh mikroprosesor. Peralatan-peralatan berbasis mikroprosesor seperti itu dapat dijumpai di hampir semua bidang: otomotif, kesehatan, mesin-mesin manufaktur, peralatan rumah-tangga, mainan 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 yang tidak melekat pada sistem (misalnya personal komputer). Beberapa teknik pelacakan kerusakan untuk kedua tipe sistem mikroprosesor tersebut adalah sama, tetapi ada teknik pelacakan yang unik untuk sistem berbasis Personal Computer (PC).

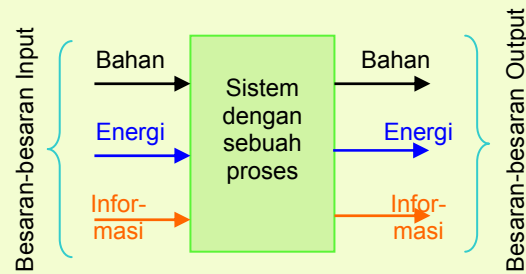
9.1. Konsep & Struktur Dasar Mikroprosesor

Mikroprosesor merupakan sebuah perangkat berbentuk IC, dapat diprogram dan difungsikan sebagai pusat pemroses data digital, atau pembuat keputusan logik dan dapat mempengaruhi operasi atau kinerja sistem. Oleh karena itu, IC ini sering disebut unit pusat pemroses atau Central Processing Unit (CPU).



9.2. Prinsip Dasar sebuah Sistem di Bidang Teknik

Dalam sistem, besaran-besaran input yang masuk ke sistem akan diproses menjadi output yang dikeluarkan melalui terminal- terminal output, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.2. Sistem yang lebih besar dan kompleks biasanya digambar-kan & disederhanakan dalam bentuk blok-blok diagram.

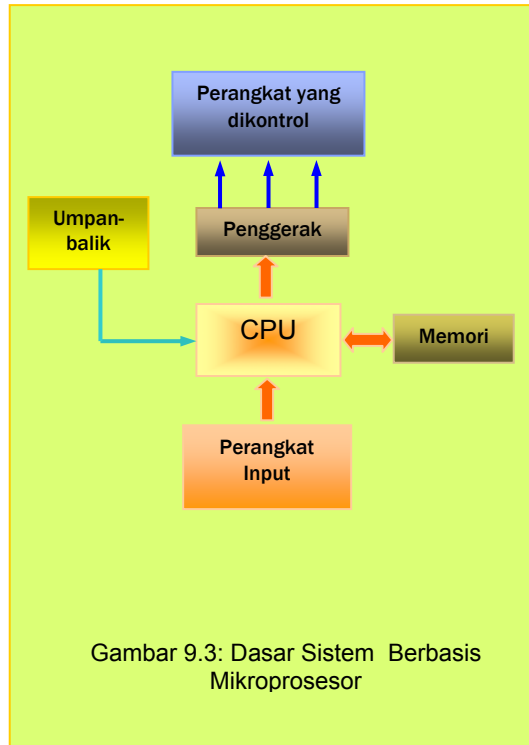


Gambar 9.2: Pengertian Sistem Teknik

9.3. Dasar Sistem Berbasis Mikroprosesor

Kontrol sebuah sistem yang bekerja secara tetap dan terus menerus dapat dilakukan oleh sebuah mikroprosesor. Jika diinginkan kontrol tersebut bekerja secara otomatis, maka perlu menggunakan umpan-balik yang akan memberikan informasi kepada mikroprosesor tentang hal yang dikontrolnya.

Input mikroprosesor bisa berasal dari perangkat-perangkat input (saklar, sensor, dan lain-lain), sedangkan output mikro-prosesor berupa instruksi-instruksi untuk mengaktifkan aktuator atau menggerakkan rangkaian-rangkaian kontrol. Beberapa produk, menyimpan program-program tersebut di dalam ROM secara permanen, misalnya program untuk mainan anak-anak, starter mobil, robot-robot di industri manufaktur, dll. Gambar 9.3 menunjukkan dasar sistem berbasis mikroprosesor.



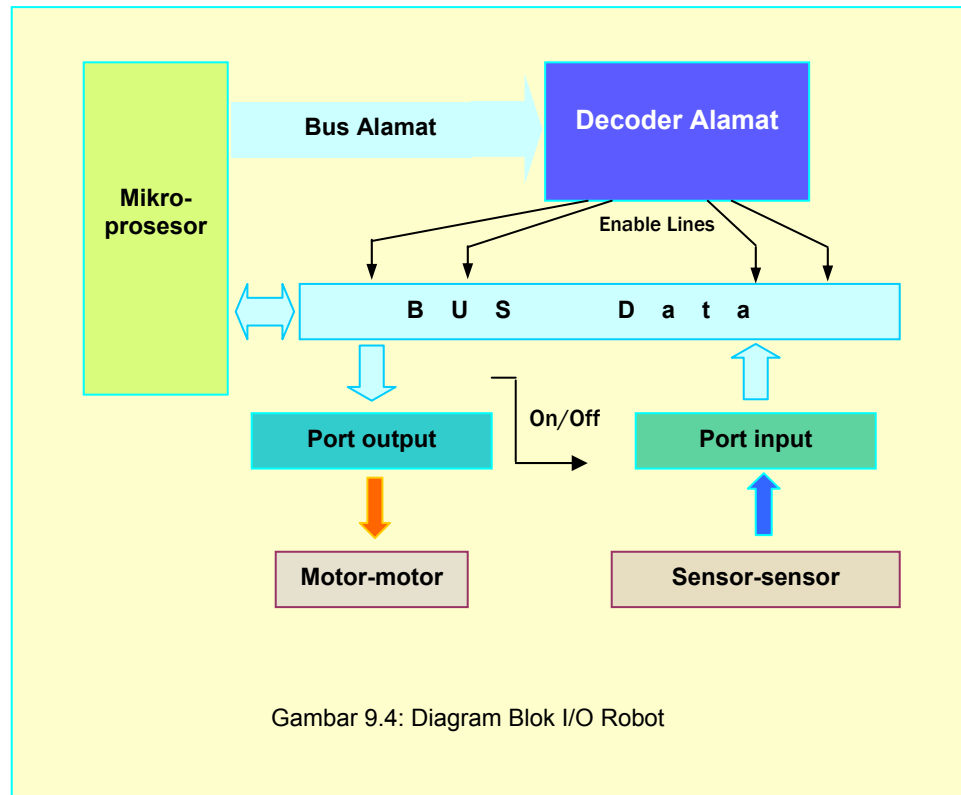
Gambar 9.3: Dasar Sistem Berbasis Mikroprosesor

9.4. Komunikaso I/O

9.4.1. Informasi ke dan dari Mikroprosesor

Mikroprosesor sebuah robot harus dapat menerima informasi dari berbagai sensor atau perangkat input lainnya (sensor cahaya, suara, gerak, informasi dari keyboard PC, dll), dan dapat mengirim perintah ke banyak operator atau mengirimkan perintah ke sensor (untuk meng-off-kan atau meng-on-kan sensor).

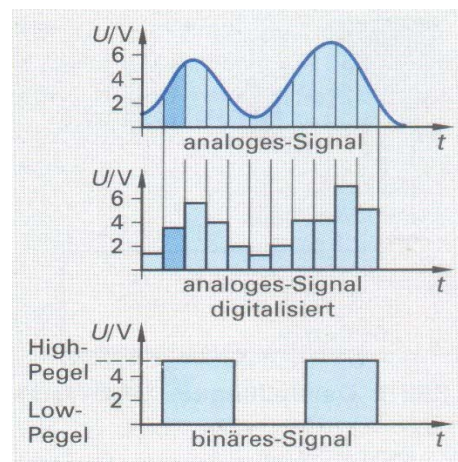
Mengelola semua informasi tsb dalam satu waktu sangatlah sulit. **Pertama**, masalah kecepatan prosesor, dapat digunakan teknik multipleks, yaitu mensaklar (melayani) banyak pekerjaan dengan sangat cepat, sehingga pekerja-pekerja tsb akan tampak dikerjakan sekaligus. **Kedua**, rangkaian I/O (dengan instruksi) mengambil/mengirim data melalui sebuah data bus, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.4.



Gambar 9.4: Diagram Blok I/O Robot

10.4.2. 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-ke-Digital (ADC)**. Adapun tahapan digitalisasi meliputi: **Sampling, kuantisasi, dan pengkodean** ke besaran digital (*coding*).



Fachkunde Elektrotechnik, 2006

Gambar 9.5: 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 9.1.

Tabel 9.1: 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

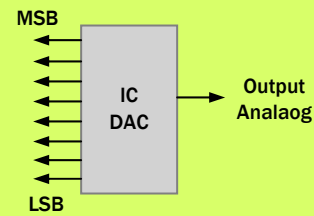
Kode Biner

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

9.4.3. 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.



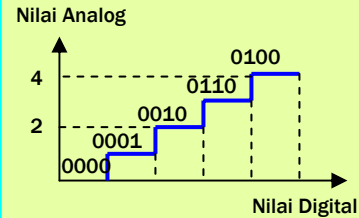
Gambar 9.6: DAC dalam bentuk IC

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

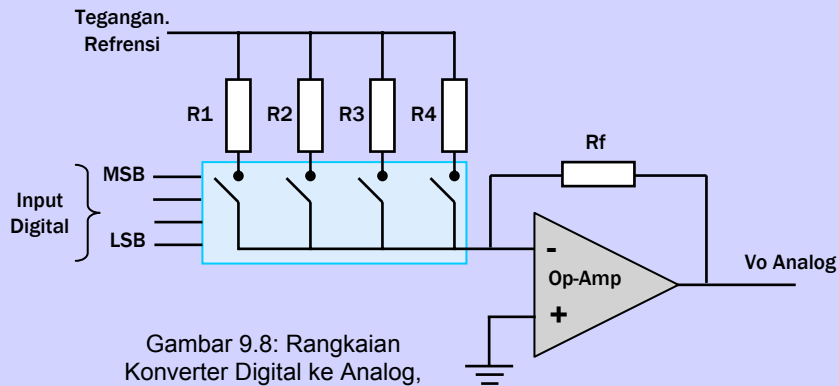
$$\text{Nilai Step} = \frac{\text{Nilai Maks}}{2^N}$$

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

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



Gambar 9.7: Bentuk Gelombang Tangga

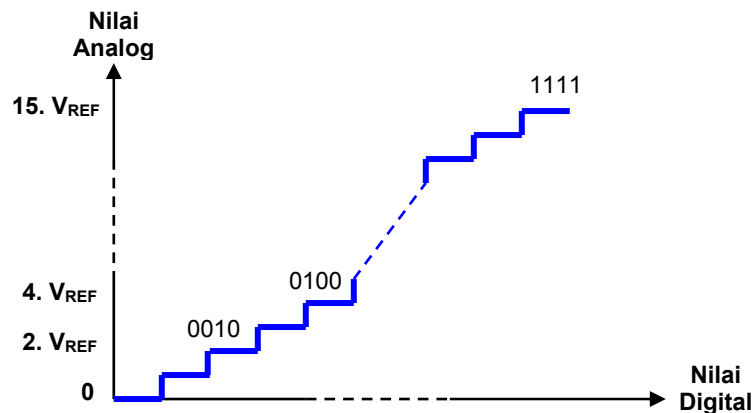


Gambar 9.8: Rangkaian Konverter Digital ke Analog,

Schuler-McNamee, 1993

Contoh:

Sebuah DAC 4 bit mempunyai tegangan referensi -5 V. $R_1=2R_f$ (ini sebagai MSB); $R_2=4R_f$; $R_3=8R_f$; $R_4=16R_f$ (ini sebagai LSB). DAC ini akan mempunyai output dengan rentang tegangan antara 0-5V, karena mempunyai tegangan referensi 5 V. **Nilai tiap step** = $5/2^4 = 0.3125$ V. Pada Op-amp terdapat penguatan yang besarnya $-R_f/R$. Karena nilai LSB dari DAC ini adalah $1/16$, maka nilai step dihitung dengan $-1/16 (-5V) = 0.3125$ V. **Output maksimum DAC** adalah $(2^4 - 1) \times \text{nilai step} = 15 \times 0.3125 \text{ V} = 4.6875 \text{ V}$. Gambar 9.8 menunjukkan saklar input semua dalam keadaan terbuka, ini berarti input DAC = 0000, dan dalam kondisi ini output DAC = 0V. Untuk menentukan nilai output antara 0 – 5 V, maka konversikan nilai biner input ke desimal, lalu kalikan dengan nilai step. Misalnya: input biner 0110 = 6 desimal. Output DAC adalah $6 \times 0.3125 \text{ V} = 1.875 \text{ V}$.



Gambar 9.9: Contoh Konversi Nilai Digital – Analog melalui Gelombang Tangga

9.5. Aplikasi Mikroprosesor pada Robot

Robot adalah salah satu sistem berbasis mikroprosesor yang sering digunakan untuk aplikasi yang sangat luas, misalnya robot pemasang baut atau pengecat bodi mobil di industri manufaktur, penjejak sumber api di tim pemadam kebakaran, pencari sampel material pada penelitian di bulan, mainan anak-anak, dan lain-lain.



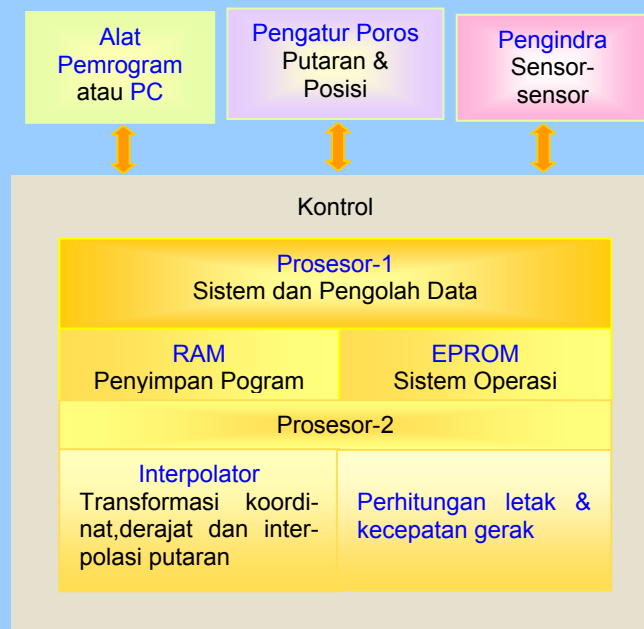
Fachkunde Mechatronik, 2005

Gambar 9.10: Robot pada Industri Karoseri

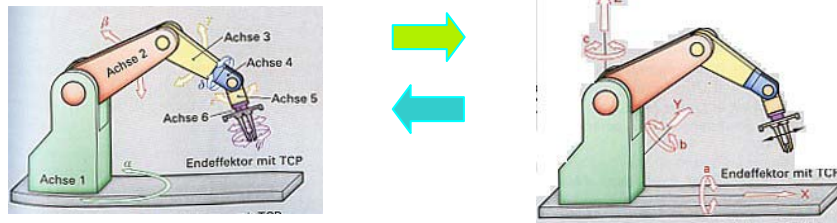
Jenisnyapun bermacam-macam, tergantung pada beberapa faktor, antara lain:

- banyak atau jenis tugas yang dapat dilakukannya,
- sistem kontrol yang digunakan,
- tingkat kecerdasannya (mampu belajar, membuat keputusan, me-akukan tindakan tertentu setelah mengalami pembelajaran, misalnya menjawab pertanyaan, dan lain-lain).

Coba tunjukkan salah satu alat atau mainan di sekitar kalian yang termasuk robot.



Gambar 9.11: Dasar Kontrol Robot



Gambar 9.12: Transformasi Koordinat

Pekerjaan utama dalam kontrol robot meliputi:

- Pengaturan putaran dan posisi poros (kecepatan dan letak)
- Jalur interpolasi (misalnya linier atau melingkar)
- Transformasi koordinat (misalnya koordinat ruang dalam sambungan)
- Komunikasi dengan perangkat-perangkat pengindra, operator dan alat pemrogram
- Pemrograman (misalnya menyimpan dan meng-edit program)

Diantara pekerjaan tsb, transformasi koordinat dan pengaturan jalur interpolasi merupakan suatu pekerjaan yang menuntut proses perhitungan dan pengambilan keputusan logik yang sangat cepat, karena hasil perhitungan tersebut seringkali diteruskan atau disambung dengan perhitungan berikutnya atau dibandingkan dengan suatu nilai, sehingga didapat jalur yang tepat dan gerakan yang halus.

9.6. Operator Gerak (Motive Operator) dan Sensor

Dalam topik ini yang dimaksud dengan **Operator** adalah segala sesuatu yang diperintah oleh mikroprosesor; sedangkan **Operator Gerak** adalah operator yang menyebabkan terjadinya gerak, misalnya motor listrik, solenoid, dan aktuator pneumatik atau hidrolik. **Reactive Operator** adalah operator yang dapat memberikan informasi kepada robot, misalnya informasi tentang kondisi lingkungan robot. Instruksi untuk operator dapat berupa instruksi sangat sederhana, misalnya meng-on-kan motor atau sensor.

9.6.1. Operator Gerak dengan / tanpa Pengindra.

Operator yang dilengkapi dengan pengindra akan mendapatkan instruksi dari mikroprosesor setelah mikroprosesor mendapatkan informasi dari sensor, tentang status robot dan lingkungannya. Disini sensor berfungsi sebagai umpan-balik (pemberi informasi ke mikroprosesor tentang status robot, misalnya saat ini robot berada pada posisi koordinat A). Jadi, jika motor atau operator lain tidak bekerja dengan baik, maka yang pertama diperiksa adalah lup sensor yang terkait dengan operator itu.

Operator yang tidak dilengkapi dengan pengindra (tanpa umpan-balik), akan bekerja berdasarkan pola data (berupa pulsa-pulsa) yang dikirimkan oleh mikroprosesor kepadanya. Masalah yang akan timbul dengan operator tanpa umpan-balik ini ialah, jika ada gaya yang menghentikan motor lengan robot dari posisi yang sebenarnya. Mikroprosesor akan terus berasumsi bahwa lengan robot terus bergerak sesuai dengan instruksi, dan saat ini berada pada posisi yang seharusnya, padahal kenyataannya tidak.

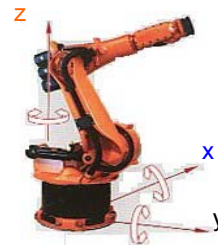
"Kesalah-pahaman" ini dapat diatasi dengan meng-nol-kan (**zeroing**) posisi setiap penggerak motor stepper robot. Hal ini harus dilakukan setiap kali robot di-on-kan dan setiap kali terjadi gerakan tidak akurat.

9.6.2. Zeroing

Zeroing mempunyai pengertian mendorong motor dalam satu arah. Ini dapat dilakukan dengan dua cara: **menggunakan titik akhir** (*end point*), misalnya dengan menggunakan *Limit Switch*, atau **tanpa titik akhir**.

Zeroing dengan titik akhir.

Mikroprosesor akan mendapat informasi tentang posisi akhir (koordinat) dari anggota badan robot (misalnya lengan robot; ini identik dengan "posisi motor") setelah motor berjalan satu arah hingga menyentuh sebuah limit switch. *Limit switch* akan memberikan informasi kepada mikroprosesor, bahwa lengan telah sampai pada posisi yang diinginkan.



Fachkunde Mechatronik, 2005

Gambar 9.13: Sistem Koordinat Anggota Badan Robot

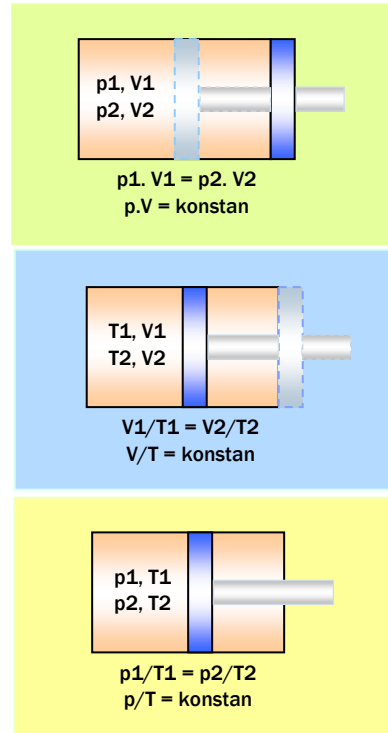
Zeroing tanpa titik akhir.

Dengan metoda ini, motor diinstruksikan berjalan dalam waktu tertentu, dengan asumsi (tanpa gangguan) bahwa selama waktu yang telah ditentukan tsb, lengan robot telah mencapai dan berhenti pada posisi yang diinginkan. Untuk itu, mikroprosesor perlu informasi tentang posisi awal lengan. Suatu titik akhir akan menjadi informasi sebagai titik awal untuk instruksi berikutnya. Metode ini cocok untuk robot berdaya rendah.

9.6.3. Penggerak Pneumatik dan Hidraulik

Bagian tubuh robot dapat bergerak (misalnya lengan menjulur atau memutar) karena adanya perangkat pneumatik atau hidraulik (perangkat yang bekerja berdasarkan tekanan yang diterimanya) yang mendapat gaya. Gaya tersebut diperoleh dari tekanan yang dihasilkan pompa melalui beberapa medium, misalnya udara atau zat cair).

Perangkat yang bekerja berdasarkan tekanan udara disebut sebagai **perangkat pneumatik**. Sedangkan perangkat yang bekerja berdasarkan tekanan zat cair disebut **perangkat hidraulik**. Tekanan inilah yang akan menggerakkan piston pada lengan robot. Sehingga jika terjadi kemacetan pada penggerak bagian robot, maka pelacakan kerusakan perangkat ini dimulai dari pemeriksaan gaya yang diterima piston.



Gambar 9.14: Hukum Gas

9.6.4. Elektropneumatik

Di industri seringkali menggunakan perangkat kombinasi antara pneumatik dan elektrik, sehingga disebut **elektro-pneumatik**. Daya perangkat pneumatik yang tersimpan akan mengendalikan kerja perangkat dengan bantuan sinyal listrik (biasanya 24 VDC). Disini perangkat ini berfungsi sebagai saklar. Pada kenyataannya, saklar-saklar elektro-pneumatik tsb bekerja berdasarkan rangkaian logik (pelajari bagian 11.2.4. buku ini)



Gambar 9.15: Komponen Elektropneumatik

9.7. Diagnostik Awal

Agar mendapatkan gambaran yang lebih jelas, akan diambil kasus pada sebuah robot (salah satu sistem berbasis mikroprosesor) yang umumnya digunakan di industri.

Sebelum membongkar sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya, lebih baik lakukan diagnostik awal untuk memperkecil area pelacakan kerusakan sistem, dengan membagi masalah kerusakan menjadi 4 kategori gangguan:

1. Jika semua perangkat penggerak robot tidak dapat memberikan respon (samasekali tidak bisa bergerak atau bicara).
2. Jika satu atau beberapa bagian robot tidak bekerja samasekali.
3. Jika bagian dari robot dapat beroperasi tetapi tidak benar.
4. Jika semua bagian robot tampak bekerja dengan baik, tetapi kemudian secara tiba-tiba berhenti.

9.7.1. Jika Semua Perangkat Penggerak Tidak Merespon

Ada kemungkinan seluruh sistem tidak mendapat catu daya. Kemungkinan lain, sistem komunikasi pada robot tidak bekerja, sehingga robot tidak dapat menerima perintah atau meneruskan perintah ke operator-operator output. Hal ini dapat disebabkan oleh kerusakan program atau kerusakan rangkaian-rangkaian yang terkait dengan mikroprosesor. Akibatnya tidak ada informasi yang dapat digunakan untuk mencapai alamat I/O. Jika ini benar, maka lanjutkan dengan langkah seperti yang akan dijelaskan pada bagian 9.9: Pelacakan Kerusakan Sistem Kontrol Robot.

9.7.2. Jika Satu atau Beberapa Bagian Robot Tidak Bekerja

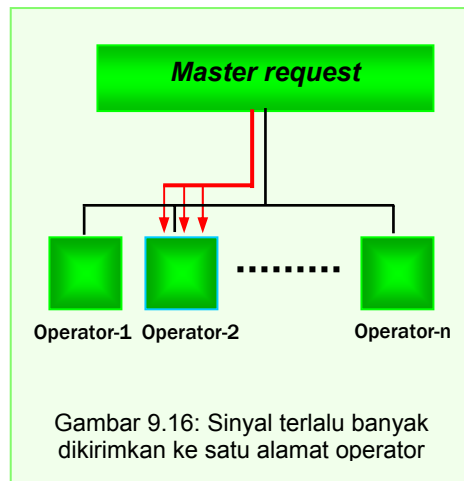
Misalnya terdapat dua atau lebih bagian robot tidak bekerja secara bersamaan. Pertama: periksa semua yang menjadi bagian bersama, misalnya catu daya; lalu periksa kabel atau jalur hidraulik dan atau pneumatiknya yang bekerja di daerah kerusakan tersebut. Terakhir, periksa I/O-nya

Jika kerusakan terjadi hanya pada salah satu bagian saja, maka periksa catu, grounding, dan masalah mekanikalnya, lalu periksa sinyal dari dan ke I/O.

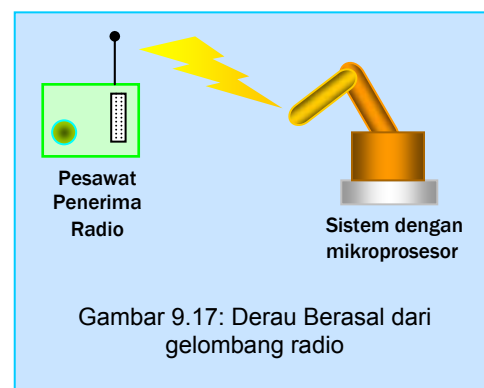
9.7.3. Jika Bagian Robot Dapat Beroperasi Tetapi Tidak Benar

Jika ada instruksi, lalu robot merespon (misalnya bergerak), tetapi kinerjanya tidak sesuai dengan instruksi, maka ada kemungkinan terdapat beberapa masalah. Jika operator bisa bergerak tetapi tidak bisa berhenti, biasanya karena sinyal dari sensor tidak dimengerti oleh mikroprosesor. Hal ini dapat disebabkan oleh kerusakan pada sensor itu sendiri, sinyal umpan-balik ke bagian I/O, bagian I/O, atau mikroprosesor.

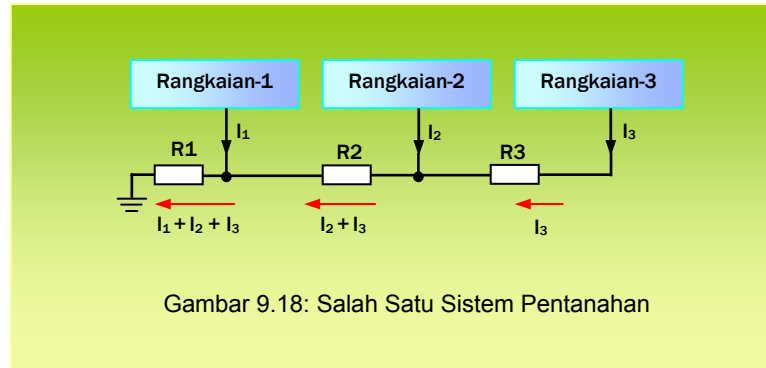
Jika operator bergerak secara acak, mungkin operator salah mengartikan instruksi. I/O mungkin mengirimkan sinyal terlalu banyak kepada operator tsb (padahal mungkin beberapa instruksi tersebut ditujukan kepada operator lain), mikroprosesor dan rangkaian-rangkaian pendukungnya mungkin mengirimkan sinyal ke alamat I/O yang salah. Atau ada masalah dengan catu daya dan pentanah-annya (*grounding*).



Masalah lain yang mungkin terjadi adalah karena adanya derau (*noise*), yaitu sinyal dari luar yang tidak dikehendaki, misalnya pengaruh dari gelombang elektromagnet atau frekuensi gelombang dari peralatan yang ada di sekitar robot, dan sebagainya. Sinyal-sinyal derau tersebut dapat mengubah level-logika dari suatu rangkaian logika, mengubah instruksi, atau bahkan dapat mengubah bit data.



Tindakan yang harus diambil ialah gunakan filter yang paling sesuai untuk catu daya yang digunakan, buat pentanahan yang baik, khususnya kabel koaksial, karena bisa menjadi antena, serta rangkaian-rangkaian lain yang potensial menimbulkan gangguan sejenis.



Gambar 9.18: Salah Satu Sistem Pentanahan

Masalah lain yang juga perlu mendapat perhatian ialah: jika robot bergerak tidak menentu saat di-On-kan, maka periksa klap-klip (flip-flop) didaerah sekitar I/O pada catu daya, yang mempunyai level logika yang salah. Beberapa klap-klip mempunyai resistor atau kapasitor yang terhubung pada catu daya, agar mempunyai logika yang benar saat mulai bekerja (di-inisiasi). Jika terdapat rangkaian yang putus, maka akan mengubah kondisi klap-klip dan menyebabkan catu terhubung langsung pada penggerak. Ada juga klap-klip yang bekerja dengan logika benar jika mendapat catu yang tepat. Jika catu daya menurun, maka mikroprosesor dapat mengirimkan instruksi yang salah. Oleh karena itu, periksa tegangan catu pada mikroprosesor.

9.7.4. Jika Robot Berhenti Secara Tiba-tiba

Kadang-kadang robot berhenti pada posisi tertentu setelah beroperasi beberapa saat dengan baik. Masalahnya mungkin pada mikroprosesor atau sinyal umpan-balik yang terkait dengan gerakan. Biasanya instruksi-instruksi dalam program robot sejenis "move" & "wait". Instruksi ini memerintahkan mikroprosesor untuk menggerakkan perangkat tertentu dan menunggu aksi (gerakan) berikutnya setelah aksi pertama selesai. Jika aksi pertama belum selesai (mikroprosesor tidak berfikir bahwa aksi pertama selesai) maka mikroprosesor tidak akan mengirimkan instruksi berikutnya.

9.8. Mengidentifikasi Gangguan pada Sistem Kontrol Robotik

Secara umum dapat dikatakan, bahwa untuk melacak kerusakan suatu sistem, langkah pertama yang harus dilakukan ialah mengenal karakteristik sistem. Semakin banyak kita mengenal sistem tsb, maka semakin mudah untuk mengidentifikasi dan melokalisasi berbagai blok fungsi yang tidak normal, jika ditemukan input dan output sistem yang tidak benar. Akan lebih baik lagi jika kita juga mengenal karakteristik komponen-komponen yang sangat penting dalam sistem tersebut.

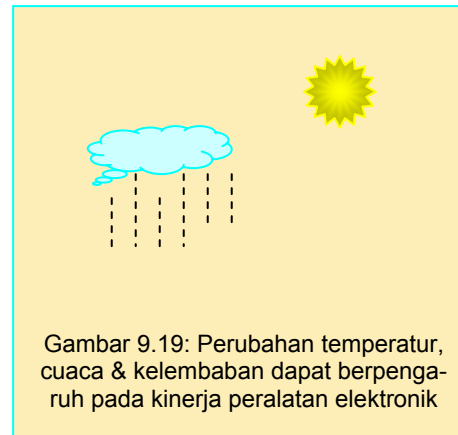
Sumber terbaik untuk mendapatkan informasi detail mengenai sistem ialah dari buku manual, prinsip kerja, deskripsi rangkaian, dan diagram rangkaiannya. Setelah mempelajari item-item tersebut, lakukan langkah berikutnya, seperti diuraikan berikut ini.

9.8.1. Program

Robot (atau sistem lain yang menggunakan mikroprosesor) bekerja sesuai dengan instruksi-instruksi yang ditulis dalam program. Jika pemrogram tidak menuliskan instruksi secara lengkap, sistem tidak akan mempunyai kemampuan untuk merespon (menanggapi) perubahan kondisi lingkungannya. Kesalahan dalam kontrol program sangatlah banyak ragamnya. Tetapi kerusakan banyak ditemui pada program-program aplikasi yang ditulis oleh pemakai.

9.8.2. Lingkungan

Lingkungan dapat berpengaruh besar terhadap kinerja peralatan elektronik. Hati-hati juga terhadap kondisi yang merugikan, misalnya perubahan temperature, kelembaban, dan lainnya, karena hal ini dapat mengubah nilai atau karakteristik komponen. Interferensi gelombang elektromagnetik dapat menginduksikan sinyal ke dalam kabel dan rangkaian disekitarnya, jika lapis pelindung isolasi (*shielding*) tidak baik.



Sistem sonar pada sistem juga sangat mudah dipengaruhi oleh derau ultrasonik yang berasal dari kendaraan bermotor atau mesin penyedot debu. Perubahan besar kondisi lingkungan dari tempat ke tempat lainnya dapat saja terjadi. Misalnya saat robot diuji di dalam ruang uji, maka kondisi lingkungannya sangat ideal. Tetapi pada saat di lapangan, kondisi bisa sangat berbeda. Oleh karena itu, perlu penyesuaian, dan ini harus dilakukan pada latihan.

9.8.3. Mesin

Kondisi lingkungan yang sangat ekstrem akan mempercepat kerusakan mekanik robot. Banyak robot yang dilengkapi dengan peralatan untuk mendeteksi kerusakan dan mengirimkan sinyal kerusakan tsb ke mikroprosesor robot, sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan terhadap kerusakan yang lebih luas lagi.

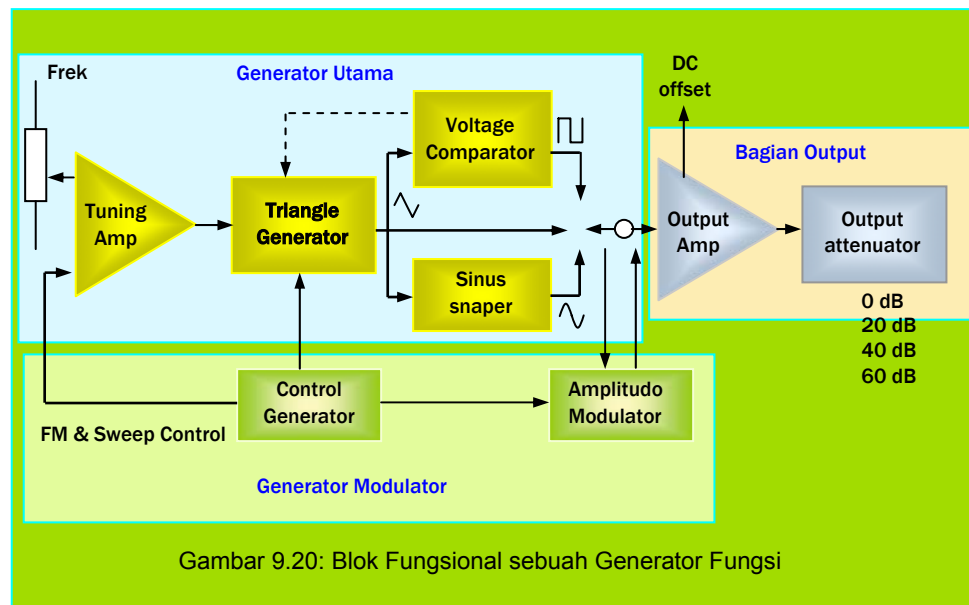
Kerusakan pada robot kebanyakan terjadi pada sistem kelistrikannya, dan ini juga karena faktor alam, misalnya bagian saklar-saklar yang sudah digunakan dalam waktu lama, pengawatan yang sudah mulai rusak isolasinya, atau bagian-bagian yang mendapat tekanan atau vibrasi, seperti sensor atau transduser.

9.9. Jalur Kontrol dan Lup Kontrol Sederhana

Selain memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja robot atau sistem berbasis mikroprosesor lainnya (seperti dijelaskan pada bagian 9.9), maka perlu juga memahami prinsip kerja jalur kontrol dan lup kontrol robot, agar tindakan pemeliharaan dan perbaikan dapat dilakukan secara efisien.

9.9.1. Mengidentifikasi Blok-blok Fungsional

Kerusakan sebuah sistem kadangkala tidak terjadi pada komponen-komponen sistem, tetapi pada jalur-jalur kontrolnya. Langkah pertama yang harus dilakukan untuk melacak kerusakan ini ialah dengan mengidentifikasi blok-blok fungsional sistem. Jika blok ini tidak tersedia di dalam buku manual, maka teknisi perawatan dapat meminta bantuan seorang insinyur untuk membuat blok fungsional sistem berdasarkan informasi yang ada di dalam buku manual atau *instructional book*. Gambar 9.20 adalah salah satu contoh sistem pembangkit gelombang (*Function Generator*)



Sistem ini dapat dibagi menjadi 3 bagian utama:

1. Bagian Pembangkit Utama
2. Bagian Modulasi
3. Bagian Output

Output Generator Utama dapat dikontrol oleh Generator Modulasi, yang mempunyai rentang frekuensi antara 0.1 hingga 13 MHz, dan sweep yang dapat diatur dalam moda AM maupun FM.

Deskripsi Diagram Blok Dasar

Generator Utama bekerja berdasarkan konversi tegangan ke frekuensi.

1. Blok Pembangkit Gelombang

Gelombang Segitiga

Dibangkitkan oleh pengisian dan pengosongan kapasitor dari sebuah sumber arus konstan. Waktu yang diperlukan untuk pengisian dan pengosongan kapasitor membentuk suatu siklus yang akan menentukan frekuensi.

Gelombang Kotak

Output pembangkit gelombang segitiga dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan gelombang kotak. Output generator segitiga diumpankan ke input komparator, yang berfungsi sebagai pembatas (limiter). Perubahan level gelombang segitiga pada input komparator akan menghasilkan gelombang kotak pada output komparator.

Gelombang Sinus

Gelombang sinus didapatkan dari gelombang segitiga yang dibentuk oleh rangkaian Diode dalam Sine Shaper. Rangkaian Diode akan berfungsi sebagai beban tidak linier, yang akan mengubah attenuasi input gelombang segitiga sesuai dengan levelnya.

2. Blok Generator Modulasi

Generator Modulasi

Bagian ini dapat digunakan dalam beberapa moda:

- Modulasi Frekuensi
- Modulasi Amplitudo
- Sweep
- Pembangkitan Sinyal Letup (*Burst*)

Moda sweep dan modulasi frekuensi digunakan untuk menentukan frekuensi dengan cara mengontrol tegangan output dari penguat Tuning (*Tuning Amplifier*). Dalam moda modulasi amplitudo, sinyal utama dilewatkan melalui modulator-penyeimbang (*balanced modulator*), lalu dicampur dengan sinyal termodulasi, untuk menghasilkan level modulasi yang diperlukan.

3. Blok Output

Penguat Output

Penguat output mempunyai dua jalur terpisah, yaitu untuk frekuensi rendah dan untuk frekuensi tinggi. Teknik ini akan menghasilkan rentang frekuensi yang lebar dan *slew rate* yang tinggi, untuk mempertahankan kualitas gelombang kotak dan segitiga, tanpa dipengaruhi oleh stabilitas DC dan offset yang rendah. IC Op-Amp digunakan untuk frekuensi rendah, sementara kopel-AC digunakan untuk jalur frekuensi tinggi.

Peredam Output (Output Attenuator)

Bagian ini digunakan untuk mengurangi amplitudo output dengan faktor peredaman yang dapat dipilih: 0 dB, 20 dB, 40 dB atau 60 dB.

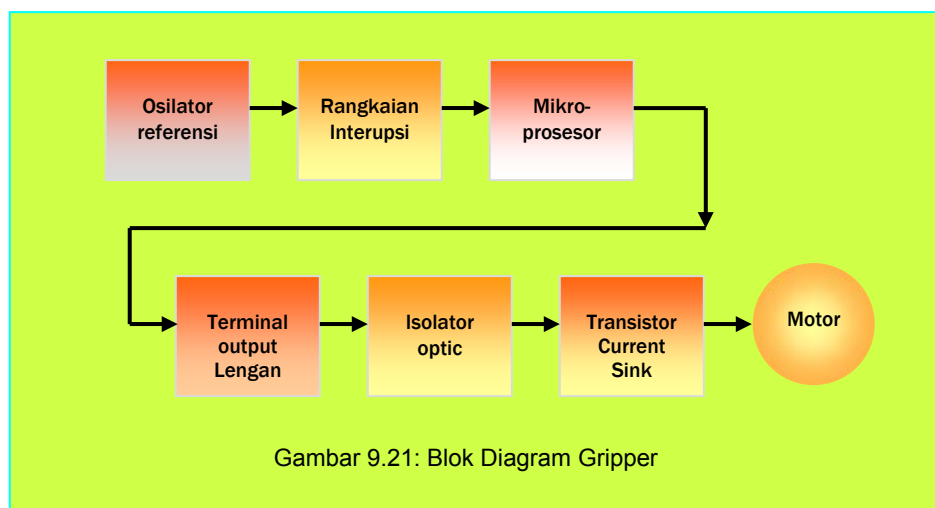
9.9.2. Mengidentifikasi Jalur Kontrol Sederhana

Setelah mengetahui fungsi blok yang ada pada sebuah sistem, langkah berikutnya ialah mengetahui jalur kontrol dari sistem tersebut.

1. Jalur Kontrol Linier

Jalur kontrol linier merupakan sederet blok fungsi dimana masing-masing hanya mempunyai sebuah input dan sebuah output. Blok-blok fungsi tsb dihubungkan secara seri, sehingga output sebuah blok akan menjadi input blok berikutnya. Gambar 9.21 adalah contoh sebuah kontrol linier untuk **Gripper motor** pada sebuah robot.

Jalur sinyal kontrol dimuali dari sistem pewaktu (*Timer*). Pada saat catu daya diaktifkan, pembangkit sinyal (osilator) akan menghasilkan sinyal referensi dengan frekuensi sebesar 1024 Hz. Sinyal ini diumpankan ke rangkaian interrupt untuk menghasilkan sinyal interupsi (IRQ). Sinyal IRQ akan dikirimkan ke mikroprosesor. Selanjutnya mikroprosesor akan memerintahkan penggerak motor melalui isolator optikal. Motor dapat bergerak mengikuti 4 pola-bit yang berbeda.



Gambar 9.21: Blok Diagram Gripper

2. Metode Pelacakan Jalur Kontrol

Teknik pelacakan kerusakan jalur kontrol yang sering digunakan ialah dengan **Membagi dan Mengurutkan** (Divided and Conquer). Sebagai contoh, ambil Gambar 9.21: Blok Diagram Gripper, lalu membagi blok fungsi menjadi dua bagian. Pelacakan dimulai dari bagian tengah. Periksa sinyal output di salah satu blok bagian kiri. Jika hasilnya baik, maka pindahkan pemeriksaan pada output blok disebelah kanan. Lakukan pemeriksaan sinyal outputnya. Jika hasilnya baik, lanjutkan ke blok sebelah kanan, demikian seterusnya. Jika pada suatu blok terdapat ketidaksesuaian, maka kerusakan terjadi pada blok tsb. Jika blok yang rusak telah dapat dilokalisasi, lanjutkan dengan pemeriksaan rangkaian.

Secara umum rangkaian dapat dibagi menjadi dua: Rangkaian Analog atau Rangkaian Digital. Teknik pelacakan kerusakan untuk masing-masing rangkaian dapat dilihat (dipelajari) pada Bab-6 (Pelacakan Kerusakan Sistem Analog) dan Bab-5 (Pelacakan Kerusakan Sistem Digital).

3. Lup Kontrol Sederhana dan Pemutusan Lup

Dalam sebuah lup kontrol, output suatu blok menjadi input blok berikutnya. Metode pelacakan kerusakan yang paling efektif ialah dengan pemutusan lup. Dengan metode ini, lup kontrol di-interupsi dan sinyal dibuat simulasinya. Setelah lup diputus menjadi jalur kontrol linier, metode Membagi dan Mengurutkan dapat digunakan.

9.9.3. Pelacakan Kerusakan Jalur Kontrol yang

Pada kenyataannya, jalur kontrol sistem yang ada dilapangan lebih kompleks daripada contoh pada Gambar 9.20. Secara prinsip, langkah yang harus dilakukan untuk pelacakan kerusakan jalur kontrol yang kompleks adalah sama dengan langkah untuk pelacakan kerusakan jalur kontrol sederhana, yaitu: pertama, dengan mengidentifikasi diagram blok fungsional sistem, lalu dilanjutkan dengan mengisolasi daerah kerusakan dengan metode yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelum ini, misalnya dengan Membagi & Mengurutkan.

Rangkuman

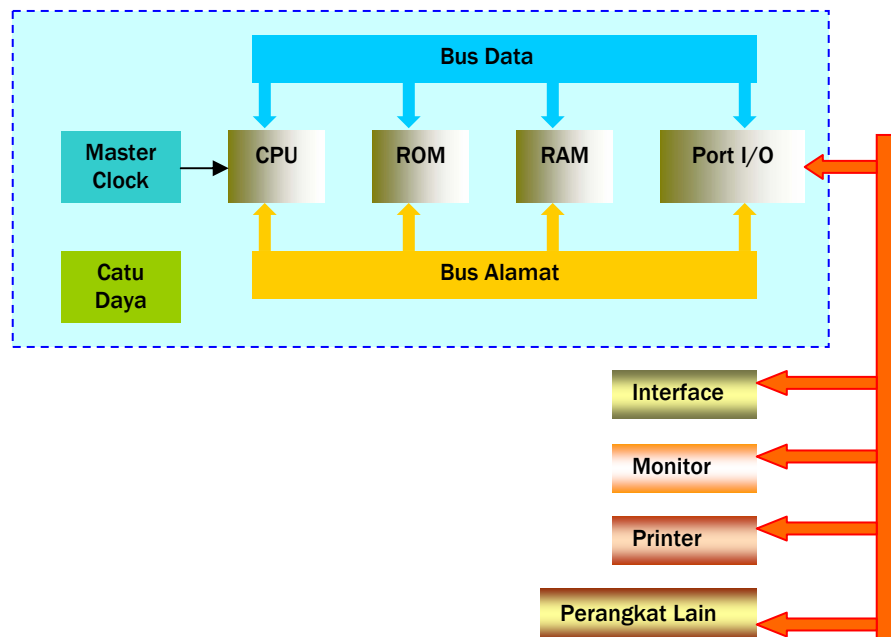
- Mikroprosesor merupakan sebuah sistem pemroses data yang dapat digunakan pada sistem-sistem pemroses data, pemroses sinyal atau sistem otomatisasi. Ini menyangkut bidang yang sangat luas: bidang produksi, komunikasi, kesehatan, dan lain-lain
- Pemeliharaan sistem berbantuan mikroprosesor pada dasarnya 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).
- 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*).
- Beberapa gejala kerusakan pada sistem robot, umumnya dapat dikategorikan menjadi empat, yaitu: jika robot sama sekali tidak merespon; jika robot hanya dapat merespon perintah tertentu; jika robot dapat merespon tetapi salah; dan jika robot pada awalnya bekerja dengan baik, tetapi tiba-tiba berhenti atau macet. Cara pelacakan kerusakan dilakukan berdasarkan gejala yang ditunjukkan oleh robot tersebut.
- Untuk melokalisasi kerusakan pada robot, lakukan penajaman analisis berdasarkan pengamatan visual yang telah Anda lakukan. Lalu tentukan pengujian pada blok yang dicurigai rusak, misalnya blok jalur data, blok jalur kontrol, dan seterusnya.

Latihan Soal Bab 9

1. Gambarkan bagian utama sebuah mikroprosesor, lalu coba jelaskan secara singkat bagaimana prinsip kerja mikroprosesor tersebut!
2. Sebutkan alat apa saja di sekolah Anda yang menggunakan mikroprosesor?
3. Sebutkan masing-masing minimal 3 alat atau komponen input dan output!
4. Sebuah DAC seperti Gambar 9.8, tetapi untuk 8 bit, mempunyai tegangan referensi sebesar 5V. Tentukan: a) Berapa rentang tegangan output DAC? b) Berapa nilai tegangan tiap step-nya? Berapa output maksimum DAC?

10. PEMELIHARAAN SISTEM BERBASIS MIKROKOMPUTER

10.1. Diagram Blok Mikrokomputer



Gambar 10.1. Diagram Blok Mikrokomputer dan Perangkat Output

Klasifikasi dari sebuah komputer, mini atau mikro bukan ditentukan oleh ukuran fisik, tetapi lebih ditekankan pada banyaknya fungsi yang mampu dilakukan dan kecepatan memproses data serta kapasitas memori yang dimilikinya. Sebuah mikrokomputer pada umumnya terdiri dari sebuah IC mikrokomputer pada sebuah PCB (printed circuit board), sebuah ROM yang berisi program (biasanya program operasi) yang besarnya beberapa byte saja (256 bytes), dan sebuah RAM yang berisi data. Dibandingkan komputer PC, ukuran RAM dan ROM mikrokomputer lebih kecil, maka program yang dapat disimpan menjadi terbatas. Sebuah mikrokomputer juga mempunyai sebuah master clock dari kristal dan beberapa IC lain untuk membentuk fungsi khusus dan menangani operasi pada semua port I/O (port Input output). Port I/O sebuah mikrokomputer juga dilengkapi dengan UART (Universal Asynchronous receiver/transmitter) yang menghasilkan standar antarmuka ke printer



Gambar 10.2: Contoh sebuah PCB dari sebuah komputer

CPU merupakan IC pusat pengolah data. Ini merupakan jantung dari sebuah komputer. CPU juga berisi *clock* untuk memacu logika di dalam komputer.

Memori: merupakan komponen yang dapat menyimpan informasi atau program.

Program-program untuk menjalankan komputer (biasanya disebut sistem operasi) disimpan di dalam **ROM** (Read Only Memory). Program yang tersimpan di dalam ROM bersifat tetap (dibuat oleh pabrik pembuat mikrokomputer), tidak hilang walaupun komputer dimatikan. Sedangkan program-program yang dibuat oleh pengguna akan disimpan di dalam **RAM** (Random Acces Memory). Jika komputer dimatikan catu dayanya, maka program atau informasi di dalam RAM akan hilang.

Port I/O: merupakan chip yang dirancang untuk komunikasi antara perangkat yang ada di dalam mikrokomputer (di dalam kotak bergaris) dengan perangkat-perangkat luar (printer, monitor, interface, dan lain-lain).

Program: merupakan sederet angka biner yang akan menjalankan mesin. Program jenis ini disebut **machine code** atau **object code**. Program yang ditulis oleh seorang pemrogram disebut **source program** atau **source code**.

Source program yang ditulis dalam **mnemonic** disebut **program assembly**. Mnemonic adalah sebuah simbol alphanumerik untuk instruksi biner yang dimengerti oleh mesin (CPU). Program yang ditulis dalam bentuk instruksi-instruksi bahasa yang dimengerti oleh manusia disebut **program bahasa tinggi**. Agar program ini dapat dimengerti oleh mesin, maka harus diterjemahkan. Penerjemah program bahasa tinggi ke bahasa mesin disebut **translator** atau **compiler**. Program berbahasa tinggi dapat juga diproses secara langsung oleh **interpreter** sehingga instruksi dapat langsung dimengerti oleh mesin. Interpreter bekerja lebih cepat dibandingkan dengan compiler atau translator.

Program aplikasi adalah program yang digunakan untuk melakukan pekerjaan tertentu, misalnya mengolah kata (misalnya *Word processor*), atau mengolah angka (misalnya *Excel*), dan lain-lain.

Program Kontrol adalah program yang digunakan untuk mengambil (*load*) program aplikasi atau data yang ada pada komputer.

Siklus mesin (*Mechine Cycle*) adalah waktu yang diperlukan untuk mengeksekusi instruksi. Eksekusi sebuah instruksi kadangkala memerlukan beberapa siklus mesin.

10.2. Prinsip Kerja Mikrokomputer

Semua mikroprosesor (jantung dari komputer) paling tidak mempunyai dua tipe siklus mesin:

- 1). Siklus membaca
- 2). Siklus menulis

Siklus membaca:

Selama siklus membaca, CPU membaca sebuah lokasi memori (RAM), lalu menempatkan alamat lokasi memori tsb pada bus alamat. Setelah alamat diterima, memori menempatkan data yang tersimpan padanya ke bus data. Setelah itu, CPU akan menggerendel (*latch*) informasi tsb pada akhir siklus..

Siklus menulis:

Selama siklus menulis, CPU menulis data di lokasi memori. Alamat ditempatkan pada jalur bus alamat, dan pada saat yang hampir bersamaan, data ditempatkan pada jalur bus data, lalu RAM menggerendel informasi tsb pada akhir siklus.

Jalur kontrol:

Sebuah atau beberapa buah jalur kontrol akan memberitahu memori, chip I/O dan peripheral jika siklus membaca dan menulis telah selesai dan data telah digerendel.

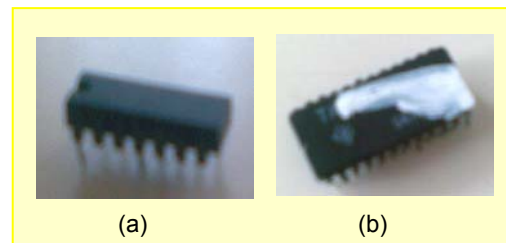
Saat ini banyak alat yang menggunakan mikrokomputer, misalnya TV tuner, mesin cuci otomatis, robot, mainan anak-anak, sistem permesinan pada mobil, alat kontrol proses di industri (industri makanan, industri perminyakan, industri tekstil, dan sebagainya)

10.3. Jenis Kerusakan pada Komputer

10.3.1. Kerusakan Umum

Karena sebagian besar komponen mikrokomputer berupa IC (Integrated Circuit), maka seorang teknisi perlu mengenali kerusakan yang sering terjadi pada IC. Kerusakan IC yang terlihat dari luar pada umumnya disebabkan oleh koneksi (penghubung, misalnya kaki IC patah, atau terhubung antara kaki satu dengan lainnya), kemasan rusak (misalnya korosi atau terkena tumpahan benda cair), hubungan-singkat antara IC dengan catu daya, pentanahan (ground), atau EPROM (memori yang isi programnya dapat dihapus) telah terkena sinar-X atau terjatuh, sehingga programnya hilang.

Gambar 10.3 (a) menunjukkan IC dengan beberapa pin yang patah karena berbagai sebab. Sedangkan Gambar 10.3 (b) menunjukkan salah satu IC yang rusak karena tumpahan cairan.



Gambar 10.3: Contoh Kerusakan IC

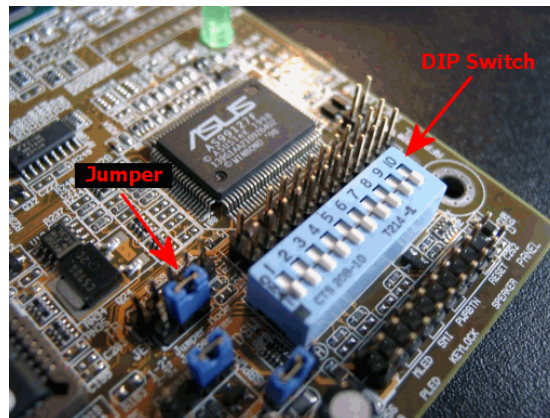
10.3.2. Kerusakan yang tampak & tidak (*Hard and Soft Failures*)

Kerusakan yang jelas (*hard failures*) merupakan kerusakan yang bersifat tetap (pasti), dengan gejala kerusakan yang jelas polanya. Misalnya terdapat data input atau output yang selalu 0 atau 1. Ini mungkin disebabkan oleh salah satu pin input atau output dari sebuah chip yang terhubung singkat ke logik 0 atau 1. Pada umumnya kerusakan jenis ini mudah dikenali.

Kerusakan yang tidak jelas (*soft failures*) merupakan kerusakan yang tidak jelas pola kerusakannya. Hal ini bisa disebabkan oleh data pada sebuah pin output yang terbuka (misalnya pin output terputus). Input chip yang terhubung dari pin output yang terputus akan menyebabkan status datanya “mengambang” (*floating*). Kesalahan jenis ini biasanya lebih sulit untuk didiagnosis.

10.3.3. Kerusakan Sistem

Kerusakan sistem bisa disebabkan oleh kesalahan perangkat lunak atau program yang dijalankan pada sistem. Kesalahan program biasanya disebabkan oleh kesalahan dalam penulisan program, misalnya kesalahan penulisan kode, seharusnya ditulis “;” (titik koma) tetapi tertulis “:” (titik dua). Kesalahan kode juga dapat disebabkan oleh kesalahan perangkat keras, misalnya salah men-set posisi saklar pada *dip-switch*



Gambar 10.4: Salah pe-nempatan posisi saklar pada dip-switch dapat menyebabkan sistem ti-dak bekerja.

10.3.4. Kegagalan *Restart*

Kesalahan atau kegagalan restart: ini terjadi jika mesin gagal merespon secara benar pada saat catu daya dihidupkan atau pada saat tombol *Reset* ditekan. Kesalahan ini dapat terjadi di RAM, ROM atau CPU. Kesalahan restart biasanya lebih mudah diketahui atau didiagnosis dibandingkan dengan kesalahan-kesalahan yang terjadi setelah mesin di reset. Kesalahan restart terjadi karena beberapa sebab, antara lain:

- * Putusnya salah satu jalur kontrol atau jalur status ke CPU
- * Adanya program yang saling “bertabrakan” (*crash*) selama program rutin restart berjalan.

Gejala yang timbul ialah pada saat komputer di-on-kan, komputer tidak merespon (tidak bekerja samasekali).

10.3.5. Kerusakan Perangkat Keras atau Lunak?

Untuk menentukan kerusakan pada perangkat keras atau perangkat lunak mikrikomputer, gantilah perangkat keras yang diduga rusak dengan perangkat keras lainnya (yang sama/sejenis). Jika komputer kemudian dapat bekerja dengan baik, maka kerusakan kemungkinan besar terjadi pada perangkat keras.

Pengujian dapat juga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak lain. Jika setelah diganti komputer dapat bekerja dengan baik, maka kerusakan terjadi pada program yang dibuat oleh pengguna. Kerusakan yang disebabkan oleh kegagalan perangkat lunak dan kerusakan perangkat keras seringkali sulit didiagnosis, sehingga sering membosankan atau bahkan membuat para teknisi frustrasi.

10.4. Cara Diagnosis dan Perbaikan

PERHATIAN!

Sebelum memulai pelacakan kerusakan (mikro)komputer, bacalah manual operasi untuk meyakinkan bahwa prosedur yang Anda jalankan benar. Pada buku manual biasanya terdapat petunjuk cara mengatasi gangguan/kerusakan ringan.

10.4.1. Pemeriksaan Fisik

Lakukan juga pemeriksaan secara visual sebagai berikut::

- AC Interlock, pada depan dan belakang panel, casing, dsb
- Semua sekering dan CB
- Sambungan kabel-kabel konektor pada semua plug
- Lampu-lampu indikator status
- Monitor: periksa kontrol kecerahan jika tampilan pada monitor tampak gelap, atau periksa kontrol kontrasnya jika gambar terlihat buram tidak fokus. Periksa semua kontrol papan ketik (keyboard) dan lainnya.
- Periksa indikasi kerusakan fisik, misalnya adanya keretakan pada bagian motherboard, keyboard, dsb
- Periksa dengan teliti apakah terdapat percikan atau tumpahan cairan misalnya kopi, the, tinta, dsb dibagian keyboard dan panel-panel kontrol.
- Bukalah semua akses panel, lalu periksa, apakah terdapat korosi, kabel penghubung yang terputus atau rusak isolasinya, ada bagian yang terbakar, retak, atau kerusakan sejenis lainnya.
- Periksa perangkat yang terhubung dengan mikrokomputer, seperti kabel, printer (roda penggerak untuk kertas, lampu-lampu indikator, dsb).



Gambar 10.5: Pemeriksaan secara Visual

Jika dari pemeriksaan fisik tidak terlihat gejala kerusakan yang signifikan, maka carilah informasi spesifik dari operator mikro (komputer), dengan menanyakan beberapa hal yang berkaitan dengan pengoperasian komputer tsb. Misalnya dengan mengajukan beberapa pertanyaan berikut:

- Kapan gejala kerusakan diketahui?
- Apa yang terakhir kali dilakukan oleh operator sebelum terjadi kerusakan. Hal ini untuk melacak kronologis kerusakan.
- Jelaskan kerusakannya secara detail. Apakah kerusakan terkait dengan kejadian alam sebelumnya, misalnya ada petir, banjir, gempa, lonjakan temperatur (ekstrem tinggi atau rendah), dsb yang dapat merusak komputer
- Apakah menggunakan instruksi-instruksi operasi, program printout atau dokumen aplikasi lainnya untuk melengkapi kinerja komputer pada saat terjadi gangguan?
- Apakah gangguan atau kerusakan sejenis pernah terjadi sebelumnya? Jika ya, kapan dan bagaimana mengatasinya?
- Apakah ada perbaikan bagian tertentu sebelum rusak? Jika ya, kapan dan perbaikan apa yang telah dilakukan? Siapa yang melakukan perbaikan tsb?
- Setelah terjadi gangguan/ kerusakan apakah ada perbaikan? Jika ya, apa yang telah dilakukan dan siapa yang melakukannya?



Gambar 10.6: Mencari Informasi Kerusakan dari Operator Komputer

10.4.2. Pemeriksaan dengan Alat Ukur Sederhana

1) Pemeriksaan dengan EVM dan Osiloskop

EVM (Electronic Volt Meter) dapat digunakan untuk mencari dan melokalisasi bagian perangkat keras yang rusak. Keuntungan cara ini adalah alat yang digunakan sederhana dan tidak memerlukan persiapan khusus.

Kerugian cara ini: memerlukan waktu diagnosis lama. Demikian juga jika menggunakan osiloskop untuk diagnosis rangkaian digital tidak banyak membantu, karena rangkaian digital hanya bekerja berdasarkan level tegangan tertentu untuk menunjukkan logika 0 dan 1.

Untuk sistem berbasis digital, penggunaan osiloskop juga tidak banyak membantu, kecuali jika dicurigai terjadi overshoot (lonjakan tegangan sesaat saja karena berbagai sebab).

2). Pemeriksaan dengan Instrumen Digital

Instrumen ini dirancang untuk pemeliharaan komputer atau sistem lain yang berbasis digital. Yang termasuk instrumen jenis ini ialah: *logic-probe*, *logic-pulser*, dan *digital current tracer*. Periksa kondisi perubahan level (transisi) logik dari 0 ke 1 atau sebaliknya, dan atau periksa pula duty cycle pada pin-pin IC yang dicurigai rusak dengan menggunakan *logic-probe*. Jika perlu memeriksa deretan pulsa, gunakan *logic-pulser*. Gunakan *digital current flow* untuk memeriksa kemungkinan adanya input logik yang terhubungsingkat pada bus data atau bus alamat.

10.4.3. Pemeriksaan Langkah Tunggal (*Single Stepping*)

Metode pemeriksaan ini pada dasarnya ialah membandingkan karakter siklus mesin yang ada dengan siklus mesin dalam kondisi normal. Alat yang digunakan ialah *logic analyzer* atau dengan *data latch*.

Hubungkan *logic analyzer* atau *data latch* pada bus data dan bus alamat dari sistem yang akan dites. Alat ini akan mengikuti kerja sistem selama mengeksekusi program. Program yang dieksekusi biasanya adalah program aplikasi atau program kontrol. Metode pelacakan *single stepping* ini juga dapat dilakukan dengan menggunakan program tes khusus yang dapat melacak tahap demi tahap.

Terdapat dua pendekatan yang dapat dilakukan dengan menggunakan *single-stepping* ini:

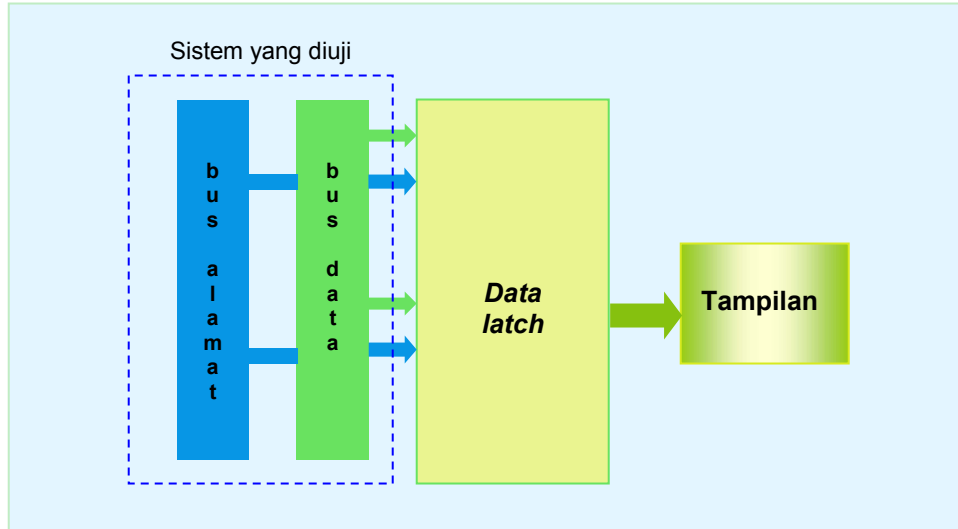
- 1) Menggunakan instruksi tunggal atau
- 2) Menggunakan siklus tunggal

Jika menggunakan instruksi tunggal: data pada bus digerendel pada akhir setiap siklus op code yang masuk.

Jika menggunakan siklus tunggal: data pada bus akan digerendel pada setiap akhir dari siklus.

1). *Data Latch* untuk Diagnosis Kegagalan

Sebuah *data latch* merupakan perangkat keras yang berisi sederet D-*flip-flop* yang dihubungkan pada bus data dan bus alamat dari sistem yang diuji. *Output latch* mengaktifkan tampilan. Tampilan biasanya dalam bentuk biner atau hexadesimal. Sebuah jaringan kontrol yang dibangun di dalam *data latch* akan menentukan kapan data ditempatkan stabil pada bus data dan bus alamat. Setelah data digerendel pada bus-bus tersebut, maka jaringan kontrol akan menghentikan kerja prosesor. Lalu data dapat dibandingkan, apakah sesuai dengan data yang seharusnya ada.



Gambar 10-7: Sebuah *Data Latch* untuk melacak kegagalan pada komputer

2). Logic Analyzer

Pelacakan dengan *data latch* untuk data yang besar, yang dieksekusi dengan beberapa siklus mesin tentu memerlukan waktu sangat lama. Sebuah *logic analyzer* dapat digunakan untuk menangkap informasi dari beberapa siklus mesin didalam memori sekaligus dalam satu waktu. Data tersebut akan dibandingkan dengan data yang telah ditentukan oleh pabrik (data ini disebut *word trigger*). Hasil perbandingan kedua data itu akan ditampilkan. Tampilan dapat berupa angka atau bentuk gelombang.

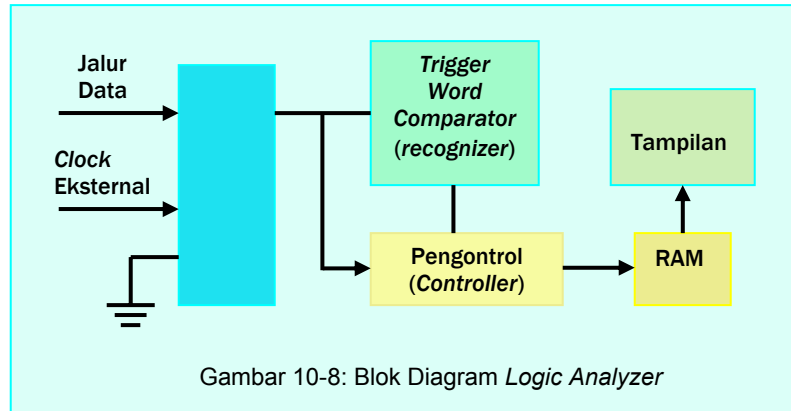
Jika isi memori ditampilkan dalam bentuk angka (biner atau hexa), maka *logic analyzer* disebut sebagai *logic state analyzer*. Analyzer ini sesuai untuk pendekatan *single-step*.

Jika isi memori ditampilkan dalam bentuk gelombang, maka analyzer ini disebut *logic timing analyzer*.

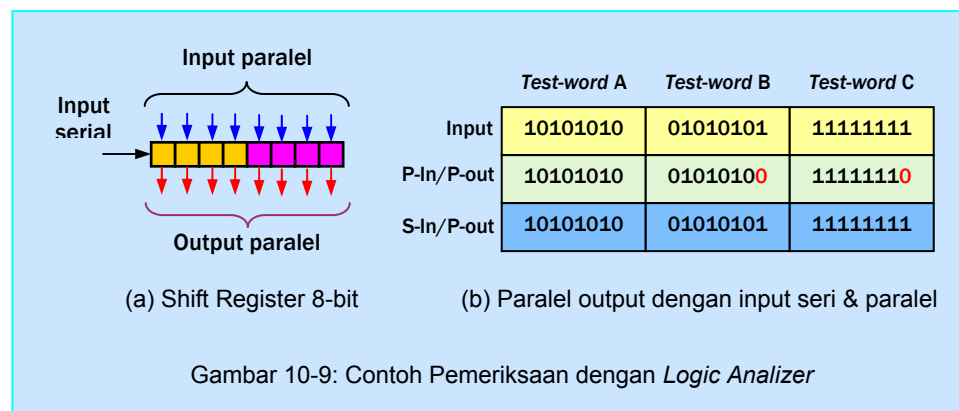
Saat ini ada *logic analyzer* yang dapat menampilkan keduanya (angka dan bentuk gelombang).

Untuk pelacakan kegagalan dengan *single-step*, sambungkan *lead data* dari *logic analyzer* pada bus data dan bus alamat dari komputer yang diuji. Sedangkan *lead data ekstra* disambungkan pada sinyal kontrol dan status yang sedang diuji.

Lead clock biasanya dihubungkan pada sebuah sinyal kontrol yang mempunyai transisi ketika isi dari bus data dan alamat telah stabil. *Logic analyzer* mulai menangkap data jika kata pemicu (*trigger word* sebagai *test-word*) telah ditentukan.



Gambar 10-6 menunjukkan kerja sebuah logic analyzer pada umumnya. Sebuah register dari sebuah memori (RAM) terdiri dari 8 bit (Gambar 10-6 (a)) akan diuji. Data input dapat dimasukkan ke register secara seri maupun paralel, tetapi output akan selalu paralel. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 10-6 (b). Hasil pengujian dari *test-word A* (dengan LSB atau *List Significant Bit* bernilai biner 0) menunjukkan bahwa semua outputnya benar, baik untuk input serial maupun paralel. Sedangkan pada pengujian *test-word B* (dengan LSB bernilai biner 1) menunjukkan, bahwa terdapat kesalahan pada LSB register pada saat diberikan input secara paralel, tetapi pada saat diberikan input serial, respon register adalah benar. Demikian juga hasil pengujian *test-word C*, terdapat kesalahan pada saat diberikan



Diagnosis

Dari contoh pengujian dan analisis logik tersebut diatas dapat disimpulkan, bahwa kerusakan terjadi pada rangkaian gerbang input paralel dari LSB-nya. Solusi: ganti register 4 bit (dimana terjadi kerusakan pada LSB-nya) dengan register 4 bit yang baru.

Pengujian sejenis dapat dilakukan untuk bagian lainnya, dan didiagnosis seperti contoh diatas. Misalnya:

Jika dari RAM terbaca data yang salah (terbaca pada tampilan), tetapi data yang tertulis di dalam RAM benar (ini dapat diperiksa dengan *data-latch* atau *logic analyzer*), maka kemungkinan terjadi kerusakan pada:

- RAM itu sendiri
- Rangkaian kontrol untuk menulis.
- Rangkaian kontrol untuk membaca.
- Dekoder alamat bagian atas
- Penggerak bus data.

Jika data yang salah terbaca dari ROM, dan data tertulis di dalam ROM juga salah, maka kemungkinan kerusakan terjadi pada:

- ROM itu sendiri
- Rangkaian *decode* alamat
- Penggerak bus data

Kadangkala data yang salah dapat terbaca dari ROM maupun RAM, karena untuk alamat digunakan lebih dari satu IC. *Data latch* atau *logic analyzer* dapat digunakan untuk mendapatkan informasi lebih detail dari ROM dan RAM.

Jika opcode dan data untuk instruksi dapat terbaca oleh CPU tetapi instruksi-instruksi tersebut gagal untuk diproses secara benar, maka kerusakan terjadi pada mikroprosesornya. Dalam hal ini perlu juga diperiksa penggerak bus yang terkait dengan mikroprosesor tersebut.

Keuntungan menggunakan metode langkah tunggal ialah tidak diperlukan persiapan pemeriksaan atau diagnosis secara khusus.

Kerugian metode ini ialah diperlukan pengetahuan dasar yang cukup tentang kerja alat dan sistem perangkat keras komputer, memahami semua instruksi mikroprosesor, cara kerja siklus mesin untuk setiap instruksi, serta menguasai berbagai teknik pelacakan kerusakan. Teknisi juga harus mempunyai diagram rangkaian dari sistem yang diperiksanya serta memeriksa daftar kode mesin dari program pengujian yang digunakan. Program pengujian yang digunakan biasanya berupa program kontrol atau *bootstrap loader* dengan bahasa level tinggi (bahasa yang dimengerti oleh manusia, dan bukan bahasa mesin atau kode-kode biner). Selain itu, metode memerlukan waktu diagnosis lama.

10.4.4. Pemeriksaan dengan Program Diagnostik-diri

Banyak pabrik komputer yang menyediakan perangkat lunak atau program untuk diagnostik kerusakan. Program ini disebut *self-test* (diagnostic) program. Program ini digunakan untuk membantu teknisi dalam menentukan lokasi kerusakan di dalam (mikro)komputer. Beberapa produk komputer telah menginstal *self-test program* di dalam komputer produksinya. Tetapi ada juga program yang disediakan dari luar komputer. Program telah dilengkapi dengan instruksi-instruksi pengujian yang dapat dikirim oleh CPU ke bagian-bagian yang akan diuji, misalnya printer, ROM atau RAM. Dari pengujian ini akan dapat diketahui bagian yang mengalami gangguan atau kerusakan.

1). Pengujian RAM

Program pengujian biasanya dilakukan dengan menulis dan membaca sebuah atau beberapa pola dalam RAM. Semua bit biasanya di-set dan di-reset. Pola-pola yang diujikan ialah pola yang dapat menunjukkan pola sensitifitas. Gejala yang akan ditunjukkan ialah RAM dapat merespon satu pola tertentu tetapi menolak pola lainnya. Pola ini dapat dilakukan dengan men-set dan me-reset semua bit. Beberapa pengujian RAM akan dapat mendeteksi bit yang hilang.

2). Pengujian ROM

Seorang teknisi biasanya tinggal menjalankan program pengujian ROM. Program akan membandingkan *checksum* isi ROM dengan ROM penguji. *Checksum* ialah sebuah contoh kode pemeriksaan aritmatik (arithmetic check code), atau modulo arithmetic. Untuk pengujian ROM biasanya digunakan checksum 16-bit, dimana hasilnya diunduh ke dalam dua register. *Checksum* dihitung dengan menambahkan isi setiap lokasi memori dalam ROM dengan mengabaikan kelebihan bit yang mungkin akan terjadi dengan adanya penambahan tersebut. Misalnya *checksum* 16-bit akan dihitung. Hasilnya mungkin lebih dari 16-bit.

3). Pengujian Antarmuka (*interface*)

Interface biasanya diuji dengan program diagnostik. Input *interface* berupa papan-ketik (*keyboard*), dan output *interface* bisa berupa lampu yang dapat menyala. Data yang dimasukkan oleh teknisi akan ditampilkan pada output *interface*. Perangkat lunak yang digunakan memungkinkan data yang dibuat oleh teknisi dapat ditampilkan pada output *interface*. Interface yang input dan outputnya sesuai (*compatible*), maka dapat diuji secara bersamaan dengan teknik *loopback*. Misalnya input dan output interface RS-232 akan diuji dengan menghubungkan data-in dan data-out secara bersamaan.

Beberapa program diagnostik canggih dapat melokalisir kerusakan di bagian PC board dan mencetaknya melalui printer. Hal ini tentu dapat mempermudah dan mempersingkat pekerjaan pelacakan kerusakan pada komputer. Hal ini dapat dilakukan jika tidak ada masalah dengan pengunduhan (*loading*) dan eksekusi program. Tetapi jika program tidak dapat diunduh atau tidak dapat dieksekusi, kemungkinan kerusakan terdapat pada terminal I/O, RAM atau CPU-nya itu sendiri. Oleh karena itu harus digunakan pendekatan atau cara pelacakan yang lainnya.

Kerusakan yang terjadi pada ROM juga dapat mengakibatkan sistem tidak dapat beroperasi. Jika ini terjadi, maka metode pelacakan sinyal, analisis logika dan metode substitusi dapat digunakan.

10.4.5. Analisis *Signature*

Sebuah analisis *signature* pada dasarnya merupakan sebuah program tes yang dijalankan melalui sebuah *loop* (*loop*). Bentuk gelombang atau *signature* dari setiap node atau titik sambungan dalam sistem diukur. *Signature* akan dibandingkan dengan *signature* yang diukur pada saat sistem bekerja dengan benar. *Signature-signature* tersebut biasanya direkam dalam tabel. *Signature* yang rusak akan dilacak kembali untuk menentukan komponen yang rusak. Pengujian *signature* dilakukan dengan *signature analyzer*.

Biasanya terdapat dua program uji: pertama adalah *free-run* atau *kernel test*. Pengujian *free-run* diimplementasikan dengan perangkat keras. Pengujian kedua merupakan pengujian perangkat lunak dari sistem saat berhenti bekerja.

Lead Start-and-stop pada *signature analyzer* digunakan untuk menentukan kapan *analyzer* mulai dan berhenti bekerja. *Lead clock* akan memberi tanda/perintah pada *analyzer* untuk mencuplik data atau mengukur *signature*.

1). Free-run atau Kernel test.

Dalam pengujian ini sambungan bus data dengan mikroprosesor akan diputus oleh instruksi NOP (*No Operation*). Mikroprosesor akan menghitung alamat dari 0 hingga tertinggi. Jalur alamat akan berfungsi sebagai output pencacah, dan menunjukkan kondisi rangkaian.

Pengujian *free-run* sesuai untuk menguji jalur alamat, dekoder alamat atas, beberapa kontrol logik dari sistem dan CPU. *Free-run* juga dapat digunakan untuk memeriksa ROM di dalam sistem

2). Pengujian Kedua.

Pengujian kedua akan memeriksa sistem saat tidak bekerja. Pola-pola akan ditulis dan dibaca dari RAM, bagian (*port*) output diberi stimulasi, input *port* dibaca. *Loopback* dijalankan pada *port* input dan output yang bersesuaian. Program tidak akan merespon jika pola terbaca dengan benar. *Signature analyzer* akan menyorot data yang salah.

Hasil Pengujian

Paling tidak terdapat dua tabel hasil pengujian: 1) tabel-baca yang berisi daftar *signature* yang terbaca; 2) tabel-tulis yang berisi daftar *signature* yang tertulis (jika pola tidak tertulis secara benar dalam RAM dan chip I/O).

Tabel-baca biasanya mempunyai beberapa sub-tabel untuk *signature* bus data. Jika data bus terdiri dari dua atau lebih chip, dan dalam waktu yang bersamaan data didorong ke dalam tabel-baca, maka akan sulit untuk menentukan chip mana yang mengalami kerusakan. Oleh karena itu, biasanya tersedia saklar untuk memilih chip RAM dan peripheral yang ada. Saklar di dalam chip yang menghasilkan *signature* yang salah akan mengisolasi chip yang rusak tersebut.

Keuntungan

Keuntungan utama penggunaan analisis *signature* ialah dengan keterampilan teknisi yang relatif rendah dapat melacak kerusakan chip. Peralatan tambahan, seperti *logic pulser*, atau *digital current tracer* dapat digunakan untuk melacak kerusakan pada node dimana chip yang rusak berada.

Kerugian

- Relatif lambat dalam mengisolasi area kerusakan, tetapi sekali kerusakan tersebut dapat diidentifikasi, maka kerusakan node dan chip dapat diisolasi.
- Diperlukan keterampilan dan pengetahuan yang tinggi di bidang perangkat keras, arsitektur komputer, dan perangkat lunak pada level kode *assembly* untuk menentukan sambungan *signature analyzer* dan perangkat uji (program) yang tertulis.
- Semua program pengujian dan *signature* harus telah tersedia sebelum pemeliharaan & perbaikan dilakukan pada sistem.
- Analisis *signature* lebih sulit dibandingkan dengan *self-test* program.
- Program *signature* tidak bisa digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan restart, kecuali telah disiapkan sebelumnya.
- Diperlukan waktu relatif lama untuk menyiapkan semua dokumen yang diperlukan untuk analisis *signature*. Perangkat uji harus ditulis dan di-debug. *Signature* untuk semua tes harus diukur, didokumentasikan, diperiksa dan dicocokkan.

10.4.6. Pemeriksaan Kegagalan Restart

Kerusakan pada salah satu kontrol atau jalur status ke CPU, RAM, ROM atau CPU itu sendiri dapat menyebabkan kegagalan *restart*. Pendekatan konvensional hingga paket analisis *signature* dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan chip.

Logic probe dan osiloskop dapat digunakan untuk memeriksa aktifitas bus-bus data dan alamat, output *chip select* dari jaringan dekode alamat atas, rangkaian *refresh RAM*, konsol dari *interface*, dan sebagainya. Per juga dilakukan pemeriksaan sebagai berikut:

- **Catu daya:** Pastikan tegangan yang dihasilkan sesuai dengan yang diperlukan. Catu daya yang tidak sesuai menyebabkan komputer tidak dapat di-restart.
- **Clock:** Periksa clock pada memori dan programmable peripheral chip di dalam sistem. Gunakan logic probe atau osiloskop untuk memeriksa clock dan kontrol lain atau jalur status. Perubahan frekuensi kristal dapat menyebabkan kegagalan restart
- **Jalur Reset:** Tekan tombol *reset* sambil mengamati input *reset* pada mikroprosesor. Ulangi prosedur ini dengan *programmable peripheral chip* yang dipasangkan pada jalur *reset*. Jika chip ini tidak *reset* dengan baik, sistem tidak akan *restart*. Beberapa mikroprosesor memerlukan waktu beberapa detik agar bisa *restart*, khususnya saat kenaikan daya. Jika kenaikan daya sistem yang diuji tidak sesuai, tetapi terjadi *restart* dengan tombol *reset*, maka periksa rangkaian penunda pada jalur *reset*.
- **Ready atau Wait Line:** Ini merupakan sebuah kontrol untuk memperlambat prosesor, memori dan chip I/O. Jika jalur kontrol ini diaktifkan, maka prosesor akan berada pada state menunggu (*wait state*). Prosesor akan terus menunggu jika jalur ini *hang* dalam kondisi aktif. Periksalah jalur pada mikroprosesor. Cari sumber kerusakan disekitar memori dan chip I/O.
- **Jalur Halt atau Hold:** Jika jalur kontrol ini diaktifkan, maka prosesor akan menyelesaikan instruksi yang sedang berjalan lalu berhenti. Biasanya bus data dan alamat menjadi mengambang (*float*). Jalur ini lalu digunakan oleh prosesor lain seperti DMA (*Direct Memory Access*) untuk mempercepat operasi disk atau me-*refresh* kontrol monitor, atau untuk memperkuat kontrol memori. Jika jalur ini *hang* dalam state aktif, maka prosesor tidak dapat mengambil instruksi. Periksa jalur pada mikroprosesor dan lacak sumber kerusakannya.

- **Jalur *Interrupt*:** Semua mikroprosesor minimal mempunyai sebuah jalur *interrupt*. Periksa dan pastikan jalur ini tidak aktif selama *restart*. Jika jalur ini *hang*, maka mikroprosesor akan selalu melayani *interrupt*, baik selama maupun sesudah menjalankan rutin *restart*.

10.4.7. Kerusakan Perangkat Lunak

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

- Memori (di dalam EPROM) terkena sinar-x
- Terjadi kerusakan fisik pada IC memori (retak, korosi, kaki patah, terkena benda cair, terkena panas berlebih, dan sebagainya)

Kerusakan yang terjadi karena virus, trojan, dan lain-lain jarang terjadi. Ini karena mikrokomputer jarang digunakan untuk komunikasi dengan komputer lain. Program yang disimpan di dalam mikrokomputer biasanya bersifat permanen, digunakan untuk menjalankan pekerjaan tertentu. Mikrokomputer biasanya digunakan untuk program-program khusus, misalnya mainan anak-anak, sistem mesin di mobil, sistem pengapian, proses industri

Rangkuman

- Klasifikasi dari sebuah komputer, mini atau mikro bukan ditentukan oleh ukuran fisik, tetapi lebih ditentukan oleh banyaknya fungsi yang mampu dilakukan dan kecepatan memproses data serta kapasitas memori yang dimilikinya.
- Sebuah mikrokomputer pada umumnya terdiri dari sebuah IC mikrokomputer pada sebuah PCB (printed circuit board), sebuah ROM yang berisi program (biasanya program operasi) yang besarnya beberapa byte saja (256 bytes), dan sebuah RAM yang berisi data. Dibandingkan komputer PC, ukuran RAM dan ROM mikrokomputer lebih kecil, maka program yang dapat disimpan menjadi terbatas. Sebuah mikrokomputer juga

mempunyai sebuah master clock dari kristal dan beberapa IC lain untuk membentuk fungsi khusus dan menangani operasi pada semua port I/O (port Input output). Port I/O sebuah mikrokomputer juga dilengkapi dengan UART (Universal Asynchronous receiver/transmitter) yang menghasilkan standar antarmuka ke printer

- Semua mikroprosesor (jantung dari komputer) paling tidak mempunyai dua tipe siklus mesin:
 - 1). Siklus membaca
 - 2). Siklus menulis
- Kerusakan pada mikrokomputer pada umumnya meliputi:
 - Kerusakan umum yang disebabkan oleh pengguna, misalnya tertumpah (tertetes) cairan, makanan atau minuman
 - Kerusakan fungsi, baik yang menampakkan gejalanya maupun tidak
 - Kerusakan sistem (perangkat keras dan atau perangkat lunak)
 - Kegagalan *restart*
- Cara melacak kerusakan pada mikrokomputer dapat dilakukan dengan menggunakan:
 - Pemeriksaan Fisik
 - Alat ukur sederhana: Multimeter, Logic Probe, Oscilloskop
 - Perangkat lunak

Latihan Soal Bab 10

1. Apa dasar klasifikasi komputer, sehingga bisa digolongkan menjadi mikro, mini atau komputer pribadi (PC)?
2. Gambarkan diagram blok sebuah sistem mikrokomputer!
3. Sebutkan minimal 3 contoh sistem yang berbantuan mikrokomputer!
4. Sebutkan jenis kerusakan komputer yang sering ditemui, dan bagaimana gejala kerusakan yang tampak?
5. Sebutkan alat apa saja yang diperlukan untuk melacak kerusakan komputer?

11. PELACAKAN KERUSAKAN PERALATAN BERBASIS PLC

11.1. Pengenalan PLC

11.1.1. Sejarah dan Pengertian PLC

Sejak pertama kali PLC digunakan di Divisi Mobil Tua Perusahaan Motor Modison, tahun 1970, PLC mengalami evolusi luar biasa. Tumbuh kembang perusahaan manufaktur PLC juga luar biasa pesat seiring dengan makin pesatnya penggunaan PLC di perusahaan-perusahaan yang menggunakan mesin otomatisasi.

Pengertian & Definisi PLC

Berbagai definisi PLC yang digunakan untuk menjelaskan pengertian PLC:

PLC merupakan sistem mikrokomputer yang dapat digunakan orang untuk proses-proses kontrol di industri

PLC merupakan komputer industrial yang khusus dirancang untuk kontrol mesin-mesin manufaktur dan sistem diberbagai bidang yang sangat luas.

PLC merupakan komponen elektronika khusus berbasis satu atau lebih mikroprosesor yang digunakan untuk mengontrol mesin-mesin industri. (James A. Rehg, 2007).

11.1.2. PLC versus PC

Kesamaan PLC dan PC:

- mempunyai motherboard,
- prosesor,
- memori dan slot-slot untuk ekspansi

Tabel 11.1: Perbedaan PLC dengan PC (Personal Computer)

Perbedaan PLC dan PC (Personal Computer)	
PLC	PC
Tidak ada perangkat memori yang dapat bergerak, misalnya untuk floppy-disk atau hard-disk, tetapi mempunyai memori untuk menyimpan program	Mempunyai perangkat untuk floppy-disk dan hard-disk
Memiliki chip prosesor yang terhubung dengan chip I/O melalui bus paralel, address dan control bus	
Tidak mempunyai monitor, tetapi mempunyai HMI (Human Machine Interface) untuk menunjukkan proses atau status mesin produksi.	Mempunyai monitor
Hanya dapat melaksanakan 1 “tugas”, mengontrol mesin produksi dan proses	Dapat melaksanakan berbagai “tugas” pada “home” dan Office-nya



Gambar 11.1: Contoh sebuah PLC

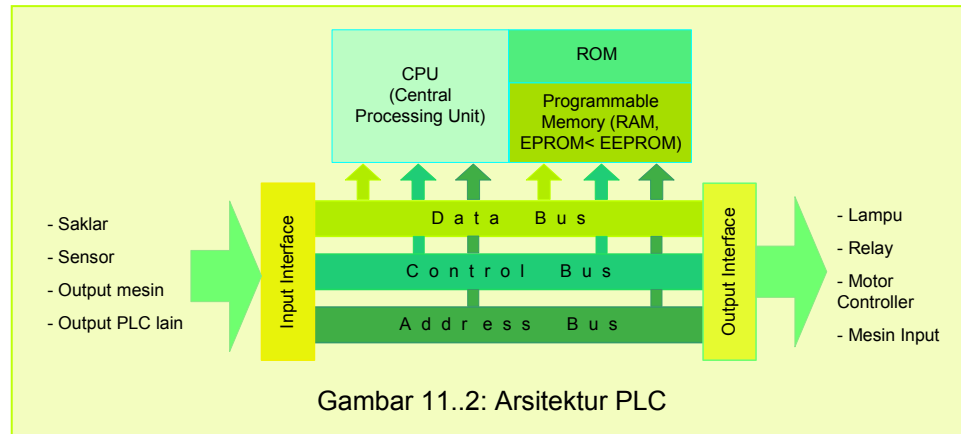
11.1.3. Aplikasi PLC di Industri s

Aplikasi PLC pada sistem kontrol sangat bervariasi, dari On/Off hingga yang lebih kompleks. PLC pada umumnya digunakan untuk:

- Mesin bor otomatis
- Mesin-mesin produksi
- Mesin pengepakan barang
- Mesin kemasan minuman
- Mesin pres, dan sebagainya

11.2. Prinsip Dasar dan Cara Kerja PLC

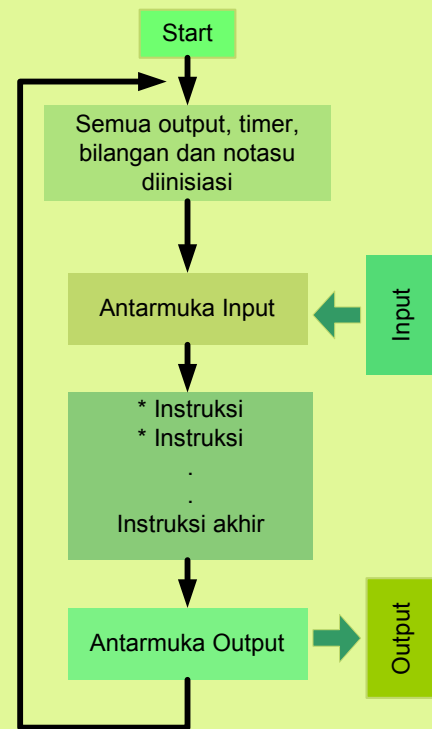
11.2.1. Arsitektur dan Prinsip Kerja PLC



Tabellen buch, Friedrich, 1998

Prinsip Kerja PLC

- Program kendali PLC akan bekerja dengan urutan langkah seperti digambarkan pada diagram alir Gambar 11.3.
- Pertama, PLC melalui modul inputnya akan membaca sinyal masukan yang didapat dari komponen-komponen input (sensor, saklar, output mesin, dsb) dan tersimpan di modul antarmuka input.
- Program kendali (misalnya seperti gambar (ladder) akan mengendalikan instruksi-instruksi untuk mengubah sinyal input menjadi sinyal output (sesuai instruksi) dan menyimpannya pada modul antarmuka output. Jadi PLC akan bekerja berdasarkan program kendali tsb dan bukan karena sinyal yang diterima dari perangkat input



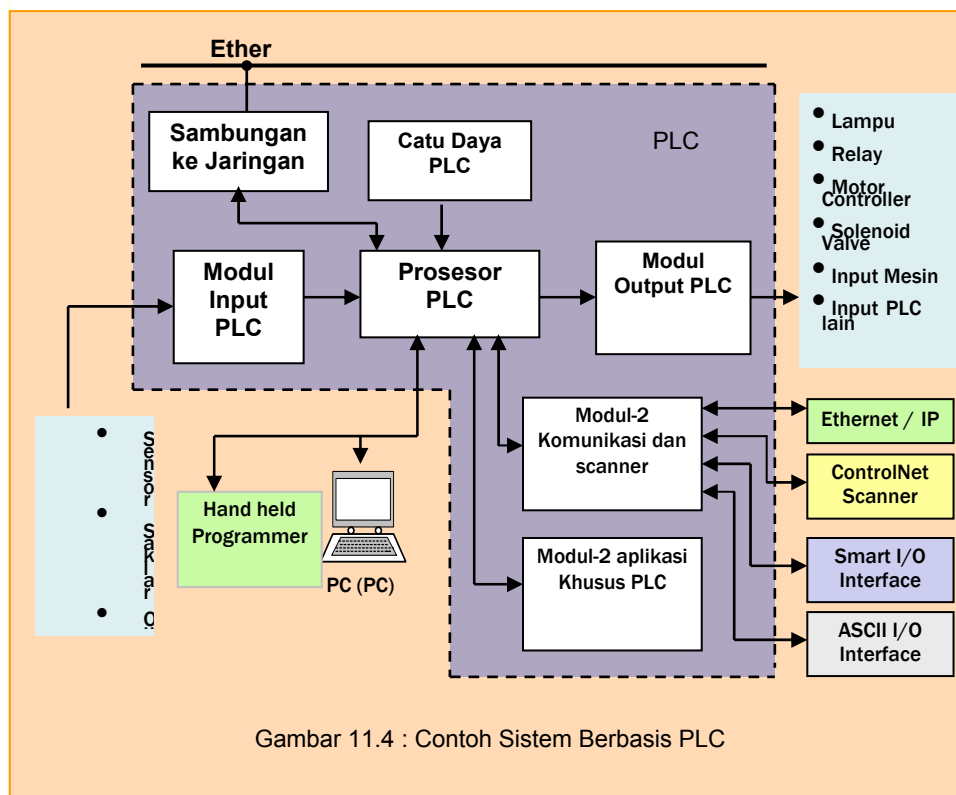
Gambar 11.3: Prinsip Kerja PLC

- Sinyal output yang tersimpan pada antarmuka output akan bekerja sesuai dengan instruksi yang diterimanya

11.2.2. Sistem Berbasis PLC

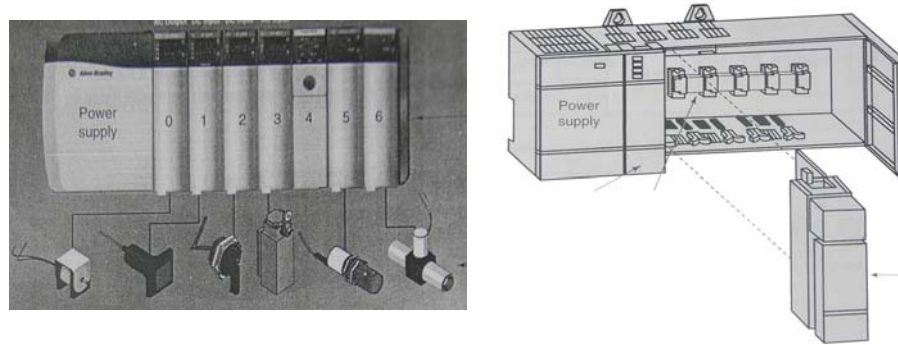
Prosesor PLC

Jantung dari PLC adalah prosesor PLC. Pada gambar 11-4 : *Contoh Sistem Berbasis PLC*, prosesor PLC dikelilingi oleh modul input di bagian kiri, dan modul output di bagian kanan, serta catu daya di bagian atas. Untuk sistem yang lebih besar, blok PLC disusun dalam rak-rak.



1). Backplane

Di dalam rack terdapat struktur bus (yang berfungsi sebagai antarmuka data) dan catu daya untuk modul-modul PLC, yang disebut *backplane*.



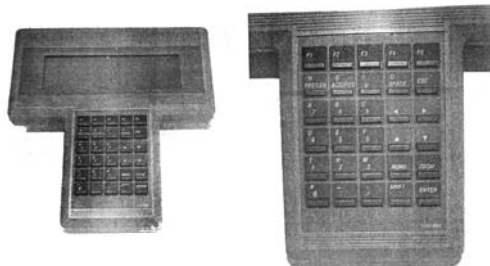
Gambar 11.5: PLC dengan Rak-rak

2). Prosesor dan Catu Daya

Prosesor merupakan unit pemroses sentral (CPU) yang akan melakukan semua operasi logika dan melaksanakan semua komputasi matematikal. Di dalam rack jumlah prosesor ini bisa lebih dari satu. Prosesor bekerja dengan mendapatkan catu daya dari modul Catu Daya PLC.

3). Perangkat Pemrograman

Perangkat ini terhubung dengan prosesor, dan digunakan untuk memasukkan program, men-down load program atau untuk meng-edit program yang telah ada di dalam PLC. Perangkat pemrogram dapat berupa **PC (Personal Computer)** atau pemrogram **Handheld** (Gambar hal 14)



Gambar 11.6: Perangkat Pemrogram (handheld)

4). Input dan output interface

Perangkat ini dapat berupa modul khusus atau fixed (menjadi bagian dari satu unit sistem PLC). Jumlah port I/O untuk setiap PLC adalah tetap (tidak dapat diubah-ubah) untuk setiap model (8, 14, 20, 40 dsb).

Input interface membentuk link antara prosesor PLC dengan komponen atau perangkat dari luar yang digunakan untuk mengukur besaran-besaran fisik melalui sensor, misalnya panas, tekanan, dsb atau perangkat on/off, misalnya saklar. Komponen-komponen input tsb biasanya disebut *field devices*. Modul-modul input PLC juga dapat berfungsi sebagai pengkondisi sinyal, yaitu mengubah berbagai level tegangan menjadi tegangan DC 0 hingga 5 V yang diperlukan oleh prosesor PLC. Modul input interface terdiri dari:

- a) Modul Input DC (*Current Sinking*),
- b) Modul Input DC (*Current Sourcing*),
- c) Modul Input AC/DC

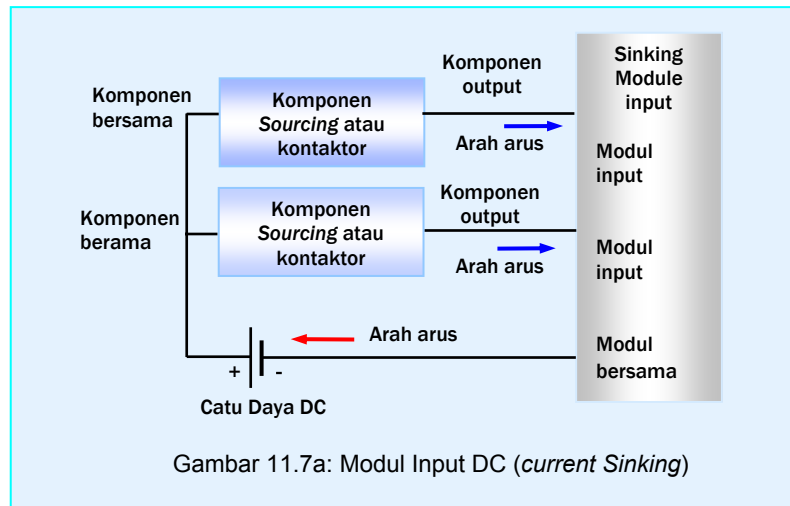
Output interface membentuk link antara prosesor PLC dengan komponen atau perangkat atau sistem dari luar. Modul output interface terdiri dari:

- a) Modul Output DC (*Current Sinking*)
- b) Modul Output DC (*Current Sourcing*)
- c) Modul Output AC
- d) Modul Output Relay

11.2.3. INPUT INTERFACE

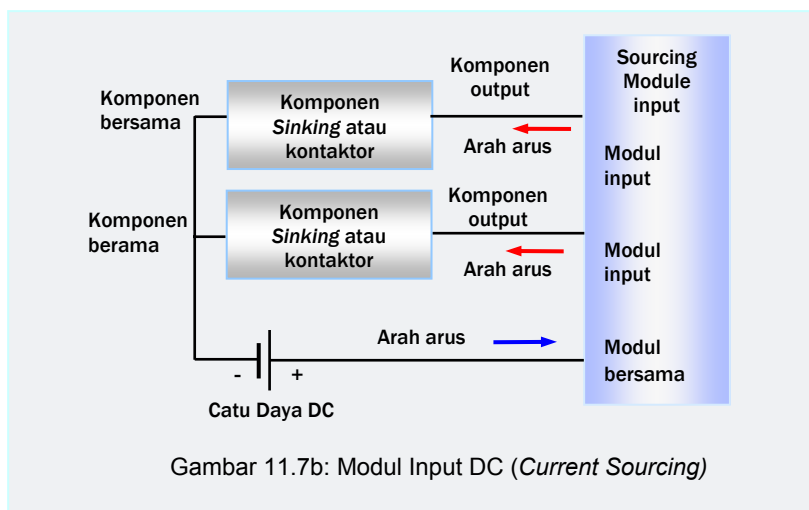
a) Modul Input DC (*Current Sinking*)

Modul Input Sinking merupakan modul yang mengalirkan arus ke dalam terminal input modul, jika input diaktifkan. Oleh karena itu, arus mengalir keluar dari komponen input (sensor, saklar, dan sebagainya). Jadi komponen-komponen input tsb dalam hal ini berfungsi sebagai sumber arus (*Current Sourcing*), dimana masing-masing komponen mempunyai sebuah titik pengukuran bersama (*common*). Sedangkan modul input mempunyai sebuah *common* tunggal.



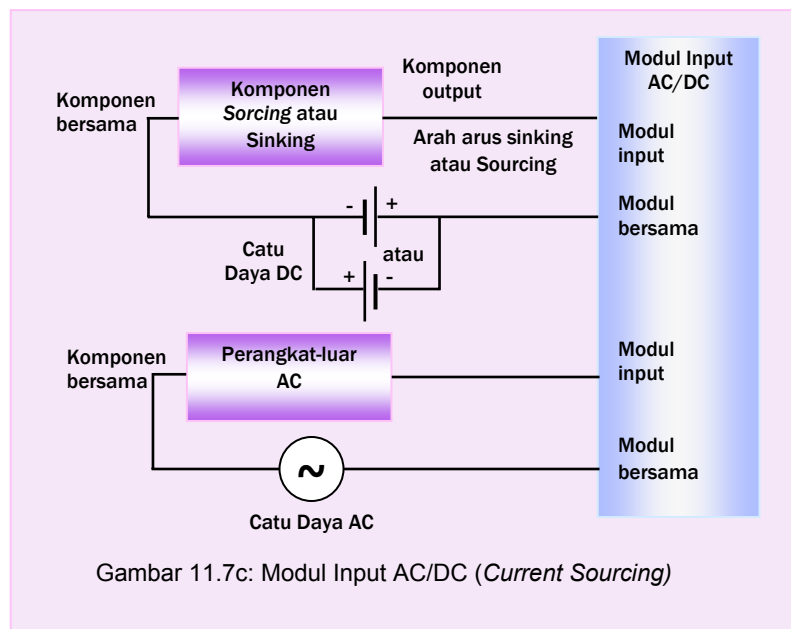
b) Modul Input DC (Current Sourcing)

Modul-modul input sourcing mengalirkan arus keluar dari terminal input menuju komponen input, jika input diaktifkan. Jadi, komponen-komponen input, dalam hal ini berfungsi sebagai komponen yang menerima arus (*current sinking*). Oleh karena itu, sinyal pada terminal komponen input akan dialirkan ke *ground*, jika input diaktifkan.



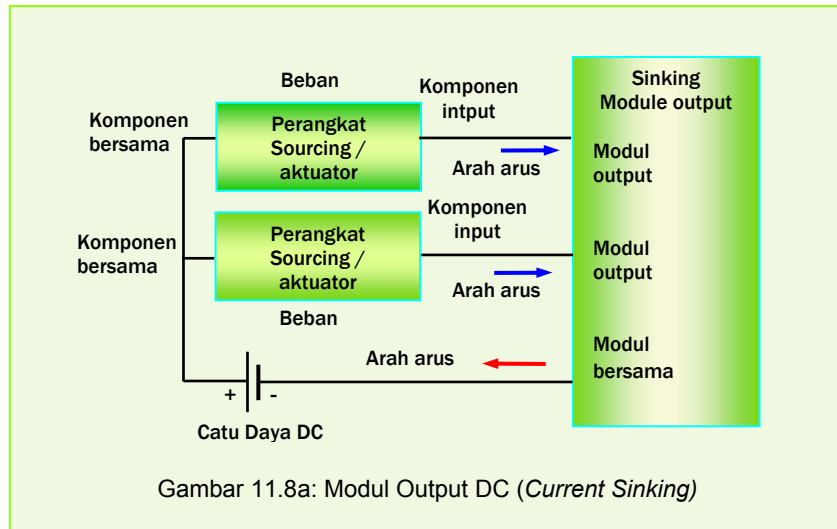
c) Modul Input AC/DC

Modul ini dapat menerima/ mengirimkan arus (arus bisa keluar atau masuk ke terminal input), secara bergantian setiap setengah siklus. Interface atas akan bekerja sebagai sumber arus atau penerima arus. Interface bawah digunakan untuk output sensor atau saklar dengan sumber AC.



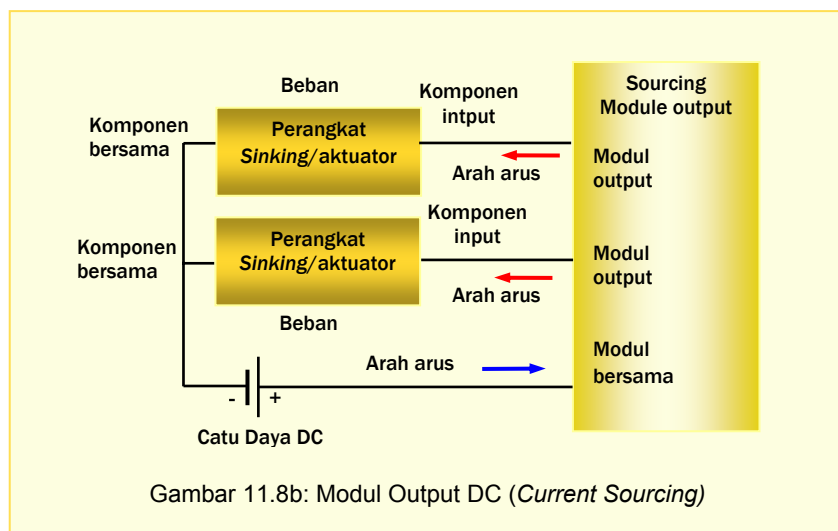
11.2.4. OUTPUT INTERFACE

a) Modul Output DC (*Current Sinking*)



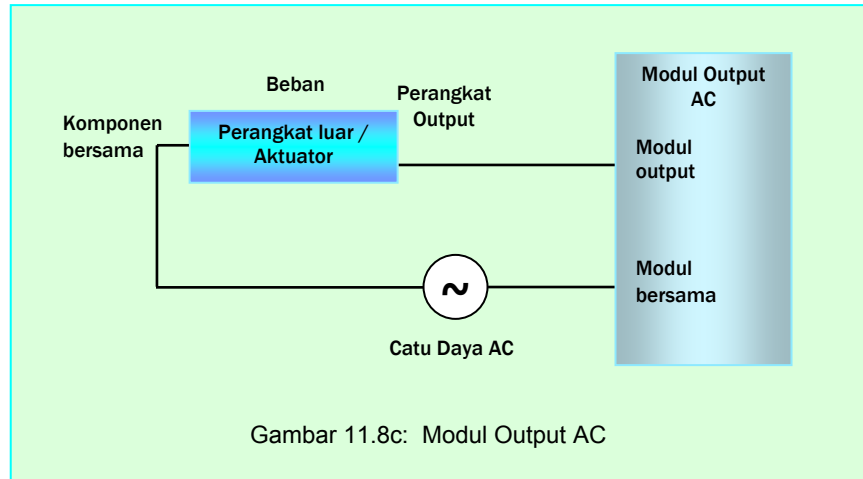
b) Modul Output DC (*Current Sourcing*)

Modul ini mengalirkan arus keluar dari terminal output menuju aktuator. Komponen output berfungsi sebagai penerima arus (*Current Sinking*). Semua common dari komponen output dihubungkan ke sisi negatif catu daya DC, sedangkan terminal common dari modul dihubungkan ke sisi positif catu daya.



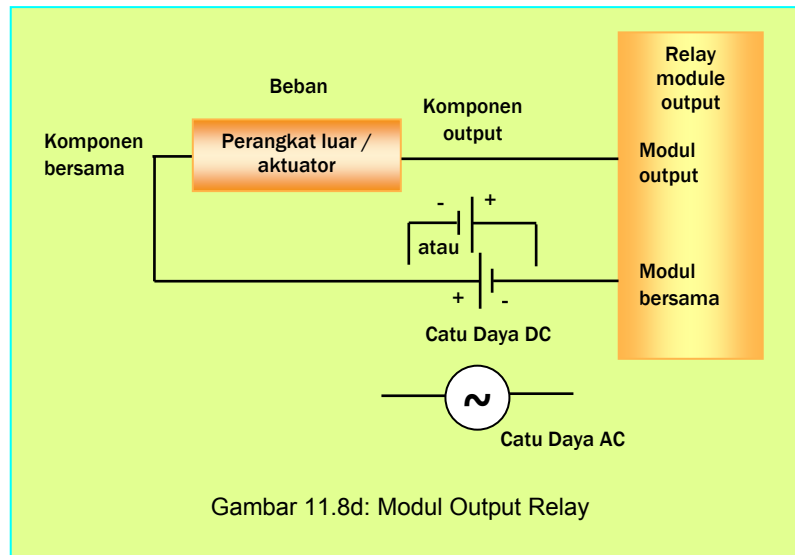
c) Modul Output AC

Modul ini menghubungkan tegangan AC pada aktuator bertipe AC dan tidak pernah disebut sebagai sumber arus atau penerima arus output. Sumber AC dihubungkan antara common modul dan komponen output AC. Modul AC dapat digunakan pada semua aktuator tipe AC jika tegangannya sesuai.



d) Modul Output Relay

Modul ini mempunyai kontak *relay Normally Open* (N.O) untuk setiap port, yang memungkinkan dialiri arus beban yang lebih besar, yang dapat menggerakkan komponen output DC maupun AC. Blok diagram interface modul *output relay* ditunjukkan oleh Gambar 12-8d.



11.3. Tipe PLC

Tipe PLC berdasarkan cara operasinya dibedakan menjadi 3:

1. Rack atau Sistem berbasis Alamat
2. Sistem Berbasis Tag
3. *Soft* PLC atau Kontrol berbasis PC

1. Tipe PLC Berbasis Rak/Sistem Berbasis Alamat

PLC seperti pada Gambar 11.5: PLC dengan rak-rak. disebut Sistem Berbasis Alamat, karena modul-modul input dan output (I/O) dalam rak merupakan jalan lalu-lintas sinyal input atau output melalui alamat yang sesuai dengan tempat dimana rak tsb dipasang.

Modul input atau output pada umumnya berfungsi sebagai:

- a) Terminal Antarmuka (Interface) dimana perangkat luar dapat dipasangkan
- b) Rangkaian pengkondisi sinyal yang menjembatani tipe sinyal PLC dengan sinyal yang didapat dari perangkat luar.

Cara pengalamatan bisa berbeda antara vendor satu dengan lainnya. Tetapi pada umumnya adalah sebagai berikut ini:

I: (No. Rak/slot) / (No. Terminal) untuk modul input,
dan
O: (No. Rak/Slot)/(No. Terminal) untuk modul output

Misalnya: Modul DC ditempatkan pada slot /rak input 2, terminal 5,
dan Modul output ditempatkan pada slot output 5, di terminal 12.

Maka modul input tsb dituliskan **I:2/5**
dan modul output dituliskan **O:5/12**

2. Tipe PLC Berbasis Tag

Beberapa vendor menggunakan tipe ini, karena dapat digunakan untuk perangkat lunak berbahasa tinggi (bukan bahasa mesin), seperti BASIC dan C. Pada tipe ini, sistem pengalamatan, pemberian nama variable perangkat input dan output dapat dibuat pada saat sistem dirancang. Setiap variabel adalah sebuah tag dan masing-masing diberi nama. Jika sebuah tag atau variable didefinisikan, maka tipe data yang ditunjukkan oleh tag atau variable tersebut akan dideklarasikan

3. Soft PLC atau Kontrol Berbasis PC

PC (Personal Computer) dapat digunakan untuk mengemulasi (mengeksekusi instruksi program sekaligus menjalankan perangkat yang dikontrol) PLC.

Di Industri, kartu I/O sebuah PC dapat digunakan sebagai antarmuka bagi perangkat-perangkat luar diluar PLC, dan PC dapat difungsikan sebagai PLC.

Soft PLC efektif digunakan untuk kontrol On-Off atau sebuah proses kontrol yang berurutan, dan kontrol lain yang hanya sedikit memerlukan perhitungan numerik.

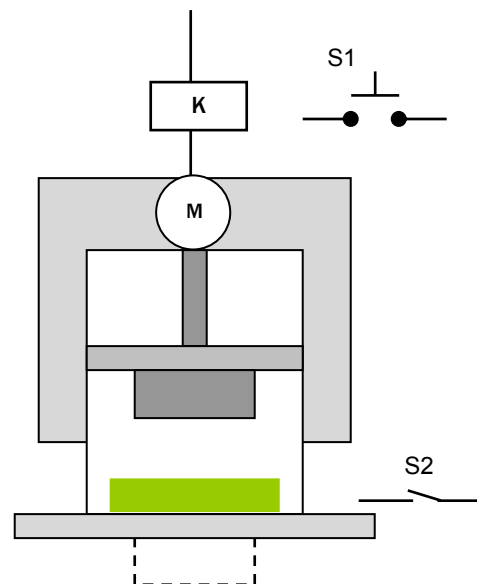
11.4. Bahasa Pemrograman PLC

Standar bahasa pemrograman PLC yang disepakati yaitu:

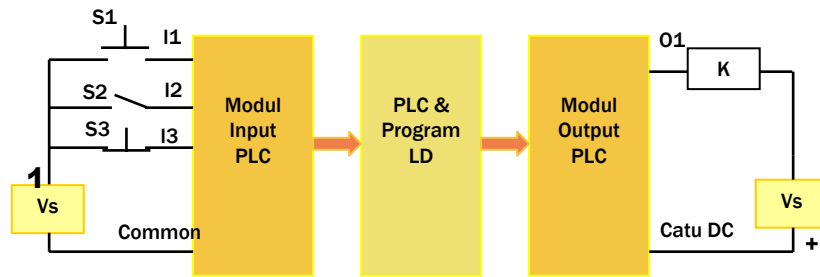
- Ladder Diagram (LD)
- Function Block Diagram (FBD)
- Structure Text (ST)
- Instruction List (IL)
- Sequential Function Charts (SFC)

11.4.1. Ladder Diagram (LD)

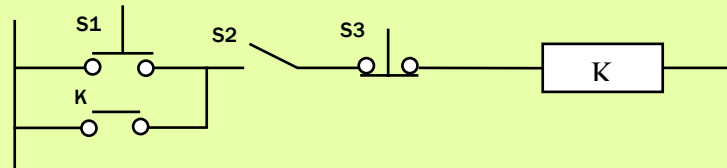
Ladder Logic atau Ladder Diagram adalah bahasa pemrograman PLC yang bersifat grafis. Ambil sebuah contoh Mesin Press (Gambar 12-6). Perangkat-perangkat input (saklar Start (S1), Limit Switch (S2), saklar stop (S3) dan catu daya untuk perangkat input, dihubungkan pada modul input PLC, sedangkan aktuator berupa kontaktor dan catu daya untuk perangkat output dihubungkan pada modul output PLC. Mesin Press akan bekerja jika ada sinyal dari input (S1 ditekan) **dan** tutup mesin telah menyentuh limit switch. Sinyal-sinyal input ini diproses oleh PLC melalui instruksi-instruksi program PLC (operasi logika). Hasil operasi berupa sinyal output yang akan mengaktifkan mesin press. Mesin akan berhenti bekerja jika S3 ditekan. Gambar 11.7a: menunjukkan rang-kaian kontrol untuk mesin press. Komponen fisik digambarkan dengan simbol.



Gambar 11.9: Gambar Potongan Mesin Press

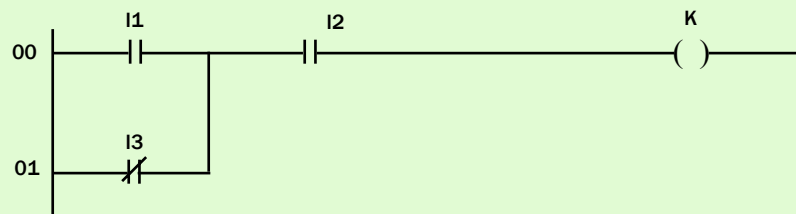


Gambar 11.10a: PLC & Perangkat Antarmuka Kontrol Mesin Press



Gambar 11.10b: Diagram Pengawatan Kontrol Mesin Press

Kontrol Logika pada (Gambar 11.10b) akan mempunyai logika kontrol yang sama dengan Ladder Diagram Gambar 11.10c. Terminasi pada modul-modul input dan output ditandai dengan nomor terminal. Misalnya: saklar-saklar dihubungkan pada terminal 1, 2 dan 3 modul input, kontaktor dihubungkan pada terminal-terminal output. Hal ini menggambarkan bahwa prosesor PLC dan programnya berada di antara modul input dan output.



Gambar 11.10c : Ladder Diagram untuk Kontrol Mesin Press

I1 : Alamat input memori untuk saklar S1
 I2 : Alamat input memori untuk saklar S2
 I3 : Alamat input memori untuk saklar S3
 K : Alamat output untuk Kontaktor. Jika kontaktor aktif, mesin press akan mulai bekerja
 00, 01: nomor rang

Program PLC tsb diatas dalam Ladder Diagram mempunyai 2 rang, dengan instruksi input di sebelah kiri dan instruksi output di sebelah kanan. Instruksi input pada rang 00 dan 02 terdapat alamat data I1, I2 dan I3, sehingga tegangan input terminal 1,2 dan 3 akan menentukan apakah instruksi diteruskan (jika benar) atau tidak diteruskan (jika salah). Kontaktor merupakan internal memory bit yang difungsikan sebagai *internal relay*. Dalam PLC, jumlah *virtual relay* yang digunakan akan sesuai dengan jumlah instruksi untuk alamat *virtual relay*, dan jumlah ini dibatasi oleh ukuran memori PLC.

11.4.2. Diagram Fungsi (Function Block Diagram)

Program PLC seperti Ladder Diagram dapat digambarkan dalam bentuk aliran daya atau aliran sinyal dalam rang, dengan menggunakan blok-blok diagram fungsi logik (Gerbang Logik).

Pada dasarnya terdapat 3 macam blok fungsi logik, yaitu AND, OR dan NOT (INVERSE). Sedangkan fungsi logik lainnya dapat dibangun dengan meng-kombinasikan ketiga fungsi logika dasar tsb.

Tabel 12-4: menunjukkan standar simbol blok fungsi logik dasar dan karakteristik masing-masing fungsi, yang ditunjukkan melalui tabel kebenaran serta ekspresi Aljabar Boolean

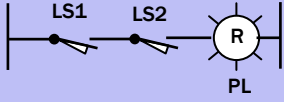
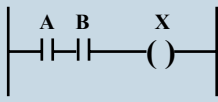
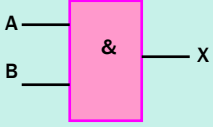
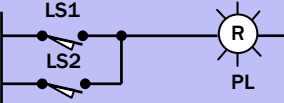
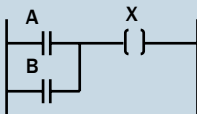
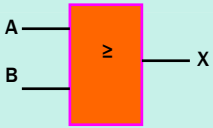
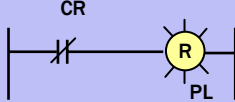
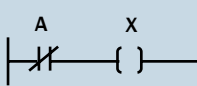
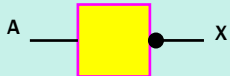
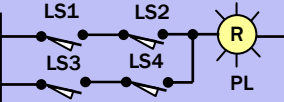
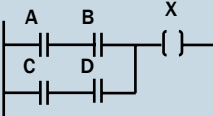
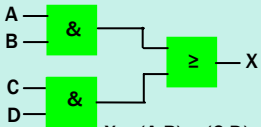
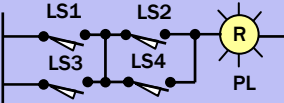
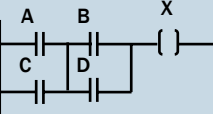
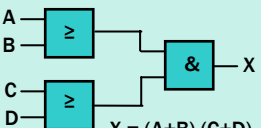
Operasi Dasar dan Gerbang Logik serta Tabel Kebenaran

Logik 1 dapat diartikan sebagai: aktifnya komponen, adanya tegangan atau sinyal pada suatu terminal, aktifnya saklar, berputarnya motor, dsb. Sedangkan Logik 0 dapat diartikan hal yang sebaliknya (Saklar tidak aktif, tidak ada tegangan, motor tidak berputar, dan seterusnya).

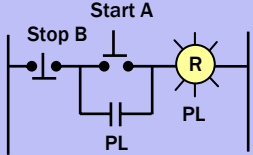
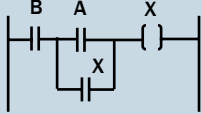
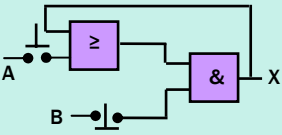
Tabel 11.2a: Dasar-Dasar Gerbang Logika			Tabel 12-2b: Tabel Kebenaran																																														
			<table><tr><th colspan="3">AND</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	AND			A	B	X	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	<table><tr><th colspan="3">OR</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	OR			A	B	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	<table><tr><th colspan="2">NOT</th></tr><tr><th>A</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	NOT		A	X	0	1	1	0
AND																																																	
A	B	X																																															
0	0	0																																															
1	0	0																																															
0	1	0																																															
1	1	1																																															
OR																																																	
A	B	X																																															
0	0	0																																															
1	0	1																																															
0	1	1																																															
1	1	1																																															
NOT																																																	
A	X																																																
0	1																																																
1	0																																																
Simbol Standar DIN 40900-12																																																	
$X = A \cdot B$ $\equiv A \wedge B$	$X = A + B$ $\equiv A \vee B$	$X = \bar{A}$																																															
Simbol Standar Amerika																																																	

Implementasi Gerbang Logik, Diagram Ladder dan Diagram Waktu

Tabel 11.3: Implementasi Gerbang Logik, Diagram Ladder dan Waktu			
Gerbang Logik	Implementasi dalam Rangkaian	Diagram Ladder	Diagram Waktu
AND	Rangkaian seri		
OR	Rangkaian Paralel		
NOT	Rangkaian Inverter		

Tabel 11.4: Rangkaian Relay & Konfigurasi Logik		
Logika AND		
Rangkaian Relay	Ladder Diagram	Gerbang Logik
		 $X = A \cdot B$
Logika OR		
Rangkaian Relay	Ladder Diagram	Gerbang Logik
		 $X = A + B$
Logika NOT		
Rangkaian Relay	Ladder Diagram	Gerbang Logik
		 $X = \bar{A}$
Logika AND/OR		
Rangkaian Relay	Ladder Diagram	Gerbang Logik
		 $X = (A \cdot B) + (C \cdot D)$
Logika OR/AND		
Rangkaian Relay	Ladder Diagram	Gerbang Logik
		 $X = (A + B) (C + D)$

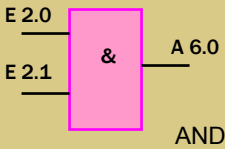
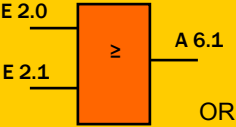
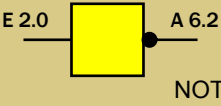
Tabel 11.4: Rangkaian Relay & Konfigurasi Logik

Logika Umpan-balik		
Rangkaian Relay	Ladder Diagram	Gerbang Logik
		

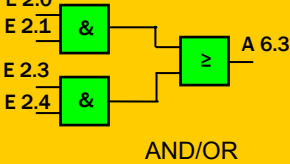
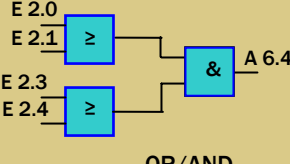
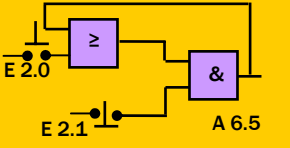
11.4.3. Teks atau Daftar Instruksi

Penulisan program PLC juga dapat dilakukan dengan daftar teks atau notasi. Berikut ini adalah contoh program PLC yang ditulis sesuai dengan Standar DIN EN 61131-3, dan standar Program STEP 5 atau STEP 7, untuk operasi dasar logik.

Tabel 11.5: Simbol & Notasi Teks untuk Pemrograman PLC

Fungsi Logik	Struktur Teks (DIN EN 61131-3)	Struktur Teks (STEP 5 and 7)
 AND	<pre>LD I 2.0 AND I 2.1 ST Q 6.0</pre>	<pre>U E 2.0 U E 2.1 = A 6.0</pre>
 OR	<pre>LD I 2.0 OR I 2.1 ST Q 6.1</pre>	<pre>O E 2.0 O E 2.1 = A 6.1</pre>
 NOT	<pre>LDN I 2.0 ST Q 6.2</pre>	<pre>UN E 2.0 = A 6.2</pre>

Tabel 11.5: Simbol & Notasi Teks untuk Pemrograman PLC

Fungsi Logik	Struktur Teks (DIN EN 61131-3)	Struktur Teks (STEP 5 and 7)
 AND/OR	<pre>LD 2.0 LD 2.1 OR LD 2.3 LD 2.4 ST Q 6.3</pre>	<pre>U E 2.0 U E 2.1 O U E 2.3 U E 2.4 = A 6.3</pre>
 OR/AND	<pre>(OR 2.0 (OR 2.3 OR 2.1 OR 2.4) LD) ST 6.4</pre>	<pre>U (O E 2.3 O E 2.0 O E 2.4 O E 2.1)) = A 6.4 U (</pre>
	<pre>LD 2.1 (OR 2.0 OR 6.5) ST 6.5</pre>	<pre>U E 2.1 (O E 2.0 O A 6.5) = A 6.5</pre>

11.5. Kelistrikan dan Keamanan PLC

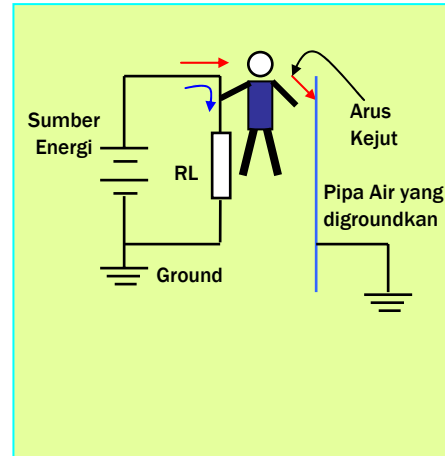
Sangatlah penting untuk memperhatikan masalah kesehatan dan keselamatan terhadap penggunaan sumber energi listrik yang digunakan setiap hari, misalnya catu daya listrik, khususnya yang berkaitan dengan keamanan pemakai dan alat yang dipakai.

Hal terpenting ialah kita harus mengetahui sifat sumber energi itu sendiri dan mengetahui bagaimana cara aman bekerja atau menggunakan energi tersebut, agar kecelakaan atas penggunaan energi listrik dapat dihindari.

Dilihat dari pengaruh listrik terhadap pengguna listrik, terdapat beberapa komponen penting yang berkaitan dengan keamanan penggunaan kelistrikan:

- Kejutan Listrik (*electrical Shock*)
- Sifat Alami dari Kejutan Listrik
- *Safe Electrical Practices*
- Respon to *Shock victim*

Jika arus listrik melewati tubuh, resistansi dalam jaringan otot akan mengubah sebagian besar energi dalam otot menjadi panas. Kejutan listrik DC dapat mengakibatkan kerja otot tidak terkendali. Jika sumber arus berupa arus AC, maka akan mengakibatkan fibrilasi (debar jantung berlebih). Jika arus yang mengalir ke tubuh cukup tinggi (lebih besar dari 50 mA), maka bisa mengakibatkan kematian.



11.5.2. Sifat Dasar dari Kejutan Listrik

Kejutan listrik terjadi jika sebagian dari tubuh menjadi pembawa arus dari rangkaian listrik (Gambar 11.8: Kejutan Listrik). Besarnya arus yang mengalir dalam kondisi kejut tergantung dari resistansi tubuh terhadap sumber listrik.

Hasil penelitian menunjukkan, besarnya resistansi kontak antara bagian tubuh dengan titik kontak rangkaian listrik adalah seperti ditunjukkan pada Tabel : (Resistansi Kontak Bagian Tubuh).

Tabel 11.6: Resistansi Kontak Bagian Tubuh

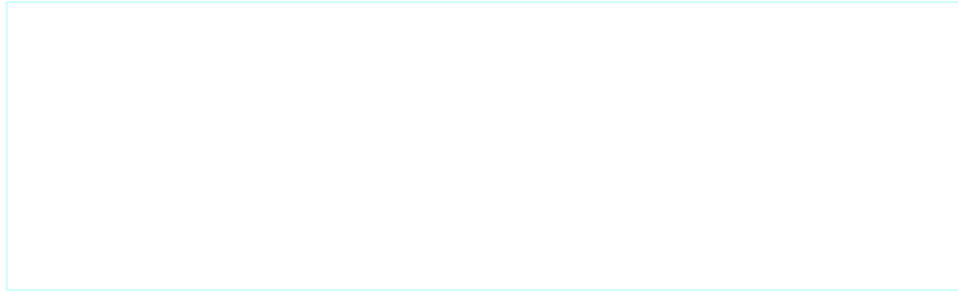
Bagian Tubuh yang kontak & Sumber Listrik	Resistansi Kontak	
	Kering (Ω)	Basah (Ω)
• Tangan atau kaki yang terisolasi dengan karet	20 M (umum)	
• Kaki bersepatu kulit	100 k – 500 k	5 k – 20 k
• Jari kontak dengan kabel listrik	40 k – 1 M	4 k – 15 k
• Kabel yang tergenggam tangan	15 k – 50 k	3 k – 5 k
• Tang logam di tangan	5 k – 10 k	1 k – 3 k
• Telapak tangan	3 k – 8 k	1 k – 2 k
• Pipa 1,5 inc dalam genggam	1 k – 3 k	1 k – 2 k
• Tangan tercelup cairan konduktif		200 – 500
• Kaki tercelup cairan konduktif		100 – 300

11.5.3. Keamanan Listrik dalam Praktik

Sistem yang dikontrol oleh PLC mempunyai berbagai macam sumber daya:

- Sumber tegangan,
- Pemampatan pegas (*compressed spring*),
- Cairan bertekanan tinggi,
- Energi potensial dari berat,
- Energi kimia (yang mudah terbakar dan substansi reaktif),
- Energi nuklir (aktifitas radio).

PLC biasanya bekerja dengan catu daya AC 110V atau 220 V, sedangkan modul-modul output mungkin mempunyai tegangan sumber 5 V – 440 V, serta mempunyai valve sebagai saklar bagi sistem bertekanan udara atau bertekanan cairan sangat tinggi.



11.5.4. Prosedur Keamanan Industri

Sedangkan Keamanan di Industri terutama menggunakan *lock-out / tag-out* ([tanda/tulisan "sedang diperbaiki"](#)), lalu ukur tegangan dengan prosedur sbb:

1. Periksa dan pastikan bahwa meter masih bekerja dengan cara mengukur sumber tegangan yang diketahui.
2. Gunakan meter untuk menguji rangkaian
3. Sekali lagi pastikan bahwa meter masih bekerja dengan cara mengukur sumber tegangan yang diketahui.

11.5.5. Respon pada Korban Kejutan Listrik

Jika seseorang kontak/menyentuh konduktor listrik suatu rangkaian dan tidak dapat melepaskan diri dari rangkaian tsb, maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah melepaskan/memutus sumber daya dari rangkaian secepat mungkin. Lalu panggil tim medis/ambulance untuk menindaklanjuti penanganan kesehatan korban.

PERHATIAN !

Jangan menyentuh korban yang sedang terkena aliran listrik. Matikan sumber listrik secepat mungkin, baru berikan pertolongan darurat kepada korban.

11.2. Modul-modul Input/Output (I/O)

Modul input yang dipasangkan pada PLC berfungsi sebagai antarmuka (*interface*), yaitu bagian yang menjembatani antara besaran fisik yang diukur (panas, tekanan, kuat cahaya, suara, dan sebagainya) dengan prosesor PLC. Modul output yang dipasangkan pada PLC berfungsi sebagai antarmuka antara prosesor PLC dengan aktuator output (mesin, lampu, motor, dan sebagainya).

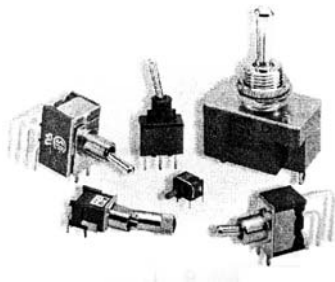
Pengetahuan tentang prinsip kerja dan cara pengawatan (*wiring*) komponen-komponen tersebut pada PLC sangat diperlukan, agar tidak melakukan kesalahan pada saat mengoperasikan dan melakukan pelacakan kerusakan atau kegagalan sistem yang menggunakan komponen-komponen tersebut.

11.6.1. Saklar-saklar Industri

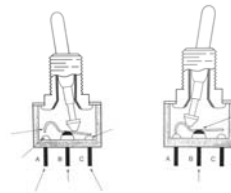
1). SAKLAR MANUAL

Saklar manual yang dipasang pada input PLC berfungsi sebagai penyambung (ON) atau pemutus arus (Off), dimana cara mengoperasikannya ialah dengan memindahkan tuas saklar secara mekanis. Ukuran, bentuk dan cara pemasangannya sangat bervariasi. Saklar yang digunakan sebagai komponen input PLC biasanya berjenis: [Toggle](#), [Push Button](#), [Selektor](#), dan [Push wheel](#).

Saklar Toggle

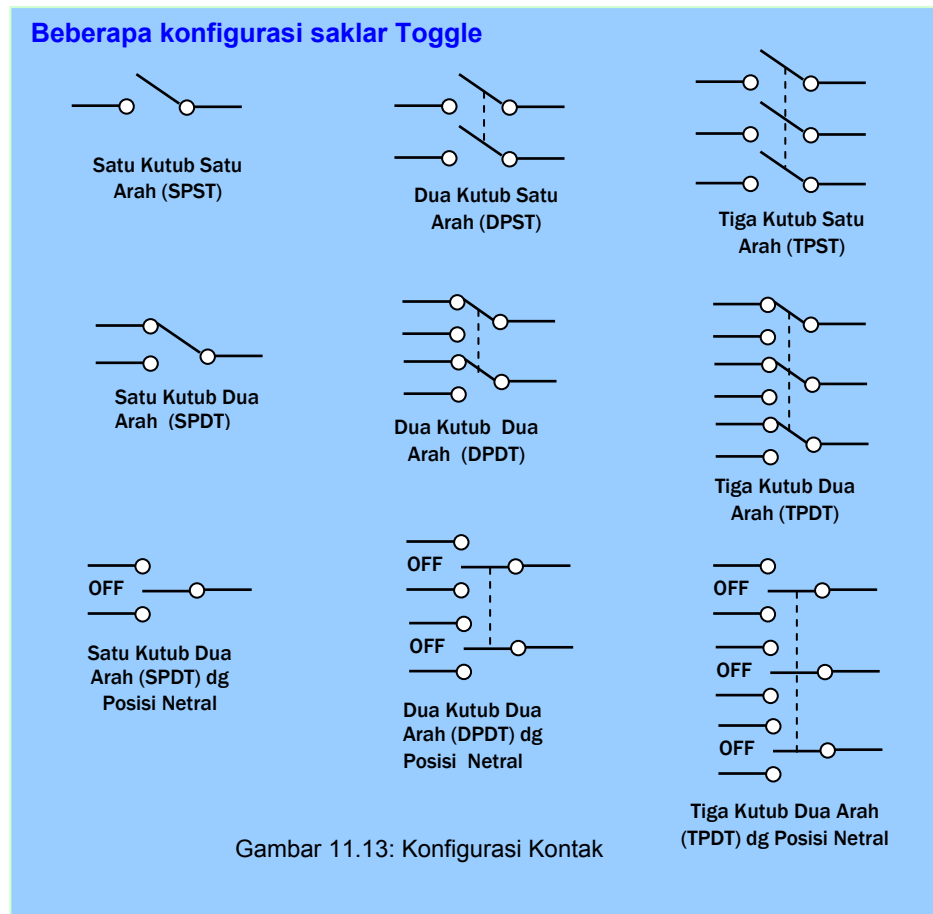


Gambar 11.12a: Saklar Toggle



Gambar 11.12b: Gambar Potongan Saklar Toggle

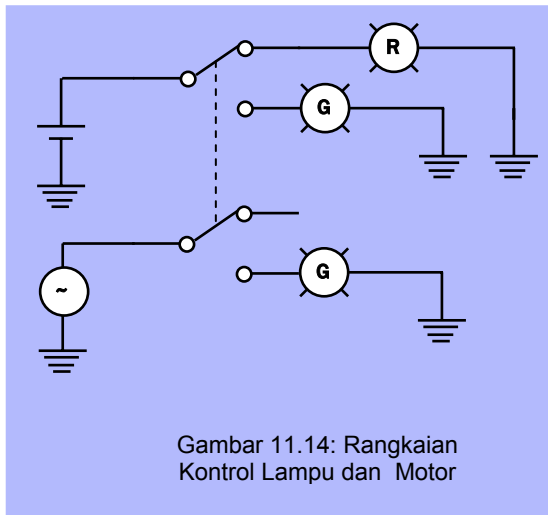
Pole adalah konduktor internal dalam saklar yang dioperasikan dengan cara menggerakkannya secara mekanis. Saklar yang digunakan pada PLC kebanyakan mempunyai satu hingga dua pole



Contoh 11-1: Konfigurasi saklar manakah yang harus dipilih untuk mengontrol sebuah motor startor yang memerlukan catu daya 220 VAC dan dua buah lampu indikator 28 VDC. Lampu merah akan menyala jika motor tidak mendapatkan catu daya dan sebaliknya, lampu hijau akan menyala jika motor mendapat catu daya.

Solusi

Karena dalam waktu yang bersamaan harus ada satu lampu yang menyala, maka dipilih saklar *Double Pole Double Throw (DPDT)*, seperti pada Gambar 11.14.



Saklar Push Button (PB)

Pada umumnya saklar push button adalah tipe saklar NO (Normally Open) yang hanya kontak sesaat saja ketika pertama kali ditekan. Sedangkan untuk mengembalikan ke kondisi NO lagi, maka perlu ditekan sekali lagi.

Terdapat 4 konfigurasi saklar push button: tanpa-pengunci (no guard), pengunci –penuh (full guard), extended guard, dan mushroom button.



Gambar 11.15 : Saklar-saklar Push Button

Saklar Pemilih (Selector Switch, disingkat SS)

Saklar jenis ini pada umumnya tersedia dua, tiga atau empat pilihan posisi, dengan berbagai tipe knop, seperti ditunjukkan pada Gambar 11-16 : Saklar Pemilih (*Selector Switch*)



Gambar 11-16: Saklar Pemilih (*Selector Switch*)

2). SAKLAR MEKANIK

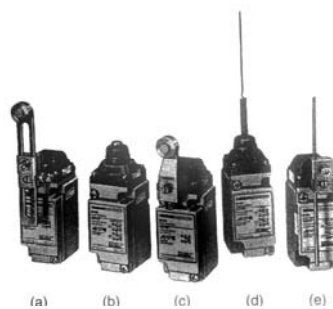
Saklar mekanik akan ON atau OFF secara otomatis oleh sebuah proses perubahan parameter, misalnya posisi, tekanan, atau temperatur. Saklar akan On atau Off jika set titik proses yang ditentukan telah tercapai.

Terdapat beberapa tipe saklar mekanik, antara lain: Limit Switch, Flow Switch, Level Switch, Pressure Switch dan Temperatur Switch

Limit Switch (LS)

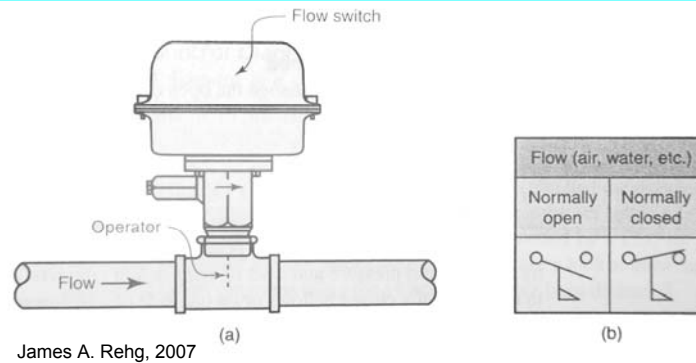
Limit switch termasuk saklar yang banyak digunakan di industri. Pada dasarnya limit switch bekerja berdasarkan sirip saklar yang memutar tuas karena mendapat tekanan plunger atau tripping sirip wobbler.

Konfigurasi yang ada dipasaran adalah: (a).Sirip roller yang bisa diatur, (b) plunger, (c) Sirip roller standar, (d) sirip wobbler, (e) sirip rod yang bisa diatur.



Gambar 11-17: Limit Switch

Flow Switch (FL)

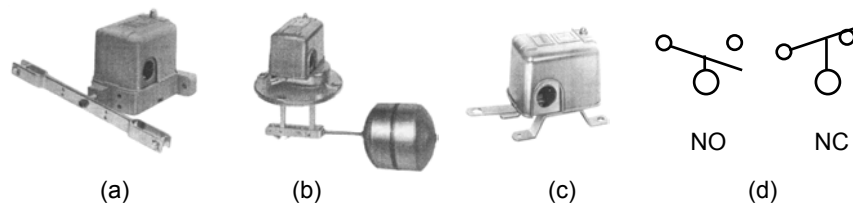


Gambar 11.18 : Flow Switch dalam Aliran zat Cair melalui Pipa

Saklar ini digunakan untuk mendeteksi perubahan aliran cairan atau gas di dalam pipa, tersedia untuk berbagai viskositas. Skema dan simbol dapat dilihat pada Gambar 12- 18. .

Level Switch atau Float Switch (FS)

Saklar level atau float switch, merupakan saklar diskret yang digunakan untuk mengontrol level permukaan cairan di dalam tangki. Posisi level cairan dalam tangki digunakan untuk mentrigger perubahan kontak saklar. Kontak akan tersambung dan terputus dengan cepat membentuk histerisis.



James A. Rehg, 2007

Gambar 11.19(a) & (c): Level Switch atau Float Switch (FS) dengan konfigurasi tangki terbuka terhadap tekanan udara; (b) FS dengan konfigurasi tertutup; (d) simbol rangkaian saklar NO dan NC

Histerisis merupakan pemisah antara titik aktivasi dengan titik deaktivasi saklar. Histerisis digunakan untuk mempertahankan saklar agar tetap pada kondisi ON ketika terjadi kejutan, guncangan, atau perubahan level permukaan cairan, hingga saklar mencapai titik deaktivasinya.

FS tersedia dua konfigurasi, yaitu open tank (Gambar 11.19 a dan c) dan *closed tank* (Gambar 11.19 b). *Open tank* digunakan untuk tanki terbuka sehingga terbuka juga terhadap tekanan atmosfer. Sedangkan *closed tank* digunakan untuk tanki tertutup dan bertekanan.

Saklar Tekanan (Pressure Switch)

Pressure switch merupakan saklar diskrete yang kerjanya tergantung dari tekanan pada perangkat saklar. Tekanan tersebut berasal dari air, udara atau cairan lainnya, misalnya oli.

Terdapat dua macam Pressure Switch: absolut (trigger terjadi pada tekanan tertentu) dan konfigurasi diferensial (trigger terjadi karena perbedaan tekanan).



James A. Rehg, 2007

Gambar 11.20: Saklar Tekanan

Saklar Temperatur (Temperature Switches)

Secara fisik saklar ini terdiri dari dua komponen, yaitu bagian yang bergerak/ bergeser (digerakkan oleh tekanan) dan bagian kontak. Bagian yang bergerak dapat berupa diafragma atau piston. Kontak elektrik biasanya terhubung pada bagian yang bergerak, sehingga jika terjadi pergeseran akan menyebabkan perubahan kondisi (On ke Off atau sebaliknya).

Saklar diskret temperatur biasanya disebut Thermostat, bekerja berdasarkan perubahan temperatur. Perubahan kontak elektrik ditrigger (dipicu) oleh pemuaian cairan yang ada pada *chamber* yang ter-tutup (sealed chamber). *Chamber* ini terdiri dari tabung kapiler dan silinder yang terbuat dari *stainless steel*.



James A. Rehg, 2007

Gambar 11.21: Saklar Temperatur.

Cairan di dalam *chamber* mempunyai koefisiensi temperatur yang tinggi, sehingga jika silinder memanaskan, cairan akan memuai, dan menimbulkan tekanan pada seluruh lapisan penutup *chamber*. Tekanan ini menyebabkan kontak berubah status.

11.6.2. Sensor-sensor Industri

Dalam sebuah sistem otomasi di industri, sensor merupakan alat pengindra seperti mata telinga, hidung, dll. Perangkat-perangkat pengindra dapat dikategorikan menjadi dua: **Perangkat Kontak**: Secara fisik menyentuh parameter yang diukur, dan **Perangkat non-kontak**: Secara fisik tidak menyentuh parameter yang diukur.

1). Proximity Sensor:

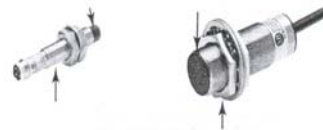
Merupakan Sensor non-kontak, biasa digunakan untuk otomasi proses produksi dalam sistem manufaktur.

Terdapat dua macam Proximity Sensor:

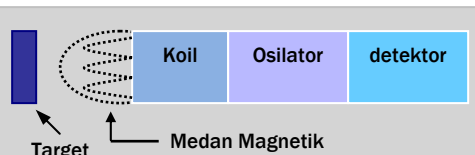
- a) Proximity Sensor Induktif
- b) Proximity Sensor kapasitif

Proximity Sensor Induktif.

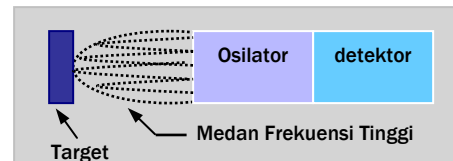
Sensor ini bekerja mengikuti prinsip kerja induktor dan mendeteksi ada atau tidaknya logam, jika logam-logam tersebut berada pada pengaruh medan magnetik yang ditimbulkan oleh koil yang ada pada sensor. Saat bekerja, sensor hanya memerlukan sedikit bahan yang dapat mengalirkan arus.



Gambar 11.22: Proximity Sensor Induktif



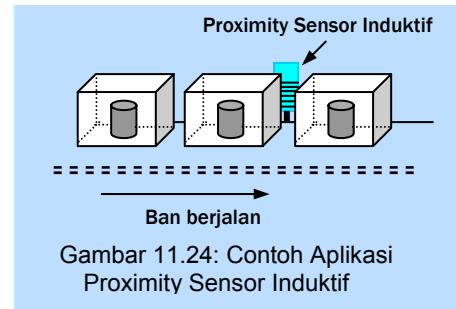
Gambar 11.23a: Blok Diagram Proximity Sensor Induktif



Gambar 11.23b : Pergeseran Target & pengaruhnya terhadap Medan Magnetik

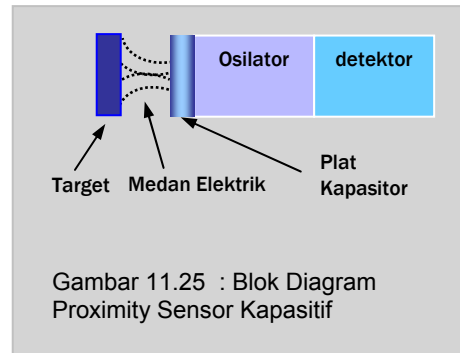
Jika target bergerak memasuki medan frekuensi tinggi, arus Eddy masuk ke bahan target, dan terjadi transfer energi pada target yang mengakibatkan amplitudo osilator drop/turun. Turunnya amplitudo osilator akan dideteksi oleh detektor, sehingga menghasilkan output.

Aplikasi Proximity Sensor Induktif dapat dijumpai pada alat pendeteksi logam untuk benda di dalam tas atau di dalam kemasan tertutup lainnya (dus, kontainer, paket, dsb); pendeteksi tutup botol (yang terbuat dari logam) pada pabrik minuman kemasan botol



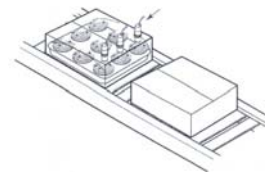
Proximity Sensor Kapasitif

Sensor ini bekerja mengikuti prinsip kerja kapasitansi dan mendeteksi ada atau tidak adanya bagian dari obyek jika logam-logam tersebut berada pada pengaruh medan magnetik yang ditimbulkan oleh lempeng-lempeng kapasitor yang ada pada sensor.



Nilai kapasitif sensor ditentukan oleh ukuran plat-plat pembatas, jarak antar plat dan nilai dielektrik antar plat.

Mengingat sifat kapasitor ini, maka sensor kapasitif dapat digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya benda, baik benda diam maupun bergerak, baik logam maupun non-logam yang mempunyai dielektrik lebih besar dari 1,2. Pada Gambar 11.25: Blok Diagram Proximity Sensor Kapasitif, target berfungsi sebagai plat ke-2.



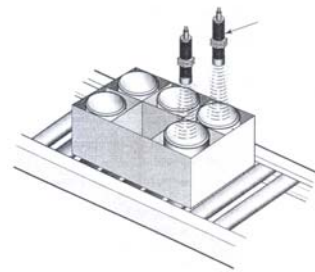
Gambar 11.26: Contoh Aplikasi Proximity Sensor Kapasitif

Plat-1 dan Plat-2 "dihubungkan" oleh elektrostatik yang dibang-kitkan oleh sensor. Jika Target bergerak, maka jarak antara kedua plat akan berubah, sehingga nilai kapasitifnya juga berubah. Proximity Sensor Kapasitif banyak digunakan di industri-industri kemasan. Misalnya digunakan untuk memeriksa produk yang ada di dalam kontainer; aplikasi lain ialah untuk medeteksi level cairan di dalam tangki, dengan memanfaatkan sifat dielektriknya

Proximity Sensor Ultrasonik

Proximity Sensor Ultrasonik bekerja berdasarkan gelombang suara yang dipantulkan oleh obyek yang menjadi target, dengan cara mengukur waktu yang diperlukan gelombang suara tersebut kembali ke sumber suara (sensor). Waktu tsb sebanding dengan jarak atau tinggi target. Kinerja terbaik akan didapat dalam kondisi:

- Target adalah benda padat yang memiliki permukaan datar, rata atau halus, dengan suhu 100°C atau kurang.
- Obyek berada di dalam wilayah kerucut pulsa ultrasonik ≤ 4 derajat dari sumbu, permukaan pantul berada di posisi penerima gelombang pantul



James A. Rehg, 2007

Gambar 11.27: Contoh Aplikasi Sensor Ultrasonik

Sensor Fotoelektrik

Digunakan untuk mendeteksi obyek tanpa menyentuh obyek. Bagian penting senso ini adalah: **Sumber cahaya** dan **penerima cahaya (receiver)**.

Sensor Fotoelektrik bekerja berdasarkan ada atau tidaknya cahaya yang diterima oleh bagian penerima (receiver). Cahaya yang diterima receiver dapat berasal dari sumber cahaya atau pantulan benda yang menjadi obyek pengukuran dan dapat bekerja dari jarak 5 mm hingga 300 m lebih.

Bagian-bagian sensor foto-elektrik:

- **Sumber cahaya:** pembangkit cahaya yang dapat dilihat (visible light)
- **Detektor Cahaya:** mendeteksi cahaya yang jatuh padanya, lalu mengubahnya menjadi arus yang besarnya sebanding dengan kuat cahaya tersebut.

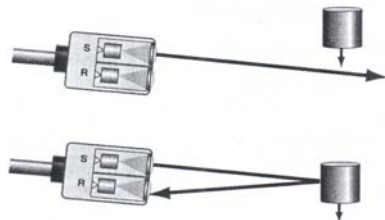
- **Lensa:** untuk memfokuskan cahaya dan menaikkan range
- **Rangkaian Logika:** memodulasi
- sumber cahaya, menguatkan sinyal dari detektor cahaya, memutuskan apakah output sensor berubah atau tidak.
- **Perangkat Output:** dapat berupa transistor, FET, MOSFET, TRIAC atau relay elektromekanis.

Moda Operasi sensor cahaya:

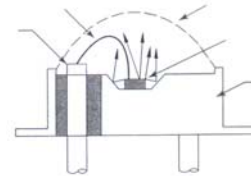
- Pancaran sinar: sumber dan penerima cahayanya terpisah (tidak satu kemasan/ through beam mode)
- Refleksi: sumber dan penerima cahayanya satu kemasan.
- Refleksi terpolarisasi: terdapat filter di depan sumber cahaya, yang berbeda fase 90° terhadap penerima.



Gambar 11.30: Sensor Fotoelektrik retroreflektif

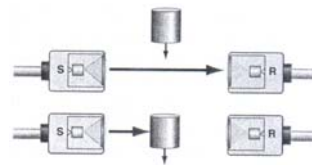


Gambar 12-32: Sensor fotoelektrik terdifusi

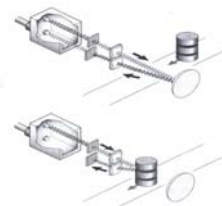


James A. Rehg, 2007

Gambar 11.28: Potongan gambar Foto elektrik



Gambar 11.29: Sensor Fotoelektrik moda *through beam*.

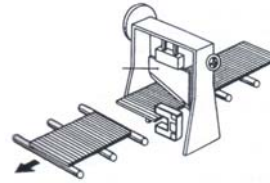


Gambar 11.31: Sensor Fotoelektrik retroreflektif terpolarisasi

James A. Rehg, 2007

- **Sensor Terdifusi** atau proximity foto: mempunyai sumber dan penerima dalam satu kemasan, tetapi menggunakan komponen yang dapat merefleksikan cahaya ke penerima

Salah satu contoh aplikasi sensor fotoelektrik adalah pada mesin pemotong otomatis. Sensor akan mendeteksi pinggiran/ujung bahan untuk mengaktifkan pemotong.

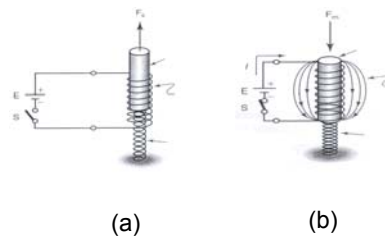


Gambar 11.33: Contoh aplikasi sensor fotoelektrik pada mesin pemotong

11.6.3. Aktuator Elektromagnetik

1). Solenoid DC

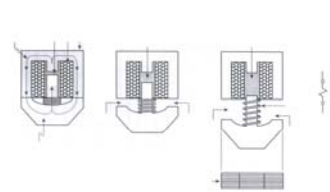
Solenoid DC pada dasarnya terdiri dari koil dari lilitan kawat dan plunger inti besi. Saat S terbuka, inti besi didorong ke atas. Saat S tertutup, arus mengalir pada lilitan, sehingga timbul elektromagnetik dengan arah fluks magnet dari atas ke bawah. Medan magnet akan menarik inti besi ke bawah karena gaya tariknya lebih besar daripada gaya pegas. Besarnya gaya gerak sebanding dengan selisih antara posisi inti saat S terbuka dan posisi inti saat S tertutup



Gambar 11.34: Dasar Solenoid, (a) energi dilepas, (b) saat diisi energi

2). Solenoid AC

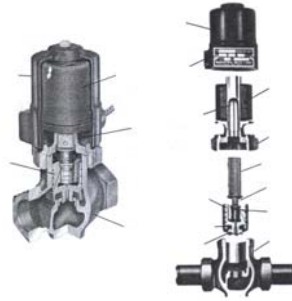
Seperti pada solenoid DC, pada solenoid AC terdapat satu komponen lagi yaitu frame. Saat koil mendapat daya (pengisian energi), armatur akan tertarik pegas hingga menyentuh frame. Saat ini terjadilah aliran fluks magnetik seperti pada Gambar 12-35: Solenoid AC.



Gambar 12-35: Solenoid AC

3). Solenoid Valve

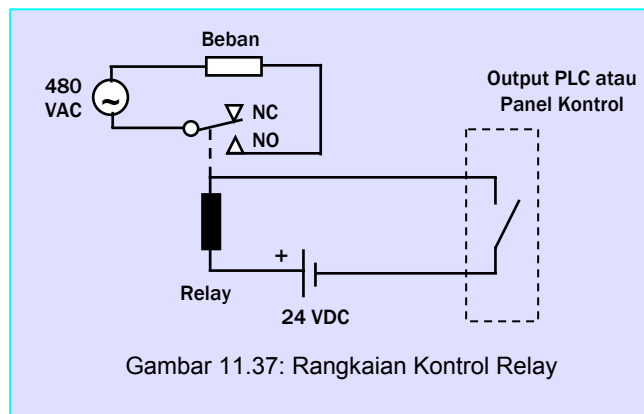
Merupakan perangkat elektromagnetik, yang digunakan untuk mengontrol aliran udara atau zat cair (air, oli cair, gas, pendingin). Prinsip kerjanya sama dengan solenoid lain (DC atau AC). Pegas yang terbungkus plunger akan menekan Pilot valve dan menahannnya di posisi itu, sehingga tidak ada aliran zat cair pada valve body, saat ini solenoid dalam kondisi melepas energi. Ketika koil diisi energi, timbul medan magnet, yang akan menggerakkan *plunger*, pilot valve, dan piston, sehingga memungkinkan terjadi aliran zat cair melalui *valve body*.



Gambar 12-36: Solenoid Valve, (a) gambar potongan, (b) uraian valve

4). Relay Kontrol

Relay ini merupakan gabungan antara elektromagnetik dan solenoid. Fungsi utama relay ini ialah untuk mengontrol arus/tegangan yang besar hanya dengan sinyal listrik yang kecil; sebagai isolasi daya antara obyek dan pengontrol.



Gambar 11.37: Rangkaian Kontrol Relay

PERHATIAN !

Hal yang perlu diperhatikan dalam memilih relay:

- **Rating Kontak:** **Rate tegangan:** adalah tegangan operasi yang dianjurkan untuk koil. Jika terlalu rendah, relay tidak bekerja, jika terlalu tinggi relay terhubung singkat. **Rate arus:** arus maksimum sebelum kontak rusak (meleleh atau terbakar)

- **Konfigurasi Kontak:** **Normally Open (NO):** Relay terbuka jika tidak bekerja; **Normally Closed (NC):** relay tertutup jika tidak bekerja.
- Kontak Holding atau seal-in contact: ialah metode untuk mempertahankan aliran arus sesaat setelah saklar ditekan atau dilepaskan. Dalam diagram ladder digambarkan paralel dengan saklar yang dioperasikan.

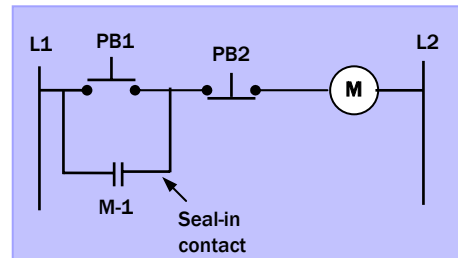
5). Relay Latching

Relay jenis ini akan tetap ON dan atau OFF walaupun catu daya telah dicabut dari koil.

6). Kontaktor

Kontaktor adalah relay yang dirancang untuk saklar arus besar dari tegangan sumber yang besar pula.

Kontaktor mempunyai multikontak sehingga saluran dari sumber fasa tunggal atau sumber fasa-3 dapat dihubungkan ke saklar ini. Kontaktor biasanya mempunyai beberapa saklar tambahan yang disebut *auxiliary contact*, untuk menghubungkan kontaktor dengan tegangan utama. Selain itu, kontaktor juga mempunyai sistem *arc-quenching* untuk menekan arc yang terbentuk jika kontak membawa arus induktif terbuka.



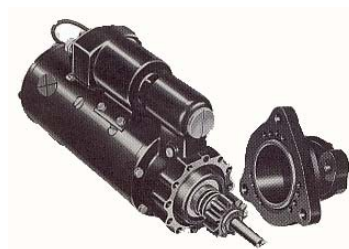
Gambar 11-38: Seal-in Contact



Gambar 11-39: Kontaktor

7). Motor Starter

Pada umumnya sebuah motor starter terdiri dari: blok *overload* atau unit termal, untuk proteksi arus lebih untuk motor yang dilengkapi dengan kontak termal beban lebih. Kontak akan terbuka saat mendeteksi beban lebih.



Gambar 11-40: Motor Starter

11.6. 4. Komponen-komponen Output Visual & Audio

Kenyataannya, PLC juga digunakan untuk meng-on-kan berbagai perangkat audio dan atau visual, seperti lampu pilot, horn atau alarm.



Gambar 11.41. Horn

11.6.5. Tip Pelacakan Kerusakan Perangkat Input / Output

1). Melacak Kerusakan Saklar

Semua saklar mempunyai masalah umum yang sama, yang dibagi menjadi dua grup:

- a) masalah operator (handle, push button, yaitu masalah mekanis)
- b) masalah kontak (selalu terbuka atau selalu tertutup)

Jika masalah sistem ditengarai dari saklar, lakukan prosedur berikut:

- Jika kontak seharusnya terbuka: ukur tegangan yang melalui kontak. Jika besarnya tegangan terukur sama dengan tegangan operasi saklar/kontak, maka saklar dalam keadaan baik. Jika tegangan terukur mendekati nol, maka kontak terhubung singkat.
- Jika kontak seharusnya tertutup: ukur tegangan yang melalui kontak. Jika besarnya tegangan mendekati nol, maka kontak dalam keadaan baik. Jika tegangan terukur sama dengan tegangan operasi kontak, maka kontak terbuka/putus
- Jika resistansi kontak ditengarai rusak, maka lepas resistansi, lalu ukur dengan Ohmmeter.
- Jika saklar tidak terhubung ke kontak, maka tes *jumper* yang menghubungkan kontak
- Jika saklar tidak terbuka, lepas salah satu kawat untuk meyakinkan masalahnya.

2). Melacak Kerusakan Relay

Masalah Relay dapat dibedakan menjadi dua seperti pada saklar: bagian kontak dan bagian operator.

Melacak kerusakan bagian kontak dapat dilakukan prosedur pelacakan saklar. Karena kontak relay bekerja berdasarkan kerja solenoid atau elektromagnetik, maka arus yang tidak sesuai akan menjadi masalah utama. Oleh karena itu, pelacakan bagian operator (koil elektromagnetik) atau solenoid dapat dilakukan dengan mengukur arus yang mengalir pada koil.

- Ukur arus minimum yang mengalir pada kontak. Ini disebut arus pull-in, yaitu arus minimum agar armatur dapat melakukan kontak.
- Setelah armatur terhubung segera ukur arus yang melalui kontak sebelum armatur melewati kondisi normal (arus ini disebut arus drop-out). Arus yang terukur seharusnya lebih kecil dari arus pull-in.
- Arus yang tidak sesuai dengan kondisi operasi mengindikasikan bahwa relay tidak terhubung secara sempurna, sehingga menimbulkan panas pada koil.
- Untuk perangkat yang menggunakan solenoid AC, maka akan dilengkapi dengan satu lilitan koil yang disebut cincin bayangan (shading ring) yang merupakan satu bagian dari armatur magnetik. Cincin bayangan digunakan untuk mengurangi *humming noise* AC solenoid.

3). Melacak Kerusakan Proximity Sensor

Karena karakteristik operasi tiap sensor berbeda, maka yang pertama harus dilakukan adalah mengetahui cara kerja sensor di dalam sistem. Berikut adalah tip melacak kesalahan Proximity Sensor

- Pastikan bahwa sensor bekerja dalam range dayanya, dengan cara melakukan pengukuran perangkat yang terhubung dengan sensor.
- Pastikan bahwa semua setting penguat adalah benar dan periksa semua segel masih baik.
- Pastikan bahwa semua setting saklar benar

Gunakan indikator operasi pada sensor atau penguat sensor untuk memastikan bahwa bagian elektronik sensor masih dalam keadaan baik, dengan cara mengukur output relay atau kondisi kerja transistor. Beberapa perangkat dengan output set NO akan menunjukkan ON jika telah mengindra obyek.

- Sedangkan untuk out dengan setting NC akan mempunyai kondisi sebaliknya.
- Pastikan tidak ada obyek asing yang mempengaruhi kinerja sensor.
- Pastikan bahwa kecepatan bagian yang melalui sensor tidak melebihi respon frekuensi bagian tsb.
- Pastikan bahwa jarak pengindraan tidak berkurang karena kurangnya tegangan catu atau karena perubahan temperatur.

4). Melacak Kerusakan Sensor Fotoelektrik.

- Pastikan bahwa sensor mempunyai daya yang sesuai dengan range-nya, dengan cara melakukan pengukuran pada semua perangkat yang terhubung dengan sensor.
- Pastikan bahwa semua setting penguat adalah benar dan periksa semua segel masih baik.
- Pastikan bahwa semua setting saklar benar
- Gunakan indikator operasi pada sensor atau penguat sensor untuk memastikan bahwa bagian elektronik sensor masih dalam keadaan baik, dengan cara mengukur output relay atau kondisi kerja transistor. Beberapa perangkat dengan output set NO akan menunjukkan ON jika telah mengindra obyek. Sedangkan untuk out dengan setting NC akan mempunyai kondisi sebaliknya.
- Pastikan bahwa lensa bersih dan terbebas dari benda asing
- Pastikan bahwa kecepatan bagian yang melalui sensor tidak melebihi respon frekuensi bagian tsb.
- Pastikan bahwa jarak pengindraan tidak berkurang karena kurangnya tegangan catu atau karena perubahan temperatur.

11.7. Pemeliharaan Perangkat Lunak PLC

Seperti dijelaskan pada awal bab 11, bahwa kerja PLC tergantung dari program yang dibuat melalui instruksi-instruksi. Setiap vendor mempunyai instruksi khusus. Oleh karena itu, pembaca harus mempelajarinya secara khusus. Dalam sub-bab ini akan diberikan petunjuk atau tip-tip pemeliharaan perangkat lunak PLC secara umum dan beberapa contoh kasus untuk memberikan gambaran kepada siswa tentang aplikasi metode pelacakan perangkat lunak PLC.

Pemeliharaan perangkat lunak PLC tidak dapat dipisahkan dari sistem secara keseluruhan, termasuk pemeliharaan perangkat dan modul-modul input serta output yang menjadi bagian dari sistem tsb. Untuk menentukan lokasi kerusakan atau kesalahan harus dilakukan secara terorganisasi dan menyeluruh.

11.7.1. Alat (Tool) untuk Melacak Kerusakan Sistem

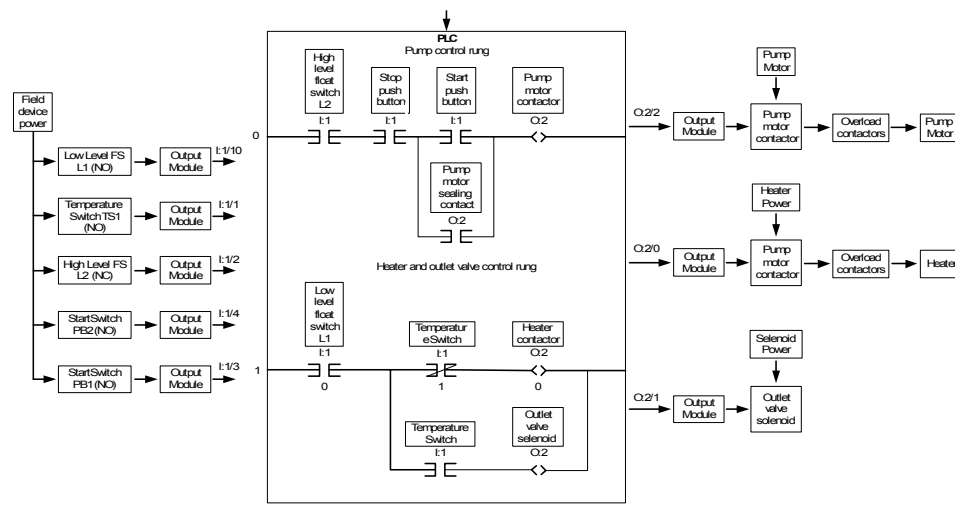
Seperti halnya teknisi motor atau mobil yang memerlukan peralatan untuk melacak kerusakan motor atau mobil, misalnya obeng, kunci dengan berbagai ukuran, berbagai tester, dan sebagainya. Untuk melacak kerusakan Sistem berbasis PLC, khususnya perangkat lunaknya juga diperlukan alat bantu. **Alat bantu** tersebut berupa: Diagram Blok, Pengelompokan (*Bracketing*), dan Analisis Aliran Sinyal.

1). Diagram Blok

Diagram blok adalah satu set kotak yang digunakan untuk menggambarkan bagian dari sistem secara keseluruhan. Setiap perangkat atau fungsi digambarkan dengan sebuah blok, misalnya blok modul input, blok modul output, dst.

Ciri-ciri diagram blok:

- Sistem yang kompleks digambarkan dengan sejumlah kotak sederhana
- Aliran informasi dari kiri ke kanan
- Struktur blok adalah sistem, sub-sistem, dan struktur progra



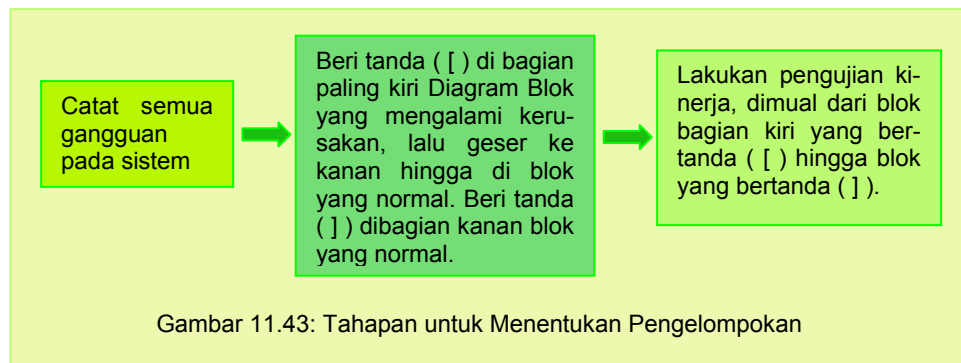
James A. Rehg, 2007

Gambar 11.42 . Contoh Blok Diagram Kontrol Pengisian Tangki, Aliran Sinyal serta Aliran Daya

Diagram Blok suatu sistem biasanya tidak disediakan oleh vendor melainkan dibuat oleh tenaga ahli melalui teknik-teknik penyederhanaan sistem.

2). Pengelompokan (*Bracket*)

Pengelompokan adalah suatu teknik yang menggunakan tanda untuk meng-identifikasi bagian sistem (blok) yang rusak.



Gambar 11.43: Tahapan untuk Menentukan Pengelompokan

3). Aliran Sinyal

Teknik pelacakan dengan aliran sinyal secara umum dibagi menjadi dua:

Aliran Daya: menggambarkan aliran daya dari sumber ke semua komponen sistem

Aliran Informasi: menggambarkan aliran data dari sumber sampai ke bagian akhir.

Grup Aliran Sinyal:

Grup Aliran Daya

Grup Aliran Informasi

Sedangkan pola aliran sinyal pada umumnya mempunyai 5 pola/konfigurasi penyebaran, yaitu Linier, divergen, kon-vergen, umpan-balik atau pensaklaran.

Konfigurasi Aliran Sinyal

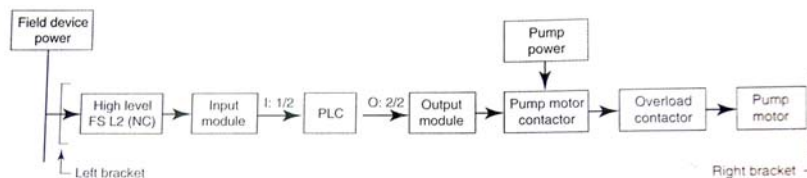
Konfig. Linier

Konfig. Divergen

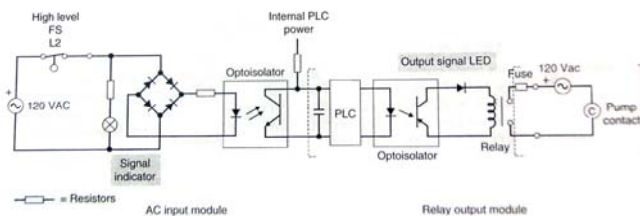
Konfig. Konvergen

Konfig. Umpan-balik

Jalur Pensaklaran

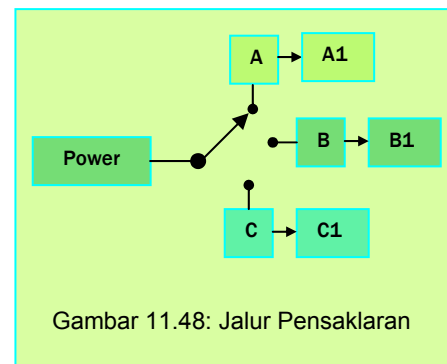
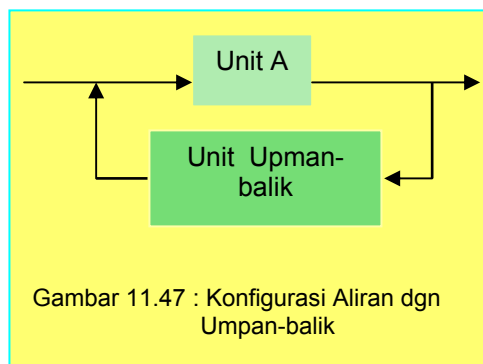
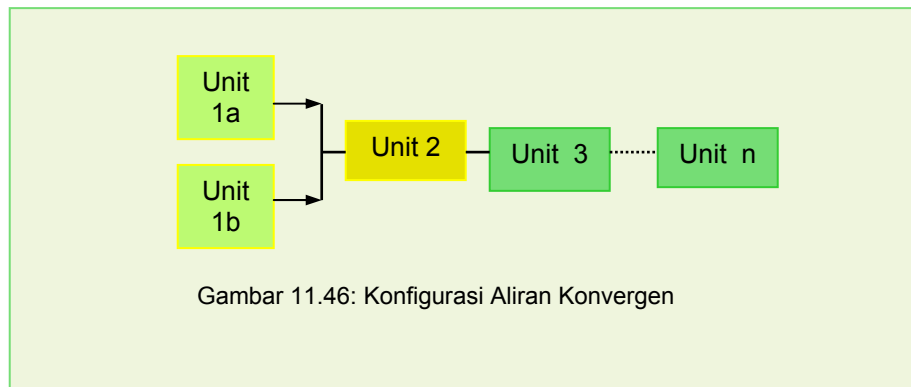
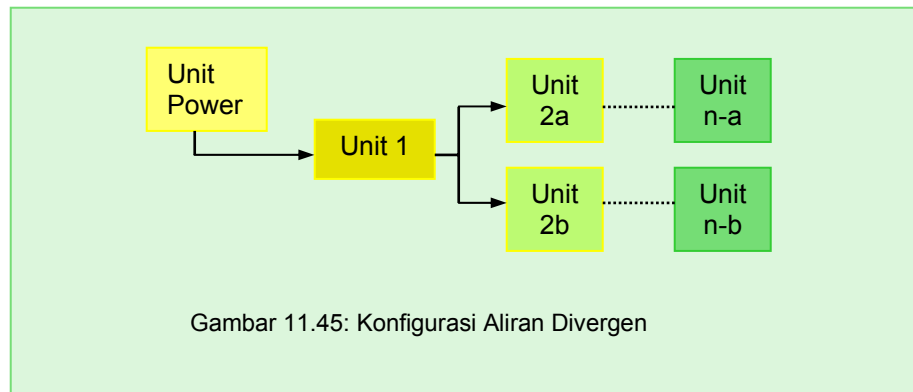


Gambar 11.44a: Aliran Sinyal pada Motor Pompa



Gambar 11.44b :Rangkaian Modul input & Output

James A. Rehg, 2007



Kenyataannya setiap sistem mempunyai konfigurasi kombinasi dari kelima konfigurasi tersebut.

Analisis Aliran Sinyal

Tiap konfigurasi mempunyai aturan untuk mempercepat pencarian kerusakan.

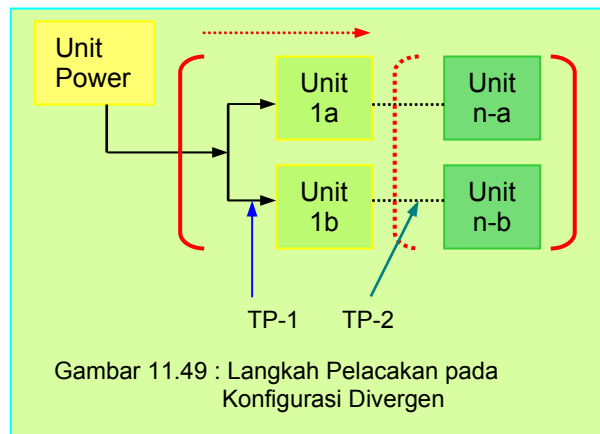
ATURAN LINIER

Jika kelompok kerusakan hampir terjadi pada tiap blok, lakukan pengujian pada bagian sebelum tanda ([) atau sebelum titik tengah area blok. Jika terjadi kesalahan sinyal, pindahkan tanda ([) ke titik tsb. Tetapi jika hasil pengujiannya baik, pindahkan tanda ([) ke blok sebelah kanan tanda tsb.

ATURAN DIVERGEN

Pengujian dimulai dari blok divergen paling kiri (TP-1). Jika daya tersalur dengan baik, ber-arti kerusakan bukan terjadi pada bagian power. Geser ([) satu blok ke kanan. Lakukan peng-ujian sinyal pada TP2.

Jika hasilnya tidak baik (misalnya sinyal tidak ada atau cacat), maka kerusakan terjadi pada unit antara power dan TP-1. Jika hasil pengujian baik, maka geser ([) ke kanan dan lakukan pengujian seperti langkah sebelumnya.



ATURAN KONVERGEN

Aturan Konvergen



1. Jika semua input konvergen diperlukan untuk menghasilkan output yang baik, maka output yang baik menunjukkan bahwa jalur input tidak ada kerusakan/gangguan:

2. Jika hanya satu input konvergen diperlukan untuk menghasilkan output yang baik, maka setiap input harus diperiksa untuk meyakinkan bahwa tidak ada kerusakan.

ATURAN UMPAN-BALIK

Aturan Umpan-balik

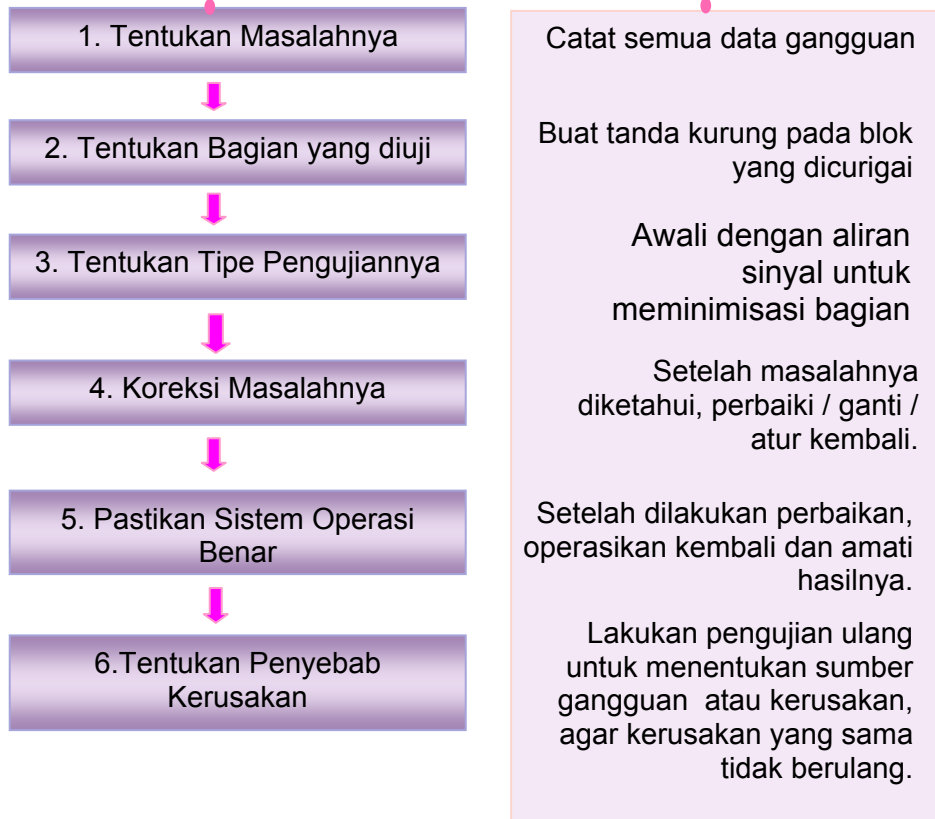
Jika tanda kurung (pengelompokan) terletak di dekat blok sistem umpan-balik, maka buat modifikasi pada jalur umpan-balik. Jika hasilnya normal, maka kerusakan terjadi pada jalur umpan-balik. Jika hasilnya tetap tidak normal, lakukan pengujian dari bagian awal blok sistem.

ATURAN PENSAKLARAN

Aturan Jalur Pensaklaran

Jika tanda kurung terletak di blok-blok yang mempunyai konfigurasi berbeda, ubahlah posisi saklar di bagian yang dicurigai. Jika hasilnya baik, maka kerusakan terletak pada bagian sebelum saklar. Hal ini lebih mudah dilacak kerusakannya.

11.7.2. Urutan Pelacakan Kerusakan:



11.7.3. Pelacakan Kerusakan pada Modul Input

Teknik-teknik pelacakan seperti telah dijelaskan pada bagian 11.3.5 dapat digunakan untuk melacak kerusakan pada perangkat-perangkat input dan output PLC. Modul Input dan Output PLC sendiri pada umumnya telah dilengkapi dengan rangkaian-rangkaian indikator yang akan ON jika ada sinyal. Ini dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi ada atau tidaknya sinyal (karena ada gangguan pada bagian input atau output PLC).

Contoh pelacakan kerusakan untuk kasus Kontrol Tangki Air (Gambar 11.44 (a) dan (b)).

Data sistem kontrol tangki saat ini:

Pompa untuk pengisian tangki tidak bekerja saat push button Start ditekan, sedangkan tangki dalam keadaan kosong. Indikator input-2 ON (saklar NC tertutup) dan ada tegangan pada terminal tsb. Indikator output-2 ON. Logika PLC O:2/2 aktif.

Penyelesaian masalah:

Dari data yang ada menunjukkan bahwa tidak ada masalah dengan saklar NC hingga modul input PLC. Jadi tanda ([) dapat digeser ke input PLC (output dari Modul Input). Bagian inipun juga tidak bermasalah, karena O:2/2 aktif berarti tidak masalah dengan jalur input hingga output PLC. Oleh karena itu, tanda ([) dapat digeser ke kanan Modul Output.. Melihat data pada indikator output PLC, kemungkinan kerusakan terjadi pada rangkaian out put yang menggunakan sekring. Periksa Modul Output yang sekringnya terbakar. Jika tiap port (terminal) menggunakan sekring, modul harus dilepas dan diperiksa bagian output

Setelah output modul dibuka:

Pastikan bahwa sekring rusak. Ganti dengan yang baru, lalu pasang kembali Modul Output dan operasikan. Periksa kembali apakah kondisi sistem telah normal.

Tip Pelacakan yang lebih efektif:

Pindahkan modul output yang rusak ke slot output lain. Operasikan. Jika sistem bekerja dengan baik, ini berarti ada kerusakan pada pengawatan pada slot semula dimana modul berada. Jika sistem tetap tidak bekerja, maka kerusakan benar terjadi pada Modul Output.

11.8. Pemeliharaan Pewaktu (*Timer*)

Di industri, suatu proses produksi seringkali terdiri dari beberapa step atau tahapan yang berurutan, yang dilakukan secara otomatis. Pada prinsipnya urutan tahapan proses tersebut adalah pengaturan waktu kerja suatu bagian sistem. Pengaturan ini dilakukan oleh alat yang disebut Pewaktu (*Timer*).

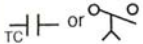
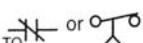
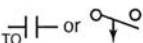
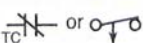
Pengaturan waktu oleh *Timer* dapat dilakukan secara mekanik, elektronik atau dengan instruksi-instruksi program dalam PLC.

11.8.1. Pewaktu (*Timer*) Relay Mekanik

Pengaturan waktu secara mekanik dapat dilakukan secara tetap atau variabel, tergantung gerakan kontak ketika koil diberi energi, melepaskan energi atau keduanya. Dalam diagram ladder, pewaktu ini disebut sebagai *timing relay*.

Timing relay mekanik menggunakan pneumatik untuk menunda waktu dengan cara mengontrol tekanan udara suatu lubang (*orifice*) selama tabung akumulator (*bellow*) mengembang atau mengempis. Penundaan waktu dilakukan dengan meng-set posisi jarum valve untuk mengubah besarnya gesekan *orifice*.

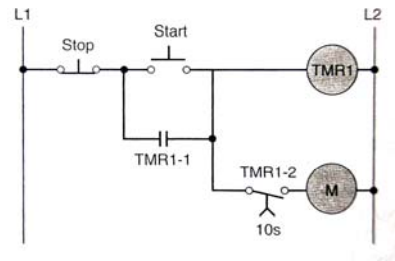
Relay pewaktu pneumatik ini memberikan pilihan waktu tunda ON atau OFF antara 0.05 detik hingga 180 detik, dengan akurasi $\pm 10\%$ dari set waktu keseluruhan. Setting ini sering bergeser, maka harus dilakukan pengesetan lagi secara periodik. Relay ini juga tersedia untuk tegangan AC dan DC, dengan arus antara 6-12 ampere dan tegangan antara 120-600 volt.

Description	Control	International/British	Electronic
Normally open timed closed NOTC (a)			
Normally closed timed open NCTO (b)			
Normally open timed open NOTO (c)			
Normally closed timed closed NCTC (d)			

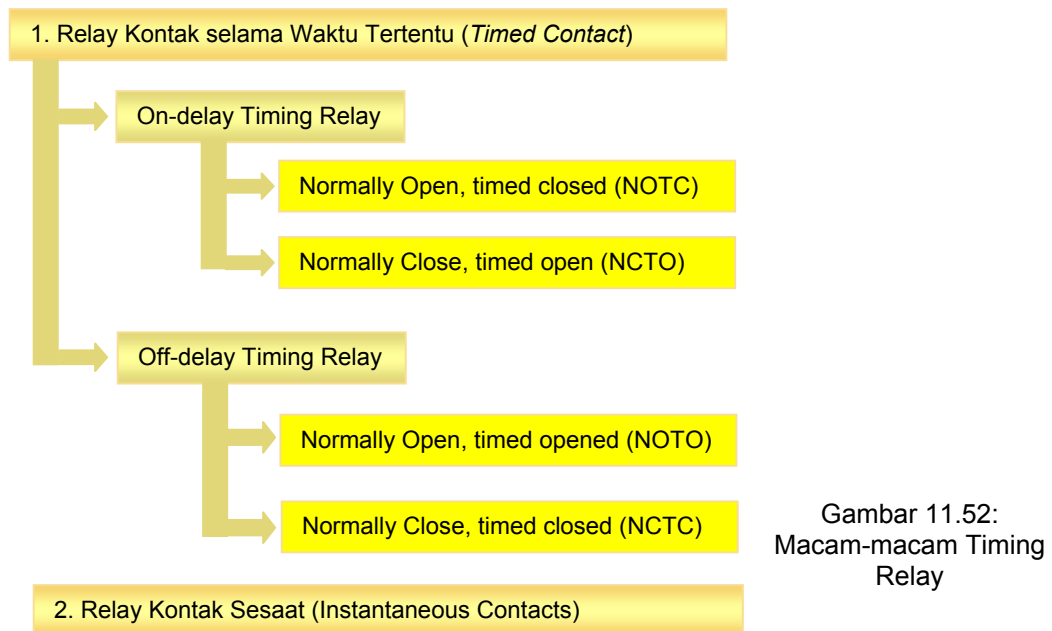
Gambar 11.50 : Simbol Rangkaian untuk Relay

Contoh kasus: Sebuah sistem menggunakan motor yang harus mulai bekerja 10 detik setelah tombol Push Button START ditekan, dan akan berhenti jika tombol Push Button untuk STOP ditekan. Diagram Ladder untuk pengaturan kerja motor ini ditunjukkan pada Gambar 11-48. TMR1-1 adalah Push Button (PB) yang akan terhubung (kontak/ON) dalam waktu sesaat saja; TMR1-2 adalah kontak yang telah diprogram untuk ON beberapa waktu kemudian setelah tombol Start ditekan. Dalam kasus ini tombol tsb diprogram untuk mulai ON 10 detik setelah PB Start ditekan.

Relay penunda waktu kontak tersedia dalam berbagai moda, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.49 berikut ini. Pada dasarnya terdapat relay yang hanya kontak sesaat saja, dan ada juga relay akan bekerja (ON/OFF) selama waktu tertentu



Gambar 11.51: Diagram Ladder Relay untuk kasus pengaturan kerja motor.



Gambar 11.52: Macam-macam Timing Relay

1) Timed Contact

On-delay Timing Relay

Normally Open, Timed Closed (NOTC).

Setelah koil dari relay diberi catu, kontak NO masih tetap terbuka hingga beberapa waktu tertentu, misalnya 5 detik. Setelah 5 detik, kontak akan otomatis berubah status dari terbuka (off) menjadi tertutup (on) dan akan tetap tertutup selama relay mendapat catu daya. Jika catu daya diputus, maka relay akan kembali terbuka.

Normally Closed, Timed Open (NOTO).

Setelah koil dari relay diberi catu, kontak NC masih tetap tertutup hingga beberapa waktu tertentu, misalnya 5 detik. Setelah 5 detik, kontak akan otomatis berubah status dari tertutup (off) menjadi terbuka (on) dan akan tetap terbuka selama relay mendapat catu daya. Jika catu daya diputus, maka relay akan kembali tertutup.

Off-delay Timing Relay

Normally Open, Timed Open (NOTO).

Setelah koil dari relay diberi catu, kontak NO akan berubah status menjadi tertutup dan akan tetap tertutup selama koil diberi catu. Saat catu daya diputus, kontak akan tetap tertutup hingga beberapa waktu tertentu, misalnya 5 detik. Setelah 5 detik, kontak akan otomatis berubah status dari tertutup menjadi terbuka.

Normally Closed, Timed Close (NOTO).

Setelah koil dari relay diberi catu, kontak NC akan berubah status menjadi terbuka dan akan tetap terbuka selama koil diberi catu. Saat catu daya diputus, kontak akan tetap terbuka hingga beberapa waktu tertentu, misalnya 5 detik. Setelah 5 detik, kontak akan otomatis berubah status dari terbuka menjadi tertutup.

2) Relay Kontak Sesaat

Relay jenis ini bekerja tidak tergantung pada proses waktu seperti kontak pewaktu (timing Contact). Jika koil diberi energi, maka kontak akan berubah status (misalnya dari Off menjadi ON) , dan jika catu daya diputus, maka kontak akan kembali ke kondisi semula (Off).

Tip memilih Timing Relay

- Sesuaikan dengan waktu penundaan yang diperlukan
- Pilih relay dengan rentang waktu tunda sesuai dengan yang diperlukan mesin atau proses
- Jika perlu pilih relay yang dapat diatur waktu tundanya untuk sesuai dengan proses industri yang diperlukan
- Pilih relay yang dapat diset ulang waktu tundanya
- Untuk kebutuhan kontrol, pilih rating arus, konfigurasi relay dan jumlah kontak waktu yang sesuai

11.8.2. Relay Pewaktu (Timer) Elektronik

Relay Pewaktu Elektronik lebih akurat dan dapat diulang kerjanya lebih cepat dibandingkan dengan relay pewaktu pneumatik, harganya juga lebih murah.

Pada umumnya pewaktu elektronik memerlukan catu 24 hingga 48 VDC atau untuk jenis AC memerlukan catu 24 hingga 240 VAC.

Relay elektronik terbuat dari bahan semi-konduktor dan dapat diatur waktu pensaklaran dari 0.05 detik hingga 60 jam dengan tingkat akurasi 5%, dan reliabilitas 0.2%.



Gambar 11.53: Timer Elektronik

Sedangkan relay multifungsi elektronik dasarnya adalah relay yang dikontrol dengan mikroprosesor, yang dapat menghasilkan fungsi pewaktu 10 fungsi atau bahkan lebih banyak, dengan variasi pilihan on-delay atau off-delay lebih banyak, serta beberapa pilihan pulsa pada outputnya.

11.8.3. Instruksi-instruksi Pewaktu (Timer) pada

Instruksi Timer (pewaktu) pada PLC dapat berfungsi sebagai penunda waktu, baik on-delay maupun off-delay seperti pada pewaktu mekanik atau pneumatik. Terdapat beberapa kelebihan Instruksi Timer PLC dibandingkan dengan Timer Mekanik. Kelebihan tsb antara lain:

Kelebihan Timer PLC dibandingkan dengan Timer Mekanik atau Pneumatik:

Waktu penundaan dapat diubah dengan mudah melalui program, tanpa harus mengubah pengawatannya; akurasi lebih tinggi dibandingkan pewaktu mekanik/pneumatik, karena penundaan waktu dapat dibangkitkan dari prosesor PLC sendiri.

Akurasi dari waktu tunda akan terpengaruh jika program terdiri dari banyak rang, sehingga waktu pemindaian nya memerlukan waktu relatif lama.

Instruksi penundaan waktu ini harus dipelajari secara khusus, karena setiap vendor mempunyai gramatik instruksi yang berbeda.

Dimungkinkan untuk membuat **Timer Bertingkat** (Cascade Timer), yaitu sebuah Timer bekerja jika mendapat pemicu (trigger) dari Timer sebelumnya. Timer bertingkat diperlukan jika waktu tunda yang diperlukan melebihi kemampuan waktu yang telah disediakan oleh sebuah Timer.

11.8.4. Melacak Gangguan Rang Ladder dengan Timer.

Beberapa petunjuk dan prosedur sistematis untuk pelacakan kerusakan sistem PLC seperti dijelaskan pada bab sebelumnya dapat digunakan.

Pelacakan juga dapat dilakukan melalui instruksi PLC. Setiap vendor biasanya menyediakan fasilitas ini.

Berikut ini akan dijelaskan cara melacak kerusakan Timer pada diagram ladder dengan menggunakan instruksi Temporary End.

1). Melacak kerusakan Timer pada Diagram Ladder

Kesulitan utama dalam melacak program timer dalam diagram ladder adalah untuk meyakinkan bahwa timer itu yang terganggu, karena eksekusi selalu terjadi sangat cepat sehingga sulit diamati. Beberapa tip berikut dapat digunakan untuk mengatasinya:

- Lakukan pengujian dimulai dari urutan pertama, lalu tambahkan sebuah timer pada urutan berikutnya. Demikian seterusnya sampai seluruh urutan selesai dioperasikan.
- Jika waktu preset terlalu kecil, naikkan semua waktu dengan kenaikan yang sama, lalu lakukan pengujian

2) Instruksi Temporary End (TND)

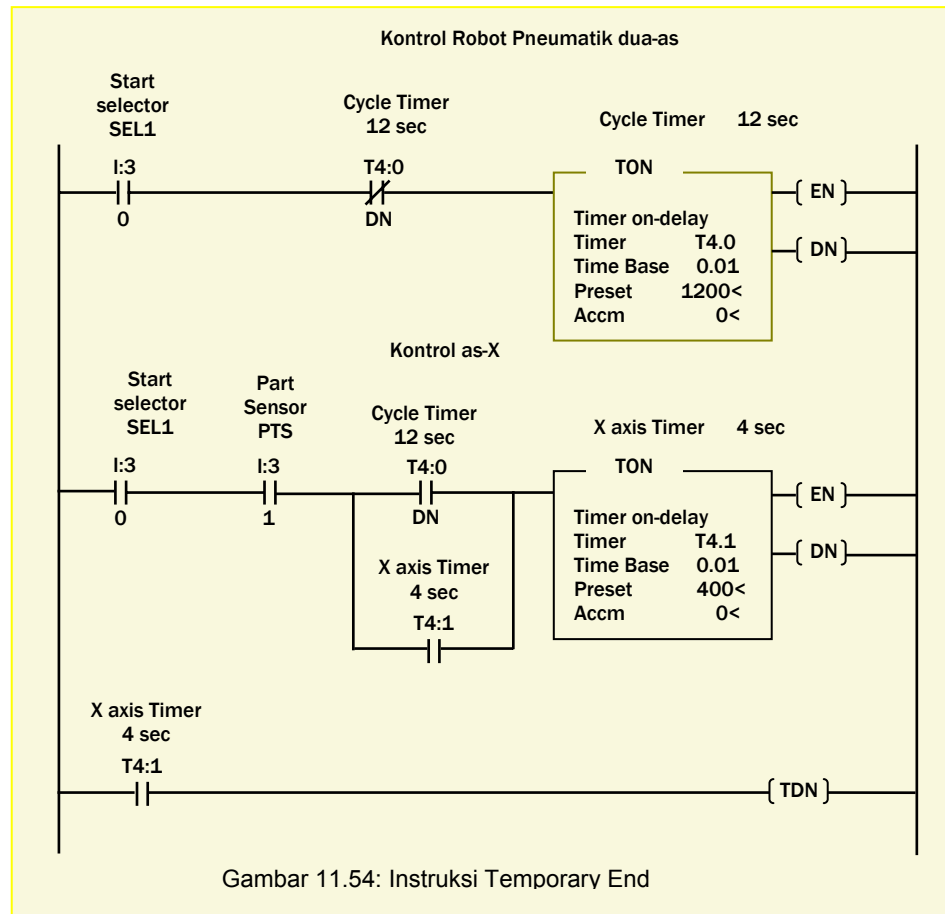
instruksi ini sangat berguna untuk melacak beberapa program PLC, khususnya program Timer. Instruksi TND merupakan sebuah instruksi output. Berikut ini adalah salah satu penggunaan instruksi TND untuk melacak kerusakan pada kontrol robot pneumatik dua-as (dua sumbu).

Instruksi TDN adalah sebuah instruksi output, yang ditempatkan di output rang, digunakan untuk men-debug sebuah program. Jika logik sebelumnya benar, maka TDN menghentikan kerja prosesor dalam memindai file sisa program yang sedang diuji, lalu meng-update I/O dan memulai memindai program utama dari rang ke 0. Jika instruksi rTDN rang salah, maka prosesor akan terus memindai hingga instruksi TDN berikutnya atau hingga terdapat instruksi END.

11.9. Pemeliharaan Pencacah (*Counter*)

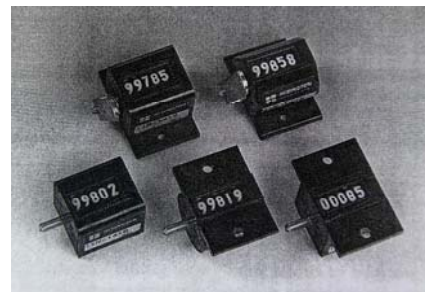
11.9.1. Jenis Pencacah

Pencacah (counter) adalah alat yang digunakan untuk menghitung obyek pengamatan secara berurutan, baikurut naik (up-counter) maupunurut turun (down-counter). Di lapangan tersedia pencacah mekanik maupun elektronik.



1). Pencacah Mekanik

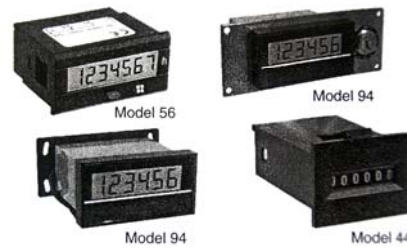
Gambar 12-52: Pencacah Mekanik, menggunakan tangkai putaran untuk menaikkan atau menurunkan jumlah putaran, yang hasilnya dapat ditampilkan. Banyak pencacah yang dilengkapi dengan tombol Reset untuk meng-nol-kan kembali perhitungan.



Gambar 11.55: Pencacah Mekanik

2). Pencacah Elektronik

Gambar 12-53: adalah salah satu pencacah elektronik. Seperti halnya pen-cacah mekanik. Pencacah elektronik juga dapat digunakan untuk meng-hitung naik atau menghitung turun. Pencacah elektronik biasanya dilengkapi dengan tampilan LCD dan tombol reset.



Gambar 11.56: Pencacah elektronik

11.9.2. Pemeliharaan Pencacah dari Diagram Ladder

TIP pemeliharaan Pencacah

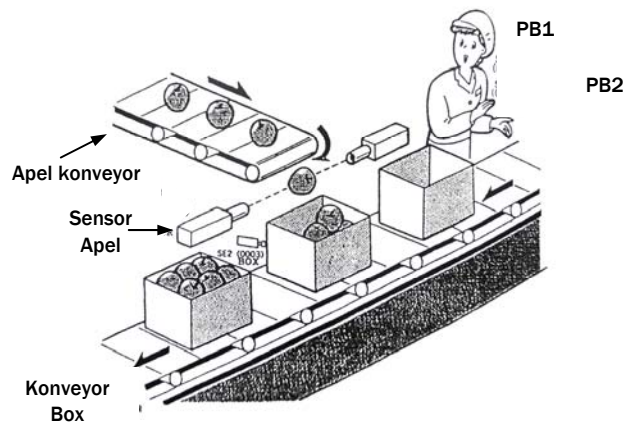
- Ujilah pencacah secara berurutan dimulai dari yang pertama, lalu tambahkan sebuah pencacah hingga semua urutan telah dioperasikan., seperti dijelaskan pada bagian 12.5.4 buku ini.
- Jika terdapat instruksi Reset, maka tentukan semua bit pencacah yang diperlukan pada proses eksekusi sebelum pencacah di reset.
- Gunakan instruksi SUS untuk meyakinkan status semua register dan bit pada titik kritis dalam diagram ladder.
- Jika hitungan tidak konsisten, bahwa periode transisi logik pencacah tidak lebih kecil dari waktu pindai (*scan time*).
- Hati-hati jika menggunakan pencacah untuk meng-update bit memori internal PLC dan fungsi-fungsi proses dalam PLC, karena waktu pindai dan waktu update internal biasanya lebih cepat daripada prosesnya.

1). Instruksi Suspend

Instruksi SUS digunakan untuk mengidentifikasi dan menangkap kondisi khusus selama dilakukan pemeliharaan sistem dan debugging program. Sebuah program dapat mempunyai beberapa instruksi suspend, masing-masing dikontrol oleh sebuah alamat instruksi input yang berbeda.

2). Kecepatan Proses dan Waktu Pindai (Scan Time)

Masalah akan selalu muncul jika pencacahan digunakan untuk proses perhitungan di dalam PLC, karena waktu pindai relatif lebih cepat dibandingkan dengan proses perhitungan obyek yang dikontrol. Misalnya pada mesin kontrol pengepakan buah apel. Jumlah apel yang masuk ke box tidak sama dengan nilai pencacah yang ada pada layar monitor. Saat apel ke 10 telah mencapai sensor-2, seharusnya sensor mengaktifkan pencacah (menaikkan hitungan dari 9 ke 10). Tetapi karena respon sensor lebih lambat dari waktu pindai pencacah, maka apel yang lewat tidak terhitung. Hal ini akan menyebabkan kesalahan perhitungan



Gambar 11.57: Mesin Pengepakan Apel

Cara kerja mesin dalam keadaan normal:

Jika PB1 ditekan, konveyor akan bergerak. Jika box melewati detektor box, maka konveyor akan berhenti dan konveyor apel bergerak. Saat itu pencacah apel mulai bekerja. Jika hitungan telah mencapai 10, maka konveyor apel akan berhenti dan konveyor box akan bergerak lagi. Pencacah akan reset dan operasi mesin ini akan berulang lagi. Begitu seterusnya sampai PB2 ditekan untuk mengakhiri proses pengepakan otomatis ini.

11.9. Pemeliharaan Instruksi Aritmatik

Kesulitan program dengan instruksi matematik pada umumnya ialah eksekusi rate yang tinggi dengan multi instruksi. Sedangkan masalah utama dalam pemeliharaan rang instruksi matematik ialah dalam menentukan sumber masalahnya itu sendiri, apakah dari dalam program atau dari data yang dimasukkan ke dalam instruksi matematik.

Instruksi *Move* juga dapat menimbulkan masalah operasional. Jika suatu bagian dari ladder yang melibatkan instruksi *Move* tidak bekerja dengan baik, maka petunjuk berikut ini dapat digunakan untuk melacak kesalahan tsb selama ada instruksi matematik.

Petunjuk Pemeliharaan

- Jika rang PLC dengan instruksi matematik tidak menghasilkan operasi yang benar, maka langkah pertama adalah memeriksa data dari proses melalui dialog box. Periksa data dari tabel input, integer dan floating point. (Setiap vendor memiliki format dialog yang berbeda). Periksa nilai yang ada di dalam register, yang dapat ditampilkan dalam format biner, oktal, hexa atau desimal, tergantung dari tipe data yang ada.
- Periksa status bit aritmatik, untuk menentukan apakah dalam keadaan overflow atau ada data yang dibagi dengan bilangan nol.
- Lakukan pengujian secara berurutan, satu rang setiap kali pengujian untuk meyakinkan bahwa setiap rang beroperasi dengan baik. Instruksi TDN dan SUS dapat digunakan. Ikuti petunjuk menggunakannya seperti telah dijelaskan pada bagian sebelumnya.
- Hati-hati dengan kondisi dimana nilai hitungan matematik digunakan untuk meng-update bit memori internal PLC dan menyebabkan suatu instruksi dieksekusi. Hal ini disebabkan oleh waktu pindai waktu up-date data internal jauh lebih cepat dibandingkan dengan proses pengolahan data eksternal.

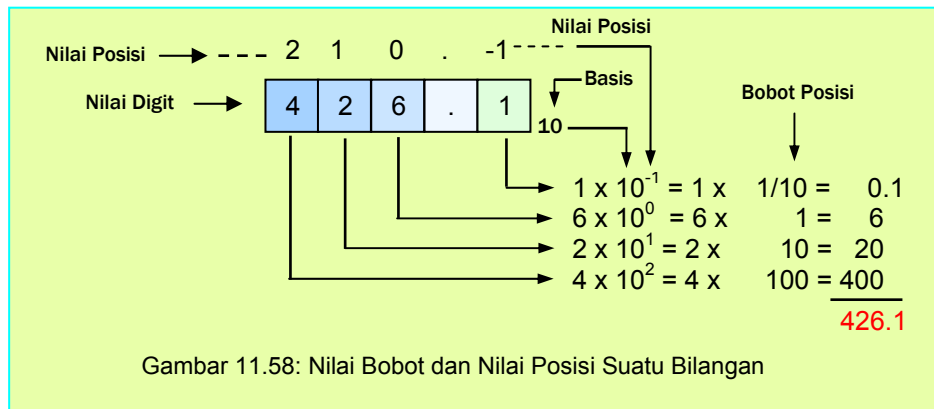
11.10. Pemeliharaan Instruksi COMPARASON dan CONVERSION

Dalam industri otomasi manufaktur, nilai bilangan sering digunakan sebagai salah satu parameter masukan atau nilai yang perlu ditampilkan melalui monitor atau perangkat tampilan lainnya.

Nilai suatu bilangan dapat dituliskan atau ditampilkan sesuai dengan sistem bilangan yang digunakan. Di dalam sistem otomasi terdapat 4 sistem bilangan diluar sistem yang biasa kita pakai (desimal), yaitu: **biner, oktal, binary code decimal (BCD) dan hexadecimal.**

11.10.1. Dasar Sistem Bilangan

Semua sistem bilangan mempunyai bilangan dasar (basis). Sistem desimal mempunyai basis 10, ini berarti terdapat 10 simbol (0 hingga 9) yang digunakan untuk menunjukkan angka desimal. Nilai bilangan ditentukan oleh posisi digit dalam bilangan. Pada bilangan bulat, posisi paling kanan mempunyai bobot paling rendah (disebut LSB List Significant Bit), dan posisi paling kanan disebut MSB (Most Significant Bit). Secara lengkap posisi dan bobot bilangan dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 11.58: Nilai Bobot dan Nilai Posisi Suatu Bilangan

11.10.2. Sistem Bilangan Biner

PLC dan Komputer membuat keputusan logika dan membentuk perhitungan matematis dengan menggunakan rangkaian elektronik. Rangkaian elektronik yang digunakan bekerja berdasarkan dua kondisi, ON atau OFF. Ini dapat dianalogikan dengan sistem bilangan yang digunakan dalam sistem elektronik, yaitu 0 dan 1, yang disebut Sistem Biner (sistem bilangan berbasis 2). Tabel 12- : menunjukkan perbandingan sistem biner dan sistem desimal. Cara memberi bobot dan nilai dalam sistem biner identik dengan sistem desimal. Nilai bobot ditentukan oleh posisi digit.

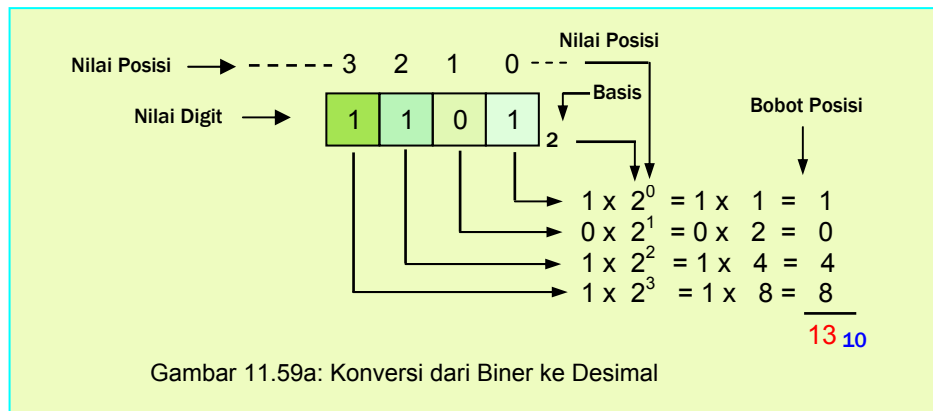
Tabel 12-6 : Perbandingan Bilangan Biner, Desimal dan Oktal

Desimal	Biner								Oktal
1	0	5	4	3	2	1	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	2	0	0	0	0	1	0	0	2
0	3	0	0	0	0	1	1	0	3
0	4	0	0	0	1	0	0	0	4
0	5	0	0	0	1	0	1	0	5
0	6	0	0	0	1	1	0	0	6
0	7	0	0	0	1	1	1	0	7
0	8	0	0	1	0	0	0	1	0
0	9	0	0	1	0	0	1	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	1	2
1	1	0	0	1	0	1	1	1	3
1	2	0	0	1	1	0	0	1	4
1	3	0	0	1	1	0	1	1	5
1	4	0	0	1	1	1	0	1	6
1	5	0	0	1	1	1	1	1	7
1	6	0	1	0	0	0	0	2	0
1	7	0	1	0	0	0	1	2	1
1	8	0	1	0	0	1	0	2	2

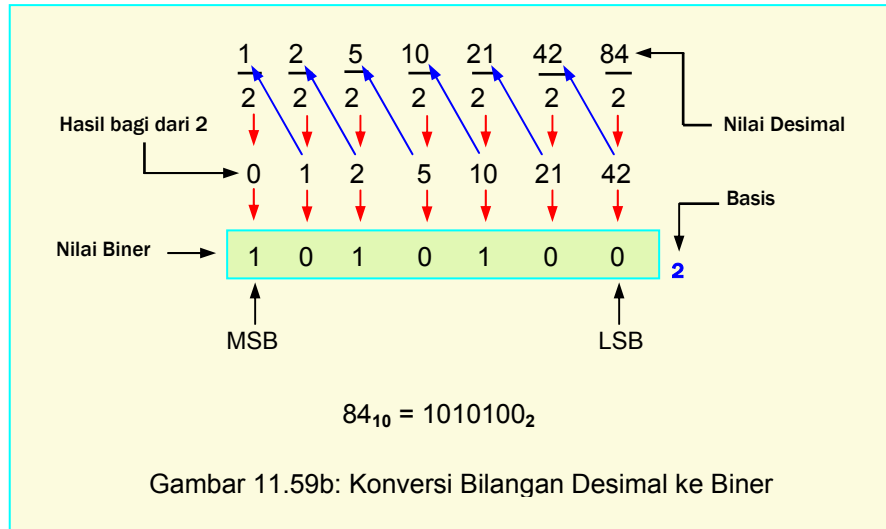
Diagram: Basis (vertical arrow) and Nilai Posisi (horizontal arrow) pointing to the first column of the table.

Konversi Bilangan.

PLC bekerja dalam biner sedangkan kita pada umumnya bekerja dengan sistem bilangan desimal. Oleh karena itu pengetahuan tentang konversi bilangan sangat penting. Proses konversi bilangan dapat dilihat pada gambar 12-56 hingga 12-58. Suatu sistem bilangan dapat dikonversi dari satu basis ke basis lainnya, misalnya dari biner ke desimal, seperti ditunjukkan pada Gambar 12-56a, atau sebaliknya.

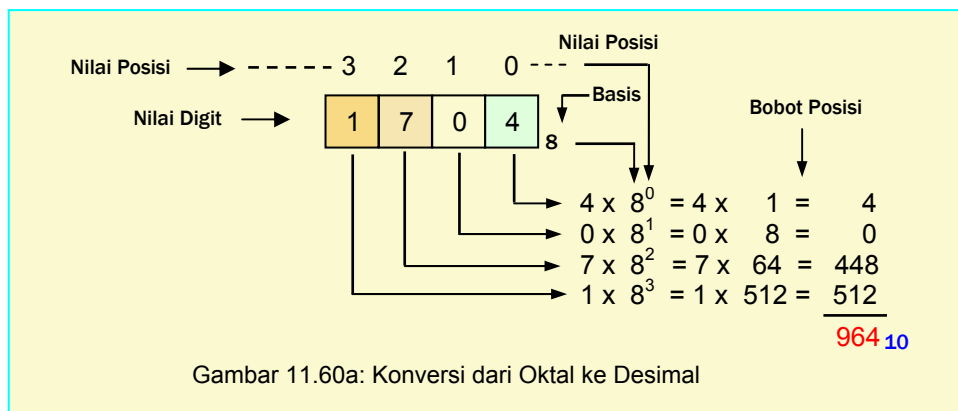


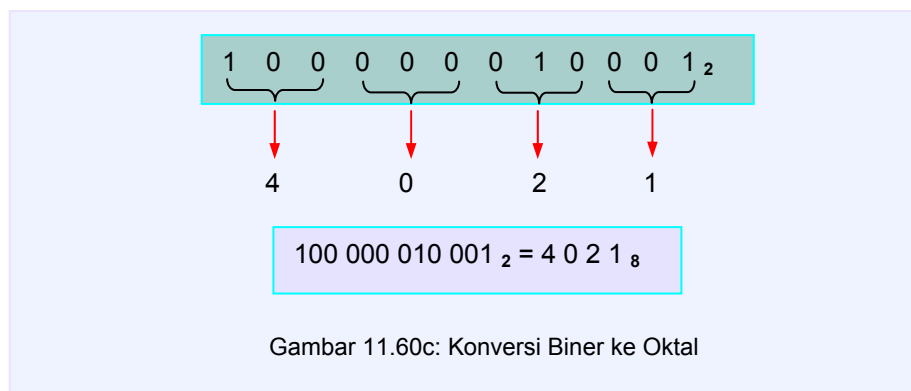
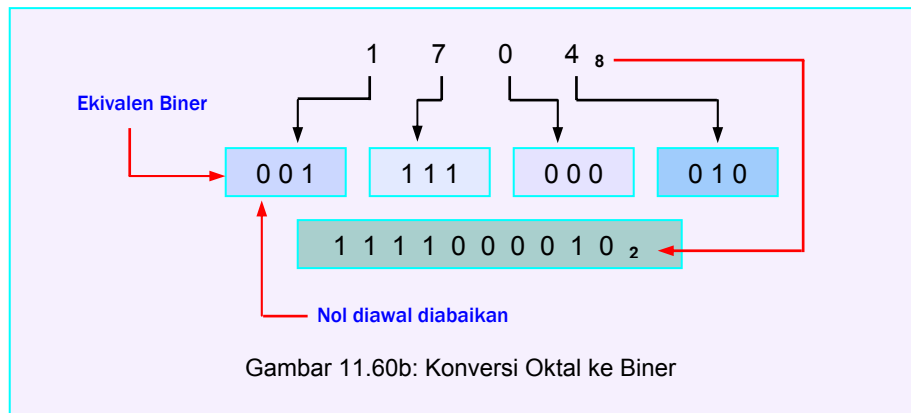
Konversi bilangan desimal ke biner. Misalnya 84_{10} ke biner. Proses konversi dapat dilihat pada Gambar 11.59b.



11.10.3. Sistem Bilangan Oktal

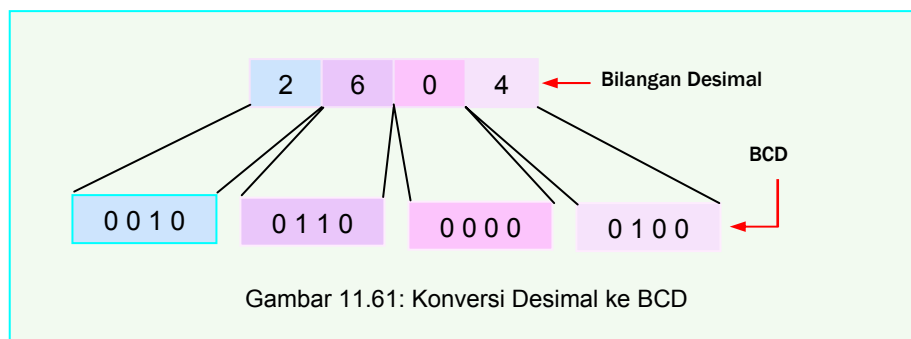
Sistem bilangan oktal mempunyai basis 8. Ini berarti terdapat 8 simbol bilangan, yaitu 0 hingga 7. Gambar 11.57a : menunjukkan konversi bilangan dari oktal ke desimal, Gambar 11.57b menunjukkan konversi bilangan dari oktal ke biner, Gambar 11.57c menunjukkan konversi bilangan dari biner ke oktal.





11.10.4. Sistem Binary Coded Decimal (BCD)

Binary Coded Decimal (BCD) adalah sistem bilangan yang menggunakan empat bit biner untuk menunjukkan bilangan desimal 0 hingga 9. BCD dari nilai desimal didapat dengan mengganti setiap digit desimal dengan nilai biner 4 bit.



11.11. Pelacakan Kesalahan Instruksi Konversi BCD dan Diagram Logik

Instruksi Komparasi dan Konversi seringkali menimbulkan masalah dalam praktek. Jika bagian dari Ladder yang mengandung instruksi-instruksi tsb tidak bekerja sebagaimana mestinya, gunakan anjuran langkah pelacakan sbb:

- Jika rang PLC dengan instruksi BCD dan komparasi tidak bekerja dengan baik, maka yang pertama dilakukan adalah meyakinkan bahwa data dari proses adalah benar dengan cara melihat dialog box pada layar monitor (tabel integer, floating point, dan kontrol tag). Nilai di dalam register dapat ditampilkan dalam format biner, hexadesimal, desimal, bahkan ada vendor yang menyediakan format data hexadesimal.
- Ujilah secara berurutan operasi untuk setiap rang, mulai dari satu hingga terakhir. Instruksi TND (*temporary end*) jika ada dapat digunakan, dengan langkah seperti dijelaskan pada sub-bab sebelumnya.
- Instruksi SUS dapat digunakan untuk memeriksa nilai status untuk semua register dan titik-titik kritis.
- Hati-hati jika menggunakan instruksi komparasi untuk mengeksekusi suatu proses, karena pertimbangan *scan-time* dan waktu yang digunakan untuk meng-*update* data internal.

11.12. Pemeliharaan Program dengan Indikator-indikator Modul

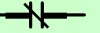
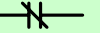
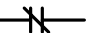
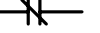
Untuk mempermudah gambaran tentang sistem yang akan diperiksa, Gambar 12-39: Diagram Blok Kontrol Tangki dan Aliran Sinyal serta Aliran Daya dapat digunakan untuk kasus pelacakan ini, dari input hingga output.

Kerusakan mungkin terjadi di bagian-bagian berikut ini:

- Pengawatan input & output antara perangkat input atau output dan modul-modul antarmuka (*interface*).
- Perangkat Input dan Output/modul Catu Daya
- Perangkat-perangkat saklar mekanik input
- Sensor-sensor input
- Aktuator-aktuator output
- Modul-modul I/O PLC
- Prosesor PLC

11.12.1. Analisis Pelacakan Modul Input

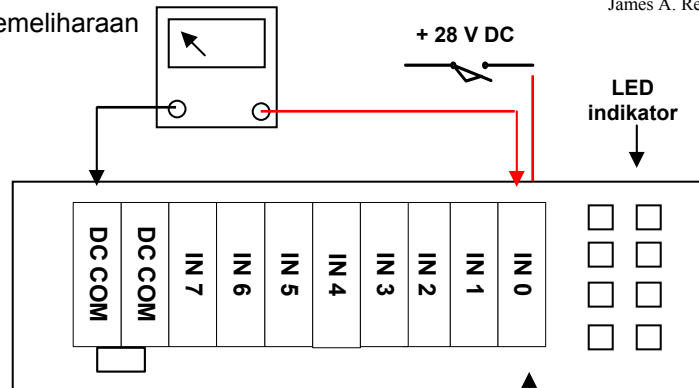
Dalam diagram aliran sinyal dan daya, modul input terletak kira-kira ditengah blok sistem, sehingga paling ideal digunakan untuk memulai pelacakan kerusakan. Setiap vendor mempunyai konfigurasi modul I/O yang berbeda. Berikut ini adalah contoh petunjuk pelacakan kerusakan modul input dari salah satu vendor PLC.

Petunjuk Pemeliharaan Modul Input				
Kondisi input	Status Indikator Modul Input	Tampilan Instruksi dalam Software		Kerusakan
				
 On 28 V DC	ON	Benar 	Salah 	Tidak ada
 Off 0 V DC	OFF	Salah 	Benar 	Tidak ada
 On 28 V DC	ON	Salah 	Benar 	1. Modul Input 2. Prosesor
 On 0 V DC	OFF	Salah 	Benar 	1. Sambungan terbuka / Perangkat I/O 2. Modul input
 Off 0 V DC	OFF	Benar 	Salah 	1. Modul Input 2. Prosesor
 Off 28 V DC	ON	Benar 	Salah 	1. Sambungan terbuka / Perangkat I/O 2. Modul input
 On 28 V DC	OFF	Benar 	Salah 	1. Modul Input 2. Prosesor

James A. Rehgl, 2007

(a) Petunjuk Pemeliharaan

(b) Modul input untuk pelacakan kerusakan



Gambar 11.62: Pelacakan Kerusakan Modul Input,

Sebelum membaca deskripsi dari indikator, pelajari dahulu petunjuk pemeliharaan Gambar 11.59: (a). Troubleshooting guide.

Bagian yang rusak diberi tanda blok warna. Deskripsi setiap kemungkinan yang rusak dapat dilihat pada daftar berikut ini:

- a. Indikasi benar – tidak ada kerusakan
- b. Indikasi benar – tidak ada kerusakan
- c. Kondisi sensor, tegangan input, dan modul indikator benar, tetapi terdapat indikasi tidak benar pada instruksi ladder. Kemungkinan besar masalahnya ada pada titik I/O modul input. Kerusakan juga dapat disebabkan oleh prosesor. Tetapi karena kebanyakan kerusakan disebabkan oleh modul input, maka lepas modul yang rusak ganti dengan yang baru atau pindahkan modul yang rusak ke titik I/O lainnya
- d. Indikator modul dan instruksi ladder sesuai, tetapi tidak ada respon pada perangkat diluar, maka lakukan pengukuran tegangan input pada modul seperti ditunjukkan pada Gambar 12-59b. Jika hasil pengukuran 0 VDC, maka pengawatan pada titik atau jalur tsb kemungkinan putus atau sensor yang kurang baik kondisinya. Jika tegangann terukur 28 VDC, maka kerusakan terdapat pada titik I/O pada modul input, atau masalahnya terdapat pada catu daya. Atau jika pada input terpasang sekring, yakinkan bahwa sekring dalam keadaan baik.
- e. Status perangkat luar PLC, tegangan input dan indikator modul semua telah sesuai, tetapi terdapat ketidaksesuaian pada ladder. Maka masalah biasanya terdapat pada titik I/O modul input. Ada kemungkinan kerusakan terdapat pada prosesor. Tetapi kasus ini sangat jarang terjadi.
- f. Tegangan input, indikator modul, dan instruksi ladder telah sesuai, tetapi tidak sesuai dengan kondisi perangkat-perangkat di luar PLC.
- g. Tegangan input 28 VDC, perangkat luar PLC, dan instruksi ladder telah sesuai, tetapi modul indikator tidak sesuai. Periksa indikator di bagian modul input

Selama melakukan perbaikan Modul Input, hal-hal berikut perlu diperhatikan:

- Jika input diberi sekring, yakinkan bahwa sekring dalam keadaan baik/ tidak terbakar atau putus
- Jika input di-On-kan selama sensor bekerja, maka input akan Off perangkat luar PLC.

- Jika modul input ditengarai rusak, maka lepaskan dan pindahkan modul yang rusak tsb pada titik I/O lainnya yang dianggap masih baik, untuk meyakinkan bahwa kanal atau saluran dalam keadaan baik. Atau ganti modul yang rusak dengan yang baik. .
- Jika modul indikator dan ladder telah sesuai, lalu ukur tegangan input.
- Jika hasil pengukuran tegangan tsb telah sesuai dengan kondisi perangkat-perangkat diluar PLC, maka ini berarti bahwa masalahnya ada di dalam modul bagian input (bukan di bagian luar modul).
- Jika tegangan input tidak sesuai dengan kondisi perangkat luar PLC, maka masalahnya ada pada pengawatan atau

11.12.2. Analisis Kerusakan Modul Output

Lihat petunjuk pemeliharaan pada Gambar 12-60. Bagian yang diblok warna adalah bagian yang rusak. Deskripsi kerusakan dapat dilihat seperti keterangan berikut ini:

- a. Indikator benar (lampu menyala) – tidak ada kerusakan.
- b. Indikator benar (lampu menyala) – tidak ada kerusakan
- c. Instruksi output dan indikator output sesuai tetapi perangkat luar tidak sesuai. Kerusakan biasanya terjadi pada pengawatan yang terputus atau rangkaian output modul dalam kondisi tidak baik. Jika terdapat sekering pada output, maka periksa sekringnya. Kerusakan mungkin juga terjadi pada pengawatan yang terhubung singkat dengan jalur jala-jala.
- d. Status perangkat luar dan indikator modul sesuai, tetapi kondisi instruksi output tidak sesuai. Kerusakan mungkin terjadi pada titik I/O modul output. Kerusakan juga bisa disebabkan oleh prosesor, walaupun kemungkinan ini sangat kecil.

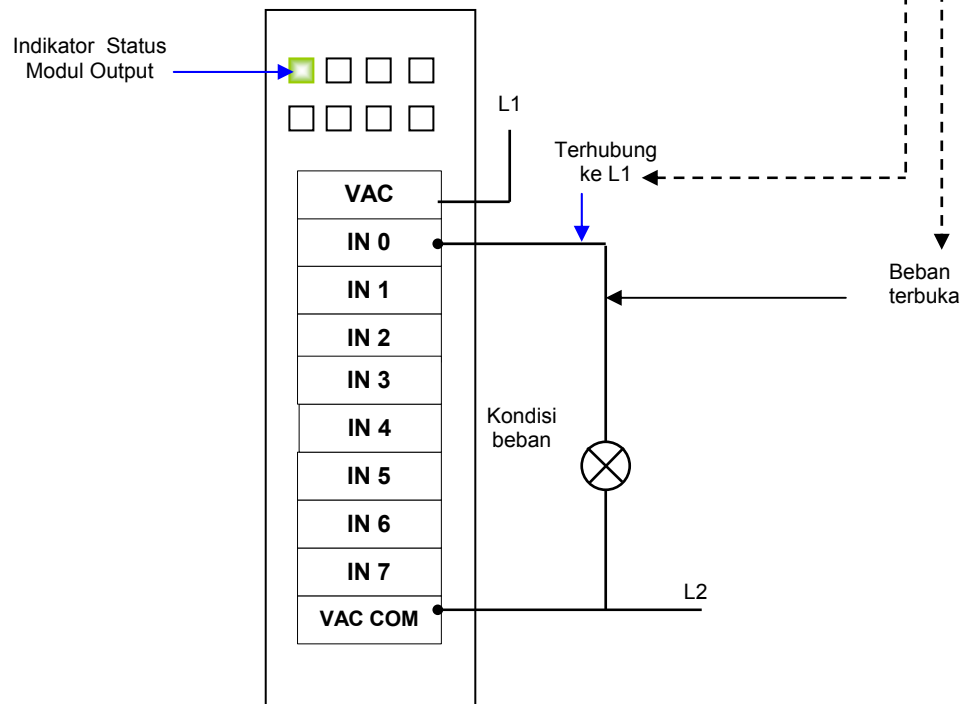
Selama melakukan perbaikan dengan menggunakan modul output deskrit, perhatikan hal-hal sbb:

- Banyak I/O modul output yang menggunakan sekring. Banyak diantaranya yang menggunakan indikator sekring. Sekring akan menyala jika terputus dan output di-ON-kan. Jika ini terjadi, periksa sekringnya. Kemudian periksa pengawatannya dengan menggunakan voltmeter untuk mengukur tegangan atau gunakan ohmmeter untuk mengetahui putus tidaknya sambungan pengawatan.
- Dapat juga digunakan fungsi force untuk mengaktifkan rang, tanpa menjalankan program laddernya, sehingga output yang rusak dapat diketahui

Petunjuk pemeliharaan modul input			
Tampilan Instruksi Software	Indikator Status Modul Output	Kondisi Perangkat Output	Kerusakan
Benar —()—	ON	Energized - ON	Tidak ada kerusakan
Salah —()—	OFF	De-energized - OFF	Tidak ada kerusakan
Benar —()—	ON	De-energized - OFF	1. Perangkat I/O; sambungan terbuka 2. Modul output
Salah —()—	OFF	Energized - ON	Sambungan perangkat output terbuka
Benar —()—	OFF	De-energized - OFF	1. Modul output 2. Prosesor

James A. Rehg, 2007

(a) Petunjuk Pemeliharaan



(a) Pengukuran Tegangan Output

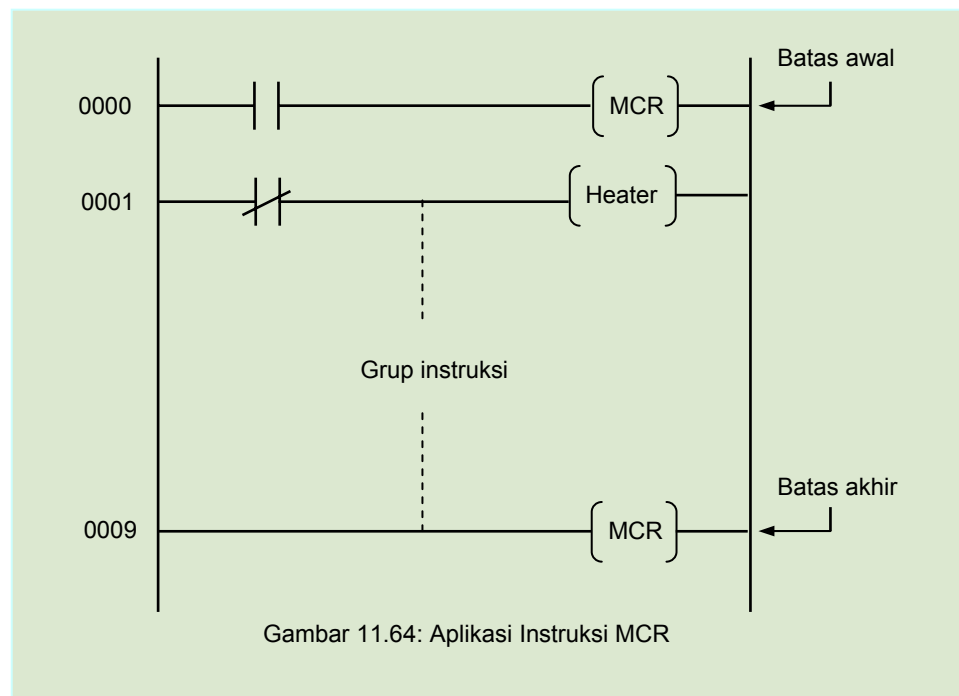
Gambar 11.63: Pelacakan Modul Output Deskrit .(a).
Petunjuk pemeliharaan, (b). Pengukuran tegangan input

11.13. Pemeliharaan Program Kontrol

Seperti halnya komputer, PLC juga mempunyai instruksi program kontrol, seperti RESET, JUMP, JUMP to subroutine, serta fungsi-fungsi input dan output immediate, dsb.

11.13.1. Instruksi Master Control Reset (MCR)

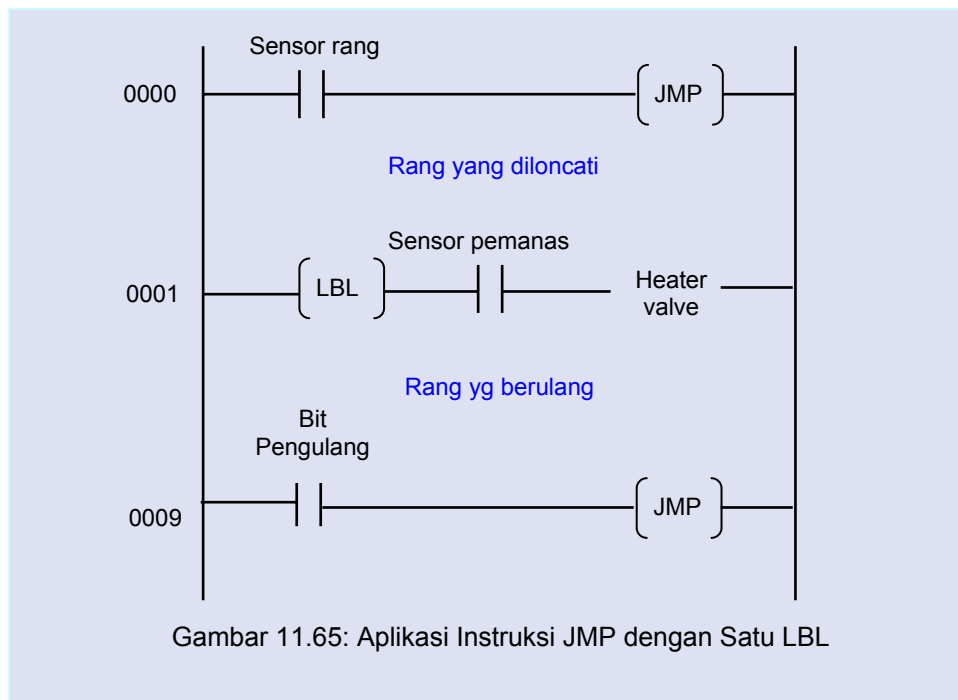
Instruksi **MCR** (*Master Control Reset*), selalu digunakan secara berpasangan, dan dituliskan sebagai “batas” dari suatu grup instruksi yang dapat dieksekusi (lihat Gambar 11.61: Aplikasi Instruksi MCR). Beberapa instruksi output, yang biasa disebut *override instructions*, mengandung arti pemindaian (scanning) ladder kontrol jika terdapat kondisi input tertentu. Penggunaan instruksi ini akan meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi program serta mengurangi waktu pindai dengan melompati sejumlah instruksi yang prosesnya tidak diperlukan. Dalam diagram relay instruksi tsb disebut *master control relay*, dalam PLC disebut *master control reset*.



Perangkat keras MCR digunakan untuk memutus semua atau sebagian relay dalam diagram ladder dengan cara mengonkan MCR dengan logik relay input..

11.13.2. Instruksi Jump (JMP) dan Label (LBL)

Instruksi jump (**JMP**) dan label (**LBL**) digunakan bersama. Jika JMP dieksekusi, maka program pada rang akan loncat ke rang dengan instruksi LBL dan meneruskan eksekusi urutan instruksi berikutnya. Salah satu aplikasi instruksi JMP dan LBL dapat dilihat pada Gambar 12-62). Terdapat produk yang menggunakan skip dan go to untuk instruksi jump.

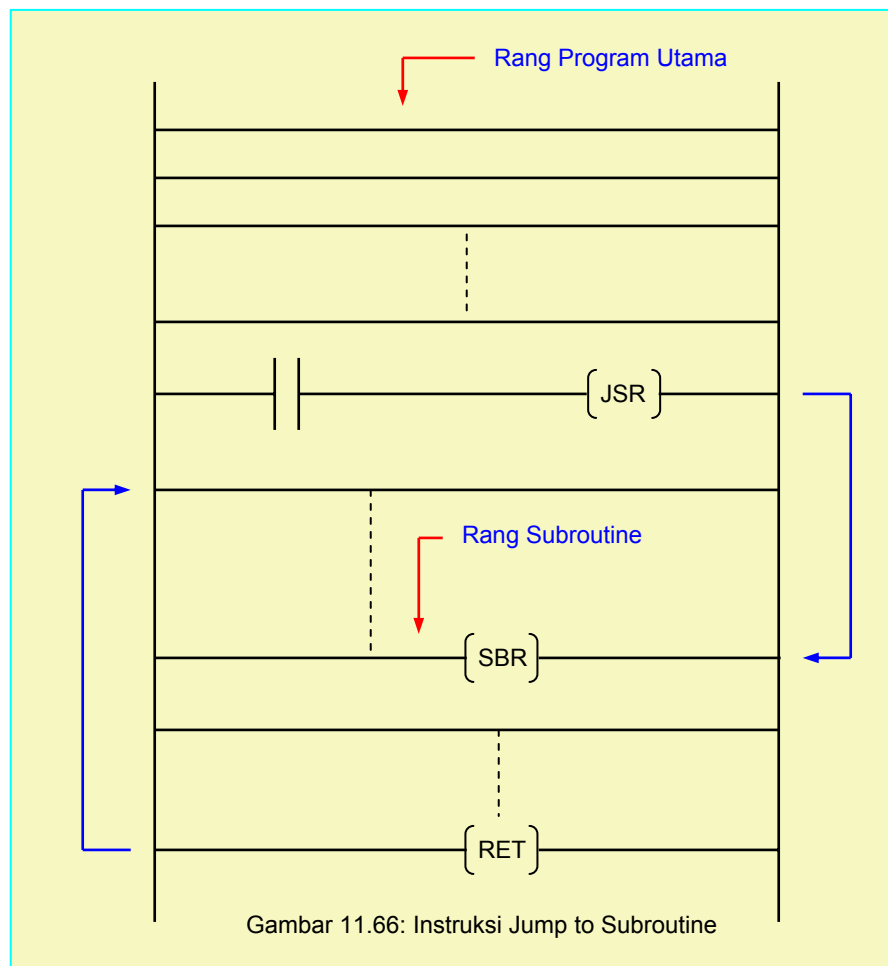


11.11.3. Instruksi Jump to Subroutine (JSR)

Instruksi jump to sub-routine (JSR), subroutine (SBR), dan return (RET) digunakan bersama dalam sebuah program. Prinsip kerja instruksi-instruksi tsb dapat dilihat pada Gambar 11.63: Instruksi Jump to Subroutine.

Jika instruksi JSR dapat dieksekusi, maka program akan loncat dari program utama ke rang yang mengandung instruksi SBR. Subroutine akan dieksekusi hingga pada instruksi RET. Instruksi RET akan mengembalikan program ke rang ladder dalam program utama setelah ada instruksi JSR.

11.14. Instruksi Subroutine



Subroutine adalah suatu grup instruksi dalam diagram ladder yang berada diluar program ladder utama, yang dapat dieksekusi dengan instruksi sub-routine. Jadi dengan menggunakan sebuah instruksi sub-routine, program rutin yang berulang dapat dieksekusi secara berulang tanpa harus menulis ulang prgram rutin tersebut pada diagram ladder utama. Misalnya sebuah mesin otomatis, mempunyai urutan program rang yang harus diulang beberapa kali dalam sebuah siklus mesin. Urutan tersebut dapat diprogram satu kali saja dalam subroutine, yang dapat dipanggil jika diperlukan

11.14.1. Pelacakan Kerusakan Instruksi Subroutine

Jika bagian dari program ladder tidak bekerja dengan baik, lakukan langkah-langkah seperti dianjurkan berikut ini:

- Gunakan instruksi always false (AFI) pada input rang yang mengandung instruksi MCR dan JMP, untuk mempersempit daerah MCR dan JMP sampai ditemukan operasi yang benar dari program routine utama. AFI akan mn-set kondisi rang agar menjadi baik kembali. Jadi AFI akan menundukkan (disable) semua instruksi pada rang.
- Instruksi TND atau SUS dapat digunakan untuk menghentikan instruksi MCR, JMP atau JSR setelah percabangan rang, agar kondisi logik input dapat dievaluasi. Ini sangat bermanfaat jika terdapat kesalahan pada cabang rang.
- Lakukan pelacakan kerusakan pada sebuah rang dengan menggunakan moda single-step
- Gunakan breakpoint dalam moda single-step untuk mengeksekusi ladder kebawah, dimana telah disisipkan breakpoint dalam diagram ladder.

Untuk mempermudah pelacakan, pastikan bahwa:

- Daerah MCR dan atau JMP tidak saling tindih (overlap)
- Tidak terjadi loncatan balik (Backward jumpa) yang akan menye-babkan waktu pindai bertambah, ketika dilakukan pe-mindaian ulang program. Jika waktu pindai lebih dari 2.5 detik, maka prosesor akan rusak.
- Instruksi JSR dan SBR mempunyai nomor parameter input yang sama.

- Instruksi JSR dan RET mempunyai nomor parameter-balik yang sama.
- Instruksi LBL dan SBR merupakan instruksi input pertama pada rang.
- Tipe Data yang digunakan pada memori sama/konsisten dengan data yang digunakan saat ini.

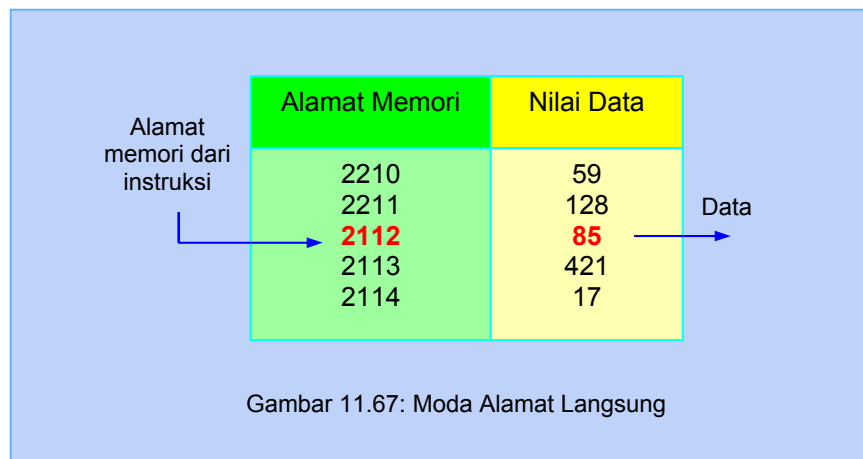
11.15. Alamat Tidak Langsung dan Indeks

Moda Alamat adalah pemilihan data oleh PLC yang akan digunakan dalam sebuah instruksi. Moda alamat dibuat dengan menentukan **instruksi dari operand**. Jadi pada topik ini akan ada istilah: **data, operand dan moda instruksi**, yang didefinisikan sbb.

- **DATA**: nilai numerik yang digunakan untuk komputasi. Misalnya jika PLC mempunyai nilai 4 dalam sebuah alamat memori dan nilai 2 di alamat memori lainnya, serta ada instruksi ADD untuk kedua alamat tsb, maka setelah instruksi tsb dieksekusi akan ada nilai 4 dan 2.
- **OPERAND**: simbol-simbol dalam sebuah instruksi. Jika terdapat instruksi ADD, maka data yang ada pada alamat memori adalah sama, tetapi lokasi akan ditulis dengan simbol-simbol.
- **MODA ALAMAT (addressing mode)** : menggambarkan relasi (hubungan) antara operand dan data, yaitu bagaimana menggunakan operand untuk mengambil data yang tepat.

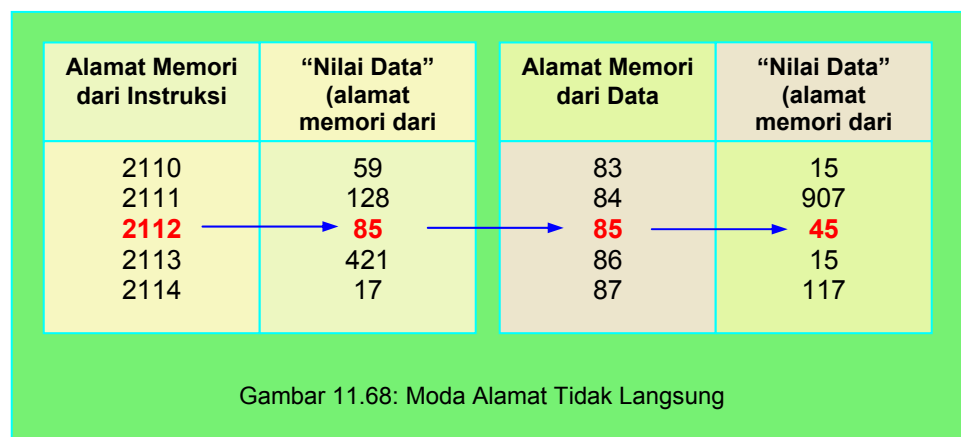
11.15.1. Alamat Langsung (Direct Addressing)

Pada moda alamat langsung, alamat memori dari data ditentukan dengan instruksi. Contoh pada Gambar 11.64, alamat (2112) dalam instruksi secara langsung menuju alamat yang berisi data (85).



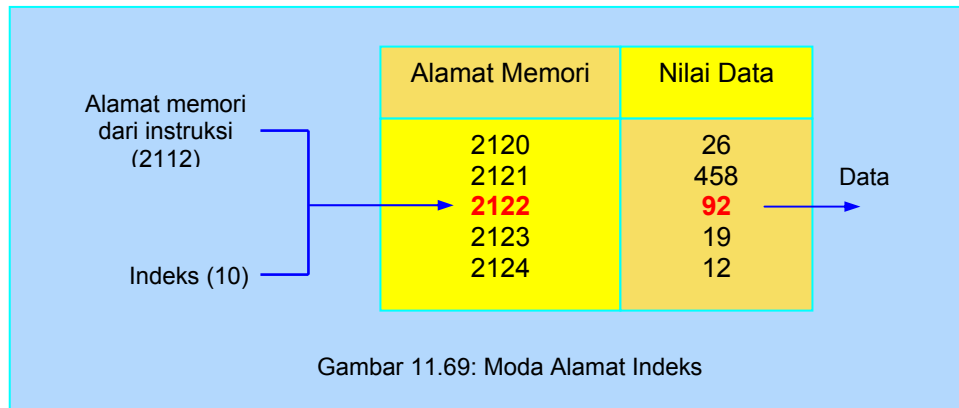
11.15.2. Alamat Tidak Langsung (*Indirect Addressing*)

Pada moda alamat tidak langsung, alamat dalam instruksi berfungsi sebagai titik referensi dan bukan merupakan lokasi yang berisi data yang akan dituju atau diambil. Dengan kata lain, alamat memori dari instruksi berisi alamat dari lokasi dimana data tersimpan, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.65.



11.15.3. Alamat Indeks (*Indexed Addressing*)

Alamat indeks ialah suatu moda alamat untuk patokan lokasi memori yang berisi "nilai" alamat memori + nilai data yang tersimpan di dalam indeks register. Alamat indeks sangat berguna untuk mengakses elemen-elemen dalam suatu rumpun (*array*) data. Alamat dalam instruksi tidak berubah, tetapi nilai indeks register akan berubah (naik), sehingga secara berurutan akan dapat mengakses lokasi rumpun data satu per satu. Bayangkan seperti seorang tukang pos yang akan menyampaikan surat untuk seorang penghuni suatu asrama. Alamat asrama adalah tetap satu (alamat instruksi), tetapi alamat kamar masing-masing penghuni asrama berbeda (indeks register). Tukang pos harus menyusur & melihat setiap nomor kamar secara berurutan, mulai dari nomor yang kecil ke nomor yang besar (kenaikan nilai indeks register) untuk menemukan kamar yang tepat. Penghuni kamar adalah data yang akan diakses.



11.15.4. Pelacakan Alamat Tidak Langsung & Indeks (*Indexed Addressing*) dalam Diagram

Mode alamat bukanlah instruksi, tetapi dapat digunakan bersama instruksi PLC. Masalah yang sering terjadi ialah pemilihan offset atau nilai pointer yang berada diluar "wilayah" tempat penyimpanan data, sehingga menyebabkan kesalahan. Beberapa vendor menyediakan kebebasan kepada pemakai untuk menentukan sendiri batas wilayah tempat penyimpanan data.

Program PLC dapat dikembangkan untuk menyelesaikan masalah yang lebih kompleks proses penyelesaiannya. Hal ini dapat menimbulkan masalah, ketika program menggunakan alamat tidak langsung dan alamat indeks pada rang ladder, dimana rang ladder tsb tidak dapat berfungsi dengan baik.

Pelacakan program PLC yang mengandung alamat tidak langsung lebih sulit daripada yang mengandung alamat indeks. Gunakan petunjuk berikut ini jika program tidak bekerja dengan baik.

- Pastikan bahwa pointer berada didalam wilayah memori data
- Instruksi TND dapat digunakan untuk menghentikan pemindaian di suatu titik dalam diagram ladder yang mengandung alamat indeks yang akan diperiksa.
- Gunakan pilihan single-step untuk memindai satu rang pada satu waktu. Periksa dan lakukan analisis bagaimana pointer mengubah aliran alamat.
- Jika elemen data yang harus disimpan sangat banyak, dan memori penyimpanan menggunakan struktur data base, mulailah melacak gangguan dari satu set data yang kecil.

Rangkuman

- Beberapa definisi PLC yang digunakan untuk menjelaskan pengertian PLC:

PLC merupakan sistem mikrokomputer yang dapat digunakan orang untuk proses-proses kontrol di industri

PLC merupakan komputer industrial yang khusus dirancang untuk kontrol mesin-mesin manufaktur dan sistem diberbagai bidang yang sangat luas.

PLC merupakan komponen elektronika khusus berbasis satu atau lebih mikroprosesor yang digunakan untuk mengontrol mesin-mesin industri.

- Kesamaan PLC dan PC:
 - mempunyai motherboard,
 - prosesor,
 - memori dan slot-slot untuk ekspansi

- Arsitektur PLC: Pada dasarnya PLC terdiri dari bagian input, bagian pemroses, bagian memori, jalur-jalur untuk data (bus data) dan alamat (bus alamat), serta bagian output
- Prinsip kerja: Kerja PLC dimulai dari menginisiasi program-program internal PLC, misalnya timer, notasi-notasi, dan sebagainya. Lalu akan mengambil data-data input yang didapat melalui antarmuka input. Data-data tersebut kemudian diproses sesuai dengan instruksi-instruksi yang tertulis dalam program. Hasil pemrosesan akan disalurkan ke output melalui antarmuka output, dan atau ke bagian lain sesuai dengan instruksi.
- Berdasarkan cara operasinya, PLC dibedakan menjadi 3:
 1. Rack atau Sistem berbasis Alamat
 2. Sistem Berbasis Tag
 3. *Soft* PLC atau Kontrol berbasis PC
- Standar bahasa pemrograman PLC yang disepakati yaitu:
 - Ladder Diagram (LD)
 - Function Block Diagram (FBD)
 - Structure Text (ST)
 - Instruction List (IL)
 - Sequential Function Charts (SFC)
- Semua program PLC dibuat berdasarkan urutan logika. Dasar Instruksi diekspresikan melalui operasi-operasi logika. Operasi-operasi dasar logika tersebut ialah: AND (menggambarkan rangkaian seri), OR (menggambarkan rangkaian paralel) dan NOT (menggambarkan rangkaian inverter). Dari ketiga dasar ini dapat dikembangkan rangkaian-rangkaian lainnya yang merupakan kombinasi dari ketiganya.
- Karena biasanya PLC digunakan pada tegangan listrik AC, maka kita harus berhati-hati agar jangan sampai tersengat listrik. Oleh karena itu, prosedur keamanan kerja harus dipatuhi.
- Pemeliharaan PLC meliputi pemeliharaan perangkat keras dan perangkat lunak. Dari banyak kasus, kerusakan terbanyak adalah pada saklar-saklar input. Kerusakan bisa disebabkan oleh usia komponen, korosi, atau patah lidah saklarnya.
- Untuk mencari kerusakan pada sistem berbantuan PLC, biasanya diperlukan metode pelacakan. Dalam hal ini bisa berupa diagram blok, pengelompokan atau analisis aliran sinyal. Pemeliharaan

perangkat lunak biasanya merupakan pemeliharaan program kontrol. Pelacakan dapat dilakukan melalui instruksi-instruksi kontrol, sub-rutin, atau alamat langsung maupun tidak langsung dan indeks.

Latihan Soal Bab 11

1. Apakah PLC itu? Apa kesamaan PLC dan komputer pribadi (PC)?
2. Apa keunggulan PLC dibandingkan dengan komputer?
3. Bagaimana PLC bekerja, jelaskan dengan singkat dengan menggunakan bahasamu sendiri.
4. Sebutkan bahasa pemrograman PLC yang disepakati IEC?
5. PLC bekerja berdasarkan instruksi-instruksi logika. Sebuah PLC mendapat 2 buah input A dan B, serta output X. Ketika kedua input berlogik 1, output akan berlogik 1. Jika salah satu input berlogik 0, output akan berlogik 0. Operasi logika apakah ini?

Tugas Kelompok

Buatlah sebuah program sederhana PLC untuk mengendalikan lampu dan AC di ruang belajar kalian. Lampu akan menyala saat cahaya matahari mulai redup. Set tingkat keredupan yang kalian inginkan. Sebaliknya, lampu akan padam sendiri jika kelas cukup terang. Set pula tingkat kecerahan cahaya yang kalian inginkan. AC akan aktif jika ruang kelas kalian panas dan akan mati saat suhu ruangan dingin. (Set suhu ruangan yang kalian inginkan, misalnya antara 23-30 derajat C). Buat pula program tersebut agar lampu dan AC keduanya mati beberapa saat setelah ruangan tersebut kosong dan dikunci.!

DAFTAR PUSTAKA

1. Albert D Helfrick, ***Practical Repair and Maintenance of Communication Equipment***, PHI, 1983
2. Curtis Johnson, ***Process Control Instrumentation Technology***, 4th edition, PHI, 1997
3. Daniel L. Metzger, ***Electronic Component, Instruments, And Troubleshooting***, PHI, 1981
4. Daniel R Tomal & Neal S Widmer, ***Electronic Troubleshooting***, Mc Graw Hill, 1993
5. David A. Bell. ***Electronic Instrumentation and Measurement***, PHI, 1983
6. Ernest O. Doebelin, Sistem Pengukuran Aplikasi dan Perancangan, 2nd Edition, Erlangga, 1992
7. ***Fachkunde Mechatronics***, Europa, Lehrmittel, 2005
8. Friedrich, ***Tabellenbuch Electrotechnik Elektronik***, Ümmer-Bonn, 1998
9. Frans Gunterus, ***Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses***, Elex Media Komputindo, 1977
10. Function Generator Instruction Manual, Good Will Instrument Co, Ltd.
11. GC Loveday, ***Electronic Fault Diagnosis***, , Pitman Publishing Limited, 1977
12. GC Loveday, ***Electronic Testing And Fault Diagnosis***, Pitman Publishing Limited, 1980
13. Günter Wellenrcuther, ***Steuerungstechnik mit SPS***, Viewgs, Fachbücher der Technik, 1995
14. I.J. Nagrath, ***Electric Machines***, McGraw-Hill, 1985
15. James, A. Rehg, ***Programmable Logic Controllers***, PHI, 2007
16. Japan Manual Instruction Railway, 1978
17. Joel Levitt, ***Preventive and Predictive Maintenance***, Industrial Press, 2002
18. Klaus Tkotz, ***Fachkunde Elektrotecchnik***, Europa, Lehrmittel, 2006
19. Luces M. Faulkenberry, ***System Troubleshooting Handbook***, John Wiley & Sons, 1986
20. Richard E. Gaspereni, ***Digital Troubleshooting***, Movonics Company, 1976
21. Robert C. Brenner, ***IBM PC Trobleshooting and Repair Guide*** (terjemahan), Slawson Communications, Inc, 1986.
22. Robert J Hoss, ***Fiber Optic Communication Design Handbook***, PHI, 1990
23. Schuler-McNamee, ***Modern Industrial Electronics***, McGraw-Hill, International Edition, 1993

24. Sofyan, ***Mencari Dan Memperbaiki Kerusakan Pada Tv Berwarna***, Depok, Kawan Pustaka, 2004
25. S.R Majumdar, ***Oil Hydraulic Systems Principles and Maintenance***, Tata Mcraw-Hill, 2001
26. Terry Wireman, ***Computerized Maintenance Management System***, Industrial Press Inc. 1986
27. Thomas Krist, Dines Ginting, ***Hidraulika, Ringkas dan Jelas***, Erlangga, 1991
28. Walter H. Buchsbaum, ScD, ***Tested Electronics Troubleshooting Methods***, The Prntice Hall Library, 1983
29. Wasito S., ***Tehnik Televisi Warna***, Karya Utama, 1979
30. Wasito S., ***Penguat Frekuensi Tinggi***, Cetakan ke 5, Karya Utama, 1981
31. Wasito S., ***Tehnik Transmisi***, Cetakan ke 2, Karya Utama, 1979
32. Wiliam Stallings, ***Data and Computer Communication***, 5th edition. PHI, 1997

Daftar Vendor dan CMMS

Vendor : ABC Management system, Inc.
Address : Suit 3
 Dupont Street
 Bellingham, WA 98225
Phone : 206-671-5170
System Name : ABCMM
Operating System : Main Frames, Minis, Micros
System Price : N/A
System Description : Labor and Timesheets
 Work Order Planing and Scheduling
 Finite Net Capacity, Estimating, Timeslots,
 Backlog
 Performance Control
 Maintenance Budget Control
 Equipment History, Nameplates, and spares
 Data
 Stores and Inventory Management
 Preventive Maintenance
 Dates/Crafts/Capacity/Timeslots

Vendor : ACME Visible Records Inc.
Address :
Phone : 800-368-2077
System Name : Media-flek Software PM System
Operating System : any MS/ PC-DOS System
System Price : \$ 3,995.00-\$10,000.00
System Description : Master Equipment Record
 Preventive Maintenance/Repairs Record
 Procedure Description Record
 Scheduling System
 Work Order
 Bar Coding for Inventory

Vendor : Advanced Business Strategies
Address : 6465 Monroe Street
Phone : 419-882-4285
System Name : MAINTAINATROL
Operating System : IBM PC/XT, Digital, Zenith
System Price : \$ 3,995.00
System Description : Work Order Selection
 Preventive Maintenance
 MRO Iventory

Maintenance Reports
Time/Job Cards
Order/Receive Materials

Vendor : Anibis Inc.
Address : 5859 Skinner Road
Stillman Valley, IL 61084
Phone : 815-234-5341
System Name : ALLY
Operating System : IBM Mainframe with DLI, IDMS, IMS, VSAM,
or Total
System Price : N/A
System Description : Integrates maintenance, stores, and accounting
information

Vendor : Anwan Computer Services
Address : 19 Winterberry Lane
Rehoboth, MA 02769
Phone : 617-252-4537
System Name : PM-Status II
Operating System : IBM PC
System Price : \$ 395.00
System Description : Keeps PM records and print report when
requested

Vendor : Applied System Technology and Resources, Inc
Address : 1140 Hammond Drive
Suite 1110
Atlanta, GA 30328
Phone : 404-394-0436
System Name : MAPCON
Operating System : PC/MS DOS Micros 512K, 10M hard disk
System Price : \$ 8,000.00-\$11,000.00
System Description : Purchasing
Inventory Control
Material Issue System
Master Equipment List
Work Order (allow entry of job steps)
Preventive Maintenance
Personnel (files personal information for each
Employee)

Vendor : Arthur Anderson &Co.

Address : Suite 2200
1201 Elm Street
Dallas, TX 75270

System Name : M3S

Operating System : IBM PC or copatible

System Price : N/A

System Description : Work Order Planning
Work Order Control
Inventory and Purchase Order Control
Equipment History
Timekeeping
Management Reports

Vendor : Auto Tell Services, Inc.

Address : 600 Clark Ave.
P.O. Box 1350
King of Prussia, PA 19406

Phone : 800-523-5103

System Name : ATS

Operating System : IBM Mainframe and also the IBM XT and AT

System Price : \$ 10,000.00-\$ 35,000.00

System Description : Maintenance Management
Predective Maintenance
Planned Maintenance
Equipment History
Manpower
Planning and Scheduling
Inventory Control
Energy Analysis and Conservation

Vendor : Babcock & Wilcox

Address : Fossil Fuel Engineering & Services Departement
20 S. Van Buren Avnue
Barberton, OH 44203

Phone : 216-860-6440

System Name : Managed Maintenance Program

Operating System : N/A

System Price : N/A

System Description : Preventive Maintenance
Predictive Maintenance
Plant Performance Monitoring
Master Equipment Files
Work Order

Equipment History
Failure Analysis Data
Material Requisitions

Vendor : Balfour Kilpatrick-USA
Address : One Lincoln Center-Suite 200
5400 LBJ Freeway
Dallas, TX 75240
Phone : 214-233-3977
System Name : WIMS
Operating System : MS/PC DOS
System Price : N/A
System Description : Asset Management
Energy Management
Stock Control and Purchase Orders
Redecorations
Budget Monitoring
Annual Maintenance Plans
Property Management
Conditional Appraisal
Planned Maintenance Optimization

Vendor : Barber-Coleman Company
Address : 1300 Rock Street
Rockford, IL 61101
Phone : 815-877-0241
System Name : ECON VI
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Tends to be an energy management system

Vendor : Bently-Nevada
Address : P.O. Box 157
Minden, NV 89423
Phone : 800-227-5514
System Name : Data Manager
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : N/A

Vendor : James K. Bludell Associates
Address : 4816 Kendall Drive

Independence, MO 64055
Phone : 816-373-6668
System Name : MANIAC
Operating System : MS-DOS Micros
System Price : N/A
System Description : Equipmngt File
Spare Parts Inventory
Manpower Planning File
Maintenance Coded Repairs
Maintenance Scheduling
Work Order Backlog
Work Order Management
Machine History and Reports

Vendor : Boeing Computer Services
Address : Mail Stop 6K-86
P.O. Box 24346
Seattle, WA 98124
Phone : 206-656-9233
System Name : MMS Maintenance and Material Management
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Material Structure
Work Order Control
Inventory Control
Material Planning
Requisition Control
Purchase Order Control
Accounting Interface

Vendor : Bonner & Moore
Address : 2727 Allen Parkway
Houston, TX 77019
Phone : 713-522-6800
System Name : COMPASS
Operating System : IBM mainframes
System Price : N/A
System Description : Work Order
Job Planning
Inventory Control and Purchasing
Equipment Records
Personnel Data
Preventive Maintenance

Vendor : Catalytic , Inc.
Address : Centre Square West
1500 Market Street
Philadelphia, PA 19102
Phone : 215-864-8000
System Name : TRAC
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Work Order
Schedules
Accounting
Support Systems

Vendor : Charles Brooks and Associates
Address : 723 Sharon Aminity Road
Charlotte, NC 28211
Phone : 919-274-6960
System Name : COMMS
Operating System : IBM mini and micros
System Price : N/A
System Description : Work Planning and Control
Inventory Planning and Control
Performance Management
Purchasing and Supplier

Vendor : Centaurus Software Inc.
Address : 4425 Cass Street
Suite A
San Diego, CA 92109
Phone : 619-270-4552
System Name : Peagus
Operating System : IBM XT
System Price : \$6,500.00
System Description : Planning Analysis and Historical Tracking

Vendor : Comac System, Inc.
Address : 6290 Sunset Blvd.
Suite 1126
San Diego, CA 90028
Phone : 213-463-5635
System Name : COMAC

Operating System : IBM XT, AT, or compatibles; hard disk required

System Price : \$ 20,000.00+

System Description : Asset Register

Maintenance Plan

Work in Progress

Plant History

Resources

*Condition Base - used to predict time to failure

*Defect Analysis - used to help identify cause of failure

*System Flexibility-allows modification of System

(*Denotes additional cost for module)

Vendor : Computer Analysts International

Address : P.O. Box 650156

Houston, TX 77065-0156

Phone : 713-688-8150

System Name : FREFIX

Operating System : PC/MS-DOS systems

System Price : N/A

System Description : Preventive Maintenance

Repair Maintenance

Work Order Control

Inventory

Reports

Vendor : Crothall System, Inc.

Address : 203 Commonwealth Building

University Office Plaza

Newark, DE 19702

Phone : 302-998-1121

System Name : EPIX

Operating System : IBM PC/XT

System Price : N/A

System Description : Equipment Description

Weekly Work Schedule

Work Order

Cost History/Control Sheets

(primarily a preventive maintenance system)

Vendor : Daniel

Address : Daniel Building
Greenville, SC 29602
Phone : 803-298-3500
System Name : CMMS (large) or MTS (smaller)
Operating System : Mainframes, Micros
System Price : Depends on System Size
System Description : Work Order
Equipment Parts Catalog
Stores Inventory
Purchase Order Status
Preventive Maintenance
Equipment History

Vendor : The Data Groups Corporation
Address : 80 Hayden Ave.
Lexington, MA 02173
Phone : 800-247-1300
System Name : SHOPWATCH
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Planning and Scheduling
Work Order Processing
Procurement and Storeroom Control
Bill of Material and Storeroom Control
Bill of Material and Tool room Control
Equipment Catalog and History
Employee Trade and Skills
Management Alerts and Workorder Tracking
Report Writer and Inquiry System

Vendor : Datatend, Inc.
Address : 3914 Beau d'Rue Drive
Eagan, MN 55122
Phone : 612-454-1526
System Name : Mainta-gard
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : A computerized preventive maintenance
Program

Vendor : DDS Incorporated
Address : 5155 Mercury Point
San Diego, CA 92111

Phone : 714-565-9166
System Name : Fleet Maintenance System
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : A preventive maintenance system for vehicle
fleets

Vendor : Decision Dynamics
Address : No. 295
The Water Tower
Portland, OR 97201
Phone : 503-248-9125
System Name : DYNASTAR
Operating System : IBM PC or compatible
System Price : N/A
System Description : Job Scheduling
Time Analysis
Machine History
Parts Inventory

Vendor : Demar Service, Inc.
Address : 2326 Lyons Ave.
Suite 219
Newhall, CA 91321
Phone : 805-255-1005
System Name : E.M.C.O.
Operating System : Mainframe and Micro
System Price : \$ 17,000.00-\$47,500.00
System Description : Demar Security System
Equipment Maintenance and Control On-Line
Inventory System
Purchase Order System
Vendor System
Personnel System
Reporting System
Property Management System
Accounts Payable System

Vendor : Diagonal Data Corporation
Address : 2000 E. Edgewood Drive
Lakeland, FL 33803
Phone : 813-666-2330

System Name : Fleet-Maint
Operating System : IBM XT or PC
System Price : \$4,950.00-\$ 11,950.00
System Description : Vehicle inspection and preventive maintenance
software

[Note: Purchased Vertimax]

System Name : MicroMaint
Operating System : IBM XT or compatible
System Price : \$ 3,750.00
System Description : Work Orders
Equipment History
Parts Inventory
Preventive Maintenance

Vendor : DP System and Services
Address : P.O. Box 7287
2120 Pinecraft Road
Greensboro, NC 27417-7287
Phone : 919-852-0455
System Name : MMS-The Maintenance Management System
Operating System : IBM-XT
System Description :
Contains the following selections : Machines (Equipment)
 Storeroom Parts
 Work Routines (PM)
 Work Order
 Order and Order Problem
 History (history)
 Parts and Forecast Labor (a
 Preventive maintenance labor
 And spares forecast)
 Project Maintenance (used to
 Track large work orders)
 Reports

Vendor : DLSA, Inc.
Address : Box 496W
Waquoit, MA 02536
Phone : 617-540-7405
System Name : REPMAN II
Operating System : Mainframe and Micro
System Price : \$ 8,500.00-\$ 30,000.00

System Description : Engineering
Spares
Work Order
Labor
Purchasing

Vendor : EFAX Corporation
Address : 444 North York Blvd.
Elmhurst, IL 60126
Phone : 312-279-9292
System Name : PROBE III
Operating System : AT or compatible
System Price : \$25,000.00-\$125,000.00
System Description : Inventory
Stockroom
Work Order
Equipment
Tradesman
Purchasing

Vendor : ELKE Corporation
Address : P.O. Box 41915
Plymouth, MN 55442
Phone : 612-559-9394
System Name : MAIN/TRACKER
Operating System : IBM 36
System Price : \$ 24,000.00+10% annual maintenance fee
System Description : Equipment/Specification Tracking Module
Preventive/Predictive Maintenance
Component Refair
Equipment Cost tracking
Refair Parts Inventory and Purchasing

Vendor : Energy Incorporated
Address : P.O. Box 736
Idaho Falls, ID 83402
Phone : 208-529-1000
System Name : MICRO-SIMS
Operating System : IBM PC or compatible
System Price : N/A
System Description : Equipment Information Management
Work Request
Work order Planning

Equipment History
Preventive Maintenance

Vendor : EMA, Inc.
Address : 270 Metro Square
 St. Paul, MN 55101
Phone : 612-298-1992
System Name : MAINTENANCE MANAGER
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Work Order
 Preventive Maintenance
 Inventory and Purchasing
 System Reports

Vendor : Engineering Planning and management Inc.
Address : Point West Office Center
 Three Speen Street
 Framingham, MA 01701
Phone : 617-875-2121
System Name : PLANSITE-FACTSITE
Operating System : HP3000
System Price : \$20,000.00
System Description : Inventory
 Purchasing and Receiving
 Work Order Tracking and Manpower Planning
 Preventive Maintenance

Vendor : G.K. Flemming & Associates
Address : 1118 Roland Street
 Thunder Bay, Ontario
 Canada P7M 5M4
Phone : 807-623-2310
System Name : Plant Maintenance Information System
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Maintenance Planning
 Work Scheduling
 Equipment Management
 Inventory Control
 Purchasing
 Cost Control
 Financial Reporting

Vendor : General Physics Corporation
Address : 10650 Hickory Ridge Road
Columbia, MD 21044
Phone : 800-638-3838
System Name : PEM (Plant Equipment management)
Operating System : Prime/Ultimate, IBM
System Price : N/A
System Description : Plant maintenance Program
Material Management Control
Purchasing Program
Equipment Data Program

Vendor : Global Software Consultants
Address : 307 4th Ave.
P.O. Box 15626
Minneapolis, MN 55415
Phone : 612-757-2305
System Name : Taskmaster
Operating System : IBM XT or compotible
System Price : \$ 6,000.00. Some Small add ons
System Description : Master Equipment
Special Intruktions File
Cost Center File
Maintenance Intruktions File
Inventory File
Vendor File
Equipment Component File
Employee Performance File
History File

Vendor : Grumman Data System Corporation
Address : 1000 Woodbury Road
Woodbury, NY 11797
Phone : 800-GDS-INFO
System Name : The Maintenance management System
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Work Order Generation
Spare Parts Inventory
Preventive Maintenance
Report information

Vendor : Hawlett Packard
Address : 2033 Branham Lane
San Jose, CA 95124
Phone : 408-559-5438
System Name : HP Maintenance management
Operating System : HP 3000
System Price : Mid \$30,000.00's to 70,000.00
System Description : Work Order Control
PM Scheduling
Equipment and Work Order History
Task and Craft Scheduling
Graphics Reporting
Parts Catalog
Issue/Receipts
Vendor
Purchase order tracking

Vendor : HRL Associates Inc.
Address : 2102-B Gallows Road
Viera, VA 22180
Phone : 703-448-1442
System Name : TMS Maintenance Manager
Operating System : PC/MS-DOS
System Price : Approx. \$6,500.00
System Description : Computer-Generated Preventive maintenance
Work Order
Computer-Generated Corrective Work Order
Computer-Generated Maintenance
Management reports
Inventory Usage

Vendor : Impell Pacific
Address : 2345 waukegan Rd.
Bannockburn, IL 60015
Phone : 312-940-2000
System Name : Maintenance management System
Operating System : IBM Mainframe
System Price : \$20,000.00-\$180,000.00
System Description : Work Order System
Equipment System
Preventive Maintenance system
Personnel Control System
Budgeting and Accounting System

Planning System

Vendor : INDECON Inc.
Address : 935 Merchants Plaza East
Indianapolis, IN 46204
Phone : 317-634-9482
System Name : The Maintenance Management Information System
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Work Order
Stores and Purchasing
System Maintenance
System Reports
Preventive Maintenance

Vendor : Intec System, Inc.
Address : 400 Australian Avenue
West Palm Beach, FL 33401
Phone : 305-832-3799
System Name : EMIS (Equipment Management Information service)
Operating System : IBM 370, 30XX, 43XX, Micro-compatible also
System Price : N/A
System Description :
For fleet maintenance: Equipment Inventory Master File-
Equipment Records
Fuel File-All fuel transaction for
Equipment
Repair File-All equipment repair

Vendor : J.B. system
Address : 21600 Oxnard Street
Suite 640
Woodland Hills, CA 91367
Phone : 213-340-9430
System Name : MAINSAVER
Operating System : PC/MS-DOS and DEC/VAX
System Price : \$3,000.00-\$28,000.00
System Description : Work Order Module
Budget Module
Maintenance History Module
Inventory History module
Preventive Maintenance modul

Vendor : Jentech Control, Inc.
Address : RT.i Box 93
Gresham, WI 54128
Phone : 715-787-3795
System Name : Jentech Maintenance Management System
Operating System : IBM PC or XT or Apple IIe
System Price : \$849.00
System Description : Equipment Information
Preventive Maintenance
Equipment Run Hours
Work History
Inventory
(Note: Good for only 500 pieces of
Equipment)

Vendor : Johnson Controls
Address : 507 E. Michigan Street
P.O. Box 423
Wilwaukee, WI53201
Phone : 414-274-4000
System Name : JC/85
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Work Orders
Management reports
Downtime Scheduling

Vendor : Josalli Inc.
Address : P.O.Box 460
Enka, NC 28728
Phone :704-252-9146
System Name :PMS (Preventive Maintenance System)
Operating System :IBM PC or XT or compatible
System Price : \$495.00
System Description : Equipment Inventory
Preventive Maintenance
Job Posting
Equipment History
System Reports

Vendor : Keith Steven
Address : 9531 West 78th Street

Edeen Prairie, MN 55344
Phone : 612-941-0770
System Name : MCS
Operating System : DEC VAX, Prime, HP
System Price : N/A
System Description : Routine Maintenance
Preventive Maintenance
Stores/Inventory
Purchasing

Vendor : Kellogg Plant service
Address : Three Greenway Plaza East
Houston, TX 77046
Phone : 713-960-2000
System Name : KELCAM
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Work Order Tracking
Equipment History
Nameplate Tracking
Job Planning
Inventory Control
Preventive Maintenance Tracking
Purchase Order Tracking
Personnel tracking

Vendor : KRM Software Development Company
Address : 6851 South Holy Circle
Suite 160
Englewood, CO 80112
Phone : 303-793-0226
System Name : ESCAPE
Operating System : N/A
System Price : \$25,000.00 + 10% annual maintenance
System Description : Employee Data
Preventive Maintenance
Work Orders

Vendor : Maintenance Automation Corporation
Address : 400 South Dixie Highway
Hallandale, FL 33009
Phone : 305-454-9997
System Name : The Chief

Operating System : IBM Micros
System Price : \$5,400.00 but add ons could increase to \$10,000.00
System Description : Preventive Maintenance
Records
Reports
Routine and Special Work Orders
Labor and Material Costs

Vendor : Maintenance Control System
Address : 7530 Gallup Street
Littleton, CO 80120
Phone : 303-798-3575
System Name : MCSI
Operating System : IBM PC, XT, AT
System Price : \$2,500.00
System Description : Work Order Planning
Preventive Maintenance Scheduling
Mean-Time-to-Failure Tracking
Equipment reports
Accounting Summary
Spare Parts Inventory

Vendor : Marshall System
Address : 383 N. Kings Highway
Cherry Hill, NJ 08034
Phone : 609-779-1187
System Name : MACS
Operating System : IBM-PC
System Price : \$8,000.00 for system; \$4,000.00 for training
System Description : Storeroom Control System
Maintenance Scheduling
Maintenance Evaluation and Planning

Vendor : H.B. Maynard and Company, Inc.
Address : 235 Alpha Drive
Pittsburgh, PA 15238
Phone : 412-963-8100
System Name : AUTOMAINT
Operating System : IBM PC or XT
System Price : N/A
System Description : Preventive Maintenance
Corrective Maintenance
Inventory Management

Labor Reporting
Management Control

Vendor : MCC POWERS
Address : 2942 MacArthur Blvd.
 Noorthbrook, IL 60062
Phone : 312-272-9555
System Name : MCC
Operating System : Mini Computers PDP-II
System Price : \$10,000.00-\$25,000.00
System Description : Work Order
 Stores and Purchasing
 System Maintenance
 System Reports
 Preventive Maintenance

Vendor : Micro Business Applications
Address : 24293 Telegraph Rd.
 Southfield, MI 48034
Phone : 313-358-3366
System Name : Asset Information Management System
Operating System : MS-DOS
System Price : \$10,000.00-\$50,000.00
System Description : Preventive Maintenance
 Corrective Maintenance
 Equipment History
 Personnel Time Management
 Purchase Order and Budget Control

Vendor : Mineral Services, Inc.
Address : 711 Marion Building
 1276 West Third Street
 Cleveland, OH 44113
Phone : 216-621-0886
System Name : MSI Maintenance System
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : N/A

Vendor : MIS/R Systems, Inc
Address : P.O. Box 303
 Montchanin, DE 19710-9990

Phone : 302-995-6340
System Name : MIS/R
Operating System : IBM, DEC, HP, WANG, Apple, Micros
System Price : \$6,900.00-\$9,600.00
System Description : Equipment Inventory
Preventive Maintenance
History reports
Manpower Usage Reports
Inventory
Budget reports

Vendor : Modern Management Inc.
Address : 7301 Carmel Executive Park
Charlotte, NC 28226
Phone : 704-542-6546
System Name : MODCAM
Operating System : MS/PC DOS System; also HP1000
System Price : \$20,000.00 + \$1,000.00/yr renewal fee
System Description : Work Order Tracking
Preventive Maintenance
Name Plate Tracking (vendor, spare parts,
other information)
Equipment History
Inventory Control
Job Planning
(Note: This system uses a series of
benchmarks or sample maintenance job to
assist in determining times to do jobs.
They claim to specially tailor system to
Clint's needs)

Vendor : National Southwire Alumunium
Address : BOX 500
Hawesville, KY 42348
Phone : 502-927-6921
System Name : CAMS
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Work Order
Equipment
Maintenance Labor
Preventive Maintenance
Spare Parts
Engineering Drawings

Vendor : NUS Operating Service Corporation
Address : 910 Clopper Road
Gaithersburg, MD 20878-1399
Phone : 301-258-6000
System Name : Maintenance Management Program
Operating System : PC/MS-DOS, IBM 36, and DEC/VAX
System Price : \$10,000.00 (Mainframe \$50,000.00 and up)
System Description : Equipment Data Base
Corrective Maintenance Work Order
Preventive Maintenance Work Order
Maintenance History Files

Vendor : OMNI Software System
Address : 146 North Board Street
Griffith, IN 46319
Phone : 219-924-33522
System Name : Preventive Maintenance System
Operating System : IBM PC or Compatible
System Price : \$250.00
System Description : N/A

Vendor : Penguin Computer Consultants
Address : P.O. Box 20485
San Jose, CA 95160
Phone : 408-997-7703
System Name : Maintenance and Inspection System
Operating System : IBM XT or AT
System Price : \$2,750.00
System Description : Primarily a preventive maintenance system
Also has an inventory expansion module

Vendor : Penton Software
Address : 420 Lexington Ave.
Suite 2846
New York, NY 10017
Phone : 800-221-3414
System Name : MAINTENANCE MASTER (Version I-IV)
Operating System : IBM PC or XT
System Price : \$2,995.00-9,495.00
System Description : Preventive Maintenance
Maintenance Planning, Scheduling, and Control

Maintenance Inventory Control
Equipment History
Fixed Asset System
(Voice Recognition in 1985)

Vendor : Performance Technology, Inc.
Address : P.O. Box 5000-410
 Danville, CA 94526
Phone : 415-838-7464
System Name : Performance Pro
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Inventory Control
 Maintenance
 Operations
 Reporting

Vendor : Planned Maintenance Systems
Address : 5707 Seminary Road
 Falls Church, VA 22041
Phone : 703-931-8090
System Name : Facility Management System
Operating System : Mainframe, micro, mini
System Price : \$3,000.00-\$60,000.00
System Description : Work management System
 Equipment management System
 Materials Management System
 Time Accounting System
 Project management
 Budget and Accounting Program
 Swift On-Line Report Developer

Vendor : PM Associates (Note: Purchased by AT&T)
Address : 54 Cruch Street
 P.O. Box 310
 Le Roy, NY 14482
Phone : 716-768-2111
System Name : PM- Maintenance management System
Operating System : IBM PC, XT, AT
System Price : \$20,000.00
System Description : Work Order Information and Retrieval
 Priority Determination and Evaluation
 Planning and Scheduling Support

Multiple Steps and Work Type
Work Order Extraction and Sorting
Equipment Information and Retrieval

Vendor : PMS System Corporation
Address : 2800 West 28th St.
Santa Monica, CA 90405
Phone : 213-450-1452
System Name : SMART/MMS
Operating System : IBM 360/370/30XX/43XX, DEC/VAX, HP3000
System Price : \$60,000.00-\$100,000.00
System Description : Preventive Maintenance
Work Order
Equipment Tracking
Program Management

Vendor : Project Software and Develoment, Inc.
Address : 20 University Road
Cambridge, MA 02138
Phone : 617-661-1444
System Name : MAXIMO
Operating System : IBM XT or AT
System Price : \$17,900.00
System Description : Work Order Tracking
Preventive Maintenance
Inventory Control
Equipment History
Security System
Report Writer
Mouse Support

Vendor : Albert Raymond & Associates
Address : Newport Office Center Suite 600
5005 Newport Drive
Rolling Meadows, IL 60008
Phone : 312-577-6868
System Name : RAMPS
Operating System : IBM, WANG, NCR Minis, VAX, PC/36
System Price : \$18,750.00-\$37,500.00
System Description : Work Order
Preventive Maintenance
Equipment History
Parts Inventory

Vendor : Revere Technology and Consulting Company
Address : Route 5
 Revere Road
 Scottsboro, AL 35768
Phone : 205-259-4561
System Name : Revere Dynamic System
Operating System : IBM Mainframe, HP3000 (Micros also)
System Price : N/A
System Description : Maintenance Planning and Scheduling
 Control and Reporting
 Inventory Control
 Purchasing

Vendor : RMS System
Address : Two Scott Plaza
 Philadelphia, PA 19113
Phone : 215-521-2817
System Name : TRIMAX-PM
Operating System : IBM 34, 36, 38
System Price : \$20,000.00-\$120,000.00
System Description : Maintenance Management
 Repair Management
 Inventory management
 (Leans heavily toward preventive
 maintenance)

Vendor : Sigma Consulting Group
Address : 12465 Lewis Street
 Suite 104
 Garden Grove, CA 92640
Phone : 714-971-9964
System Name : WorkSmart
Operating System : IBM Mainframe, HP-3000, IBM-36
System Price : \$40,000.00
System Description : Equipment Records and History
 Preventive Maintenance
 Maintenance Cost Reporting
 Storeroom Inventory Control
 Purchase Order Processing
 Reports

Vendor : The Stanwick Corporation
Address : 3661 Va. Beach Blvd.
 P.O. Box 12210
 Norfolk, VA 23502
Phone : 804-855-8681
System Name : N/A
Operating System : IBM PC/XT, also system 34
System Price : \$11,490.00
System Description : Work Order
 Stores and Purchasing
 System Reports
 System Maintenance
 Preventive Maintenance

Vendor : Syska & Hannessy
Address : Facilities Management Group
 11 west 42nd Street
 New York, NY 10036
Phone : 212-921-2300
System Name : FAMTRAC
Operating System : IBM PC or Compatible with Hard Disk
System Price : License for \$4,000.00-\$8,000.00
System Description : Nameplate Data and Spare Parts Information
 Preventive Maintenance Work Order System
 Standard Work Order
 Work Order History
 Maintenance Inventory Control
 Management Reports
 Employee Data Storage

Vendor : System Coordination Incorporated
Address : P.O. Box 2600
 Crystal river, FL 32629
Phone : 904-795-2362
System Name : CHAMPS
Operating System : IBM, WANG, VAX mainframe, HP-3000
System Price : \$45,000.00-\$190,000.00
System Description : System Supervisory and File Maintenance
 Module
 Engineering Data Base Module
 Query Report Writer
 Global Report Writer
 Repetitive tasking Module

Maintenance work Request Module
Personal module

Vendor : The System Works
Address : The System Works
 1640 Powers Ferry Rd., Bldg.11
 Atlanta, GA 30067
Phone : 404-952-8444
System Name : The System Work, also NPAC2
Operating System : Prime, IBM 4300, General Aviation
System Price : \$100,000.00-\$200,000.00
System Description : Work Orders
 Stores purchasing
 Computer Data Base
 Preventive Maintenance

Vendor : TERA Information Engineering Corporation
Address : 2150 Shattuck Avenue
 Berkeley, CA 94704
Phone : 415-845-5055
System Name : MCP
Operating System : IBM, DEC, DG
System Price : \$40,000.00-\$200,000.00
System Description : Resource Data
 Maintenance planning
 Purchasing
 Inventory Control
 Utility Report Requests

Vendor : TMM Systems
Address : 127 Michael Drive
 Red Bank, NJ 07701
Phone : 201-530-1805
System Name : TMM (Total Maintenance management)
Operating System : IBM XT/AT or Compatible 512K
System Price : \$9,500.00
System Description : Work Order Processing
 Equipment Information and History
 Preventive Maintenance
 Inventory Control

Vendor : Union Carbide

Address : 39 Old Ridgebury Road
Danbury, CT 06817-0001
Phone : 203-794-5115
System Name : MMIS (Maintenance Management Information
System)
Operating System : N/A
System Price : N/A
System Description : Reliability Maintenance
Work Load and Cost Control
Maintenance Labor and Administration
Planning and Scheduling
Materials Interface

Vendor : USS Engineers and Consultants
Address : 600 Grant Street
Pittsburgh, PA 15230
Phone : 412-391-8115
System Name : MIMS
Operating System : Mainframe
System Price : \$225,000.00
System Description : Assigned Maintenance Scheduling and Control
Maintenance planning and Control
Personnel Resources

Vendor : Vertimax Corporation
Address : 522 South Florida Ave.
Lakeland, FL 33801
Phone : 813-688-1882
System Name : Micromaint
Operating System : IBM XT Compatible
System Price : \$3,750.00
System Description : Work Order
Equipment History
Parts Inventory
Preventive Maintenance

Vendor : Vision Computer System
Address : Georgetown Professional Building
3801 Monarch Drive
Recine, WI 53406
Phone : 414-552-7007
System Name : VCS
Operating System : Micro

System Price : N/A

System Description : Work Order System
Preventive Maintenance
Overtime

DAFTAR TABEL		
NO	JUDUL	HAL
1.1	Pekerjaan Pemeliharaan pada umumnya meliputi	4
1.2	Petunjuk Pemeliharaan <i>Tape-Player</i>	6
1.3	Informasi yang harus ada pada Fungsi Kontrol Inventaris	27
2.1	Perbandingan Jenis-Jenis dari Resistor Kegunaan Umum	43
2.2	Contoh Spesifikasi Sebuah Catu Data dan Multimeter Digital	45
2.3	Kecepatan Kegagalan Komponen	56
2.4	Efek Lingkungan terhadap Item	61
2.5	Pertanyaan	2-30
3.1	Signifikasi Angka-Angka Warna Umum Resistor	89
3.2	Kegagalan-Kegagalan pada Resistor Tetap	90
3.3	Aplikasi Resistor Variabel	92
3.4	Kerusakan Kapasitor dan Penyebabnya	94
3.5	Parameter-Parameter Penting Semikonduktor Diskrit	104
5.1	Karakteristik Beberapa Gabungan IC Logic	150
5.2	Tabel Kebenaran RS <i>Flip-Flop</i> (gerbang NAND)	152
5.3	Tabel Kebenaran RS <i>Flip-Flop</i> (gerbang NOR)	152
5.4	Tabel Kebenaran untuk Bistable D	153
5.5	Tabel Kebenaran untuk Bistable JK	154
6.1	Kerusakan Umum pada Catu Daya Teregulasi	191
6.2	Klasifikasi Umum dari Rangkaian Penguat	198
6.3	Kerusakan pada Penguat Sinyal Kecil	224
6.4	Kerusakan pada Penguat Daya	225
6.5	Parameter-Parameter <i>Op-Amp</i> dan Karakteristiknya	248
7.1	Karakteristik Operasi dari Model-Model Motor	270
9.1	Konversi A/D	9-5
11.1	Perbedaan PLC dengan PC (<i>Personal Computer</i>)	379
11.2	a: Dasar Dasar Gerbang Logika b: Tabel Kebenaran	393
11.3	Implementasi Gerbang Logik, Diagram Ladder dan Waktu	393
11.4	Rangkaian Relay & Konfigurasi Logik	394
11.5	Simbol & Notasi Teks untuk Pemrograman PLC	395
11.6	Resistansi Kontak Bagian Tubuh	398
11.7	Perbandingan Bilangan Biner, Desimal dan Oktal	435

DAFTAR GAMBAR		
NO	JUDUL	
1.1	Kegiatan Pemeliharaan dan Perbaikan	
1.2	Contoh Kerusakan Alat pada Umumnya	
1.3	Tahapan Pemeliharaan Korektif	
1.4	Peralatan Bantu Diagnosis	
1.5	Contoh Sistem yang Akan Didiagnose	
1.6	Manual Perbaikan dalam Bentuk Diagram Alir	
1.7	A: Kondisi Normal B: Kondisi Rusak	
1.8	Diagram Blok Rangkaian Generator RF	
1.9	Prinsip-prinsip Manajemen	
1.10	Tipe dan Level Pekerjaan Pemeliharaan dan Perbaikan pada Umumnya	
1.11	Proses Pembuatan Rencana Kerja Pemeliharaan	
1.12	Contoh Sebuah W. R. Sederhana	
1.13	Reduksi Biaya Pemeliharaan Setelah Menggunakan CMMS	
1.14	Aliran Sistem Work Order	
1.15	Contoh Tampilan <i>Work Order Entry</i> pada Layer Monitor Komputer	
1.16	Contoh Tampilan pada Monitor Komputer Tentang Kegiatan Pemeliharaan Preventif	
1.17	Contoh Tampilan Monitor Komputer pada Modul Laporan Pemeliharaan	
1.18	Beberapa Jenis Alat Pemadam Kebakaran	
1.19	(a-h) Simbol-simbol Bahaya	
1.20	Peralatan Perlindungan Diri	
1.21	Organisasi OSHA	
2.1	Contoh Alat Komunikasi Sebuah Sistem	
2.2	Pemeliharaan	
2.3	Lampu Pijar Umurnya Tak Panjang	
2.4	Grafik Kerusakan Lampu Indikator	
2.5	Memperkirakan Keausan Itu Sulit	
2.6	Hubungan Antara Ongkos Pemeliharaan dan Perbaikan Serta Tersedianya Perlengkapan	
2.7	Ongkos Pemeliharaan yang Tak Menentu	
2.8	Kedisiplinan terhadap Waktu Termasuk Dalam Koordinasi Perusahaan	
2.9	Pengembangan Produksi	
2.10	Kolam Air Panas	
2.11	Kerugian karena Kerusakan Pelayanan	
2.12	Peralatan Rumah Sakit yang Perlu Dipelihara	

2.13	Pemeliharaan yang Terprogram	
2.14	Segala Sesuatu Harus Direncanakan	
2.15	Bandingkan Sebelum Membeli	
2.16	Spesifikasi Potensiometer	
2.17	Contoh Alat Ukur	
2.18	Contoh Sumber Daya	
2.19	Contoh Alat Komunikasi	
2.20	Contoh Pengolah Data	
2.21	Contoh Elektronik Konsumen	
2.22	Contoh Sistem Kontrol	
2.23	Kalibrasi Hal yang Penting	
2.24	Hubungan Usia Peralatan dan Laju Kegagalan	
2.25	Semua Peralatan Harus Dipelihara	
2.26	Contoh Gagal Sebagian Warna Hijaunya Hilang	
2.27	Contoh Gagal Menyeluruh TV Mati Total	
2.28	a. Biaya Manufaktur Terhadap Keandalan b. Biaya Pemilikan Terhadap Keandalan	
2.29	Grafik R Terhadap T	
2.30	UPS Sebuah <i>Redundancy</i> Aktif	
2.31	Masalah Karena <i>Redundancy</i> Pasif	
2.32	Efek Lingkungan yang Mempengaruhi Keandalan	
2.33	Waktu Adalah Uang	
2.34	Teliti Dahulu Sebelum Bekerja	
2.35	Mengamati Gejala Kerusakan	
2.36	a. Multi Masukan Satu Keluaran b. Satu Masukan Multi Keluaran	
2.37	Sinyal Tracing Sebuah Penguat Sederhana	
2.38	Metode <i>Signal Tracing</i> Pasif Sebuah Catu Daya	
2.39	Metode <i>Signal Tracing</i> Aktif Radio FM Cara Pertama	
2.40	Metode <i>Signal-Tracing</i> Aktif Radio FM Cara Kedua	
2.41	Data Perusahaan	
2.42	8 Blok Sub Sistem Tersusun Seri	
2.43	Kerusakan Radio Cocok dengan Metoda <i>Half Splitting</i>	
2.44	Contoh Pemutusan Lup.	
2.45	Rangkaian Makin Komplek Analisa Makin Rumit	
2.46	Kebingungan Awal Bencana	
2.47	Contoh Analisa Kesalahan pada Regulator DC	
2.48	Analisa Sinyal Tanpa Alat Bantu Akan Membingungkan	

2.49	Contoh Analisa Logika pada <i>Shift Register</i> .	
2.50	Analisa dengan Logika	
2.51	Tes Diri Komputer	
2.52	Diagram Alir Tes Diri CD-ROM	
2.53	Program Diagnosa Komputer	
2.54	Elemen Komputer Masih Berfungsi	
2.55	Keberhasilan Ada di Tangan Anda	
2.56	a. Hubungan Singkat Antara Basis ke Emiter b. Beban Kolektor Mendekati Nol c. Hubungan Transistor Paralel d. Penambahan R_B Menyebabkan V_c Turun e. Hubungan Seri Dua Transistor f. Hubungan Input dan Output Transistor	
2.57	Pengetesan FET	
2.58	Pengetesan SCR	
2.59	Pengetesan SCR dengan Ohm Meter	
2.60	Rangkaian Osilator Sebagai Pengetes UJT	
2.61	Alat Tester Kesenambungan dengan Audio	
2.62	R_s Sebagai Resistor <i>Decoupling</i> pada Catu Daya	
2.63	R_e Pada Penguat <i>Komplementary</i> Simetris	
2.64	R_c Pada Flip – Flop	
3.1	Jenis – Jenis Resistor Tetap	
3.2	Konstruksi Dasar Potensiometer	
3.3	Bentuk Potensiometer	
3.4	Macam – Macam Kapasitor	
3.5	Gelang Anti Statik	
3.6	Rangkaian Sederhana untuk Mengukur Kapasitansi.	
3.7	Jembatan Kapasitansi	
3.8	Pemakaian Dioda Semikonduktor untuk Menentukan Polaritas Multimeter	
3.9	Mengukur Resistansi Maju BE Transistor	
3.10	Mengukur Resistansi Maju BC Transistor	
3.11	Mengukur Resistansi Balik BE Transistor	
3.12	Mengukur Resistansi Balik BC Transistor	
3.13	Jembatan <i>Wheatstone</i>	
3.14	Sirkuit AC untuk L, C, R	
3.15	Kapasitansi / Induktansi Meter	
3.16	Karakteristik Dioda Semikonduktor	
3.17	Sirkuit RAMP untuk Sirkuit TEST	
3.18	Sirkuit Pentest Tembus Arah Balik	
3.19	Bermacam-Macam Bentuk Transistor	
3.20	Tegangan Kerja Normal Transistor NPN dan PNP	

3.21	Rangkaian untuk Mengukur H_{fe}	
3.22	Pemakaian XY Plotter untuk Mendapatkan Karakteristik Transistor.	
3.23	Pengukuran $V_{CE(Sat)}$	
3.24	a. Pengukuran I_{dss} b. Mengukur Y_{fs} atau G_m	
3.25	Rangkaian untuk Menguji Thyristor	
3.26	Macam-Macam Bentuk IC Linear dan Digital	
3.27	Contoh Rangkaian Test IC	
4.1	Konstruksi Dasar Mesin Listrik	
4.2	Hukum Tangan Kiri untuk Motor	
4.3	Hukum Tangan Kanan untuk Generator	
4.4	Startor Mesin DC	
4.5	Potongan Mesin DC	
4.6	Komutator & Pemegang Sikat	
4.7	Konstruksi Generator DC	
4.8	Pembangkitan Tegangan Induksi	
4.9	Tegangan Rotor yang Dihasilkan Melalui Cincin-Seret dan Komutator	
4.10	Generator Penguat Terpisah	
4.11	Karakteristik Generator Penguat Terpisah	
4.12	Diagram Rangkaian Generator <i>Shunt</i>	
4.13	Karakteristik Generator <i>Shunt</i>	
4.14	Diagram Rangkaian Generator Kompon	
4.15	Karakteristik Generator Kompon	
4.16	Jangkar Generator DC	
4.17	Medan Eksitasi Generator DC	
4.18	Medan Jangkar dari Generator DC	
4.19	Reaksi Jangkar	
4.20	a): Generator dengan Kutub Bantu b): Generator Kutub Utama, Kutub Bantu, Belitan Kompensasi	
4.21	Medan Eksitasi dan Medan Jangkar	
4.22	Medan Eksitasi dan Medan Jangkar	
4.23	Rangkaian Ekuivalen Jangkar	
4.24	a) Rangkaian Ekuivalen Motor Penguat Terpisah b) Karakteristik Motor Penguat Terpisah	
4.25	a) Rangkaian Ekuivalen Motor Shunt b) Karakteristik Motor Shunt	
4.26	a) Rangkaian Ekuivalen Motor Seri b) Karakteristik Motor Seri	
4.27	a) Rangkaian Ekuivalen Motor Kompon b) Karakteristik Motor Kompon	
4.28	Tipe Rotor dari Generator Sinkron	

4.29	Generator Sinkron 6 Kutub	
4.30	Potongan Arus Putar Rotor	
4.31	Pemberian Daya pada Rotor	
4.32	Pengecekan Motor	
4.33	Rest Lamp	
4.34	Pengujian Ground dengan Meohmeter	
4.35	Pengujian Open Circuit	
4.36	Pengujian Hubung Singkat untuk Stator	
4.37	Pengujian Hubung Singkat untuk Jangkar	
4.38	Pengujian Hubung Singkat untuk Jangkar	
4.39	Prosedur untuk Pengukuran Rugi-rugi Inti	
4.40	Pembongkaran Eksiter dengan Tali Pengikat	
4.41	Pembongkaran Eksiter dengan Alat Khusus	
4.42	Melepas Bearing dengan Pencabut & Pemanas	
5.1	Contoh Bermacam-Macam Peralatan Digital	
5.2	Contoh Rangkaian Rtl	
5.3	Contoh Rangkaian Dtl	
5.4	Contoh Rangkaian Ttl	
5.5	Contoh Rangkaian Ecl	
5.6	Contoh Rangkaian Mos	
5.7	Contoh Rangkaian lil	
5.8	Macam-Macam Bentuk IC	
5.9	Bistable RS	
5.10	Bistable Rs <i>Clock</i>	
5.11	Bistable D	
5.12	Bistable T	
5.13	Penggunaan <i>Flip-Flop Edge Triggered</i> Tipe D	
5.14	Bistable Jk Dasar	
5.15	Bistable Jk <i>Master Slave</i>	
5.16	Rangkaian <i>Counter</i>	
5.17	Shift Register Dasar	
5.18	Bistable MOS	
5.19	Shift Register Mos Static	
5.20	Shift Register Mos Dinamik	
5.21	Multimeter Analog dan Multimeter Digital	
5.22	Jenis Klip Logik dan Penggunaannya	
5.23	Klip Logik Memberikan Indikasi Visual	
5.24	Macam-Macam Logik Probe dan Cara Pengukurannya	
5.25	Analisa Rangkaian Dimulai pada Pusat Rangkaian	
5.26	Pemulsa Logik yang dapat Memberikan Sinyal pada Rangkaian	
5.27	Beberapa Cara untuk Menguji Gerbang Logik	

5.28	Letakkan Probe pada Keluaran Gerbang NAND dan Pemulsa pada Keluaran Gerbang AND	
5.29	Tempatkan Probe dan Pemulsa pada Keluaran Gerbang AND	
5.30	IC Tester	
5.31	Macam-Macam Osiloskop	
5.32	Lihat dan Sentuh	
5.33	Penumpukan IC	
5.34	Mikrovoltmeter untuk Mengetahui Rangkaian yang Hubung Singkat ke Ground	
5.35	Kondisi-Kondisi Kesalahan yang Mungkin di Suatu Gerbang Tunggal	
5.36	Keluaran Mensuplai Beberapa Masukan	
5.37	Rangkaian Lampu Kedip dengan Memori	
5.38	Rangkaian Ramp Generator	
5.39	8 Step Tangga	
6.1	Contoh Rangkaian Regulator Seri Linear	
6.2	Contoh Regulator <i>Switching</i> untuk Komputer	
6.3	Rangkaian Inverter	
6.4	Rangkaian Konverter	
6.5	Contoh Kurva Regulasi Beban untuk Catu Daya Teregulasi Linear	
6.6	Karakteristik Batas Arus Balik	
6.7	Beban Jarak Jauh dari Terminal-Terminal Catu Daya	
6.8	Remote Sensing untuk Kompensasi Tahanan Kawat	
6.9	Regulator-Regulator yang Memakai <i>Point Of Load</i>	
6.10	Distribusi Paralel	
6.11	Perbaikan Susunan untuk Gambar 6-10	
6.12	Distribusi Satu Titik Solusi Terbaik	
6.13	Diagram Blok Regulator Seri Linear	
6.14	Contoh Catu Daya Teregulasi Dipasaran	
6.15	Rangkaian Pembatas Arus Regulator Seri	
6.16	Rangkaian Pengamanan Beban Arus Balik	
6.17	Rangkaian Pengamanan Tegangan Lebih	
6.18	Ic Regulator μA 723a	
6.19	Regulator 7V sampai dengan 37V	
6.20	Beberapa Langkah Pemeriksaan Visual	
6.21	Rangkaian Regulator Seri Linear dengan Menggunakan Transistor Sistem Darlington	
6.22	Rangkaian Inverter untuk Daya Rendah	
6.23	Dasar Rangkaian Inverter	

6.24	Diagram Blok Regulator Mode Pensaklar Primer	
6.25	Diagram Blok Regulator Mode Pensaklar Reguler	
6.26	Diagram Blok Smpu	
6.27	Bentuk Gelombang pada Tiap Titik Output Blok	
6.28	Pengawatan Catu Daya pada Komputer	
6.29	Salah Satu Model Catu Daya Komputer	
6.30	Blok Dasar Penguat	
6.31	Simbol Umum Penguat	
6.32	Penguat Satu Tingkat Kelas A	
6.33	Penguat Puspul Kelas B	
6.34	Rangkaian Osilator	
6.35	Pengukuran Penguat Tegangan pada Sebuah Rangkaian Penguat	
6.36	Pengukuran Impedansi Input dari Penguat Tegangan Audio	
6.37	Pengukuran Impedansi Output dari Penguat Tegangan Audio	
6.38	Pengukuran Daya Output, Efisiensi dan Sensitifitas dari Sebuah Penguat Output Audio	
6.39	Distorsi Amplitudo	
6.40	Distorsi Frekuensi	
6.41	Distorsi <i>Crossover</i>	
6.42	<i>Filter Twin Tee</i>	
6.43	Metode Dari Peragaan Distorsi Menggunakan CRO	
6.44	Pengukuran dengan Menggunakan Gelombang Kotak pada Sebuah Penguat	
6.45	a. Kapasitansi Liar yang Kecil pada Saluran AC Dapat Menimbulkan Derau yang Besar pada Level Saluran Berimpedansi Tinggi b. Pelindung Mengeliminasi Derau	
6.46	a. Pelindung Dihubungkan ke Tanah b. Pelindung Sambungan yang Benar	
6.47	a. Tehnik Meredam Derau untuk Loncatan Bunga Api Motor b. Alat Phone atau Tape Magnet (<i>Head</i>)	
6.48	Penguat Satu Tingkat dengan Tegangan Dc Normal	
6.49	Kondisi R1 Terbuka	
6.50	Kondisi R2 Terbuka	
6.51	Kondisi R3 Terbuka	
6.52	Kondisi R4 Terbuka	
6.53	Kondisi C1 Atau C2 Terbuka	

6.54	Kondisi C3 Terbuka	
6.55	Kondisi C3 Hubung Singkat	
6.56	Hubungan Kolektor Basis Terbuka	
6.57	Hubungan Kolektor Basis Hubung Singkat	
6.58	Hubungan Emiter Basis Terbuka	
6.59	Hubungan Emiter Basis Hubung Singkat	
6.60	Hubunga Kolektor Emiter Hubung Singkat	
6.61	Penguat Daya Frekuensi Audio	
6.62	Diagram Modul Sistem Stereo	
6.63	Beberapa Contoh Bagian dari Sistem Audio Stereo	
6.64	Diagram Blok <i>Expander</i>	
6.65	a. Diagram Blok Sistem Penguat Stereo b. Grafik Audio Level untuk Penguat Pada Gambar 6.65a	
6.66	Gambaran Tentang Masalah Akustik	
6.67	Contoh TV Hitam Putih	
6.68	Contoh TV Berwarna	
6.69	Pengambilan Gambar oleh Kamera dan Disalurkan ke TV	
6.70	Diagram Blok Penerima TV Berwarna Lengkap	
6.71	Contoh Rangkaian TV Berwarna	
6.72	Diagram Blok Sederhana TV Berwarna	
6.73	Tuner TV	
6.74	Penguat IF	
6.75	Rangkaian AGC	
6.76	AGC Model Lain	
6.77	Rangkaian Defleksi Sinkronisasi	
6.78	Rangkaian Suara	
6.79	Rangkaian Catu Daya dan Skema Rangkaian Catu Daya	
6.80	Rangkaian Defleksi Horisontal	
6.81	Diagram Blok Bagian Warna Dari TV	
6.82	Tanda Panah Menandakan Komponen yang Mudah Rusak	
6.83	Garis Daerah Merah Menunjukkan Komponen yang Mudah Rusak pada Rangkaian Horisontal	
6.84	Daerah Tegangan Tinggi	
6.85	CRT	
6.86	Raster Satu Garis	
6.87	Strip Hitam Tidak Dapat Hilang dari Raster	
6.88	Tergeser Horisontal	
6.89	Rolling ke Atas/Bawah	
6.90	Garis Hitam Bergerak Terus	

6.91	Menyempit Kiri/Kanan	
6.92	Daerah Horisontal	
6.93	Gambar Melebar	
6.94	Gambar Memendek	
6.95	Gambar Memanjang	
6.96	Perbedaan Terang dan Gelap Kurang Jelas	
6.97	Garis Miring Tipis	
6.98	Warna Gambar Ada yang Hilang	
6.99	Gambar Tak Jelas tapi Warna Masih Ada	
6.100	Gambar Sebagian Melipat Arah Vertikal	
6.101	Gambar dan Warna Tak Jelas	
6.102	Gambar Tak Berwarna	
6.103	Gambar Tak Ada	
6.104	Raster Berbintik-Bintik	
6.105	Penguat Termokopel Sebuah Rangkaian Analog	
6.106	Simbol Op-Amp dan Karakteristik Perpindahannya	
6.107	Metoda-Metoda untuk Menerapkan Umpan Balik Negatif pada Suatu Op-Amp	
6.108	Op-Amp <i>Slew Rate Limiting</i>	
6.109	Tanggapan Frekuensi Op-Amp 741	
6.110	Generator Gelombang Kotak	
6.111	Function Generator Frekuensi Rendah	
6.112	Timer 555	
6.113	Timer 10 Detik Menggunakan 555	
6.114	PLL Dasar	
6.115	Penerima / Dekoder FSK	
6.116	Rangkaian Trafo 1 Fasa	
6.115	Trafo 1 Fasa Tanpa Beban	
7.1	Dasar Sistem Kendali	
7.2	Contoh Sistem <i>Open Loop</i>	
7.3	Sistem Kendali <i>Closed-Loop</i>	
7.4	Model dan Tipe Motor	
7.5	Macam – Macam Kontak Relay	
7.6	Tabel Elemen – Elemen Kendali Industri	
7.7	Kendali Elektronik untuk Sebuah Tangki Pencampur	
7.8	Sistem Pengendali Ketebalan Kabel	
7.9	<i>Strain Gauge Bridge</i>	
7.10	Peralatan Dengan Tabung	
7.11	Sistem Kempterisasi	
7.12	Macam – Macam Soket	
7.13	Contoh Sistem Kontrol di Industri	
7.14	Mencatat Apa yang Telah Diganti	

7.15	Gunakan <i>Manual Book</i> yang Benar	
7.16	Tes Kondisi Alat	
7.17	Pengecekan Ulang dan Pemeriksaan Tegangan Catu	
7.18	Pengukuran untuk Identifikasi Kerusakan	
7.19	Bekerjalah dengan Teliti	
7.20	Pengendali Kecepatan Motor DC	
7.21	Rangkaian <i>Sequential Control Unit</i>	
7.22	Diagram Blok Sistem <i>Sequential Control Unit</i>	
8.1	Contoh Panel Sumber Daya	
8.2	Tiang Distribusi Udara	
8.3	Contoh Alat Pengontrol	
8.4	Tampak Samping Lok CC-202	
8.5	Modul Elektronik CC-202	
8.6	Main Generator	
8.7	Generator Eksiter	
8.8	Wiring Sistem Tenaga Lok CC-202	
8.9	Modul GV	
8.10	Rangkaian Modul GX	
8.11	Rangkaian Modul RC	
8.12	Rangkaian Modul Sensor	
8.13	Rangkaian Modul TH	
8.14	Rangkaian Pengaman dan Pembatas Eksitasi	
8.15	Gagang Throttle	
8.16	Rangkaian Modul Feedback	
8.17	Lead Regulator	
8.18	Rangkaian SCR Assembly	
8-19	Trnsduser WST-2	
8-20	Modul Wheel Slip	
8-21	Modul Wheel Slip-Roda	
8-22	Transduser	
8-23	Pengawatan Sistem Tenaga	
8-24	Traksi Motor D-23	
8-25	Stator Traksi Motor	
8-26	Rotor Traksi Motor	
8-27	Komutator	
8-28	Sikat Arang	
8-29	Pengawatan Stator dan Rotor Traksi Motor	
9.1	CPU dalam Mikrokomputer	
9.2	Pengertian Sistem Teknik	
9.3	Dasar Sistem Berbasis Mikroprosesor	
9.4	Diagram Blok I/O Robot	
9.5	Proses Konversi Analog - ke - Digital	
9.6	DAC dalam Bentuk IC	

9.7	Bentuk Gelombang Tangga	
9.8	Rangkaian Konverter Digital ke Analog,	
9.9		
9.10	Robot pada Industri Karoseri	
9.11	Dasar Kontrol Robot	
9.12	Transformasi Koordinat	
9.13	Sistem Koordinat Anggota Badan Robot	
9.14	Hukum Gas	
9.15	Komponen Elektropneumatik	
9.16	Sinyal terlalu Banyak Dikirimkan ke Satu Alamat Operator	
9.17	Derau Berasal dari Gelombang Radio	
9.18	Salah Satu Sistem Pentanahan	
9.19	Perubahan Temperatur, Cuaca & Kelembaban dapat Berpengaruh pada Kinerja Peralatan Elektronik	
9.20	Blok Fungsional sebuah Generator Fungsi	
9.21	Blok Diagram Gripper	
10.1	Diagram Blok Mikrokomputer dan Perangkat Output	
10.2	Contoh sebuah PCB dari sebuah Komputer	
10.3	Contoh Kerusakan IC	
10.4	Salah Penempatan Posisi Saklar <i>pada Dip-Switch</i> dapat Menyebabkan Sistem Tidak Bekerja	
10.5	Pemeriksaan secara Visual	
10.6	Mencari Informasi Kerusakan dari Operator Komputer	
10.7	Sebuah Data <i>Latch</i> untuk Melacak Kegagalan pada Komputer	
10.8	Blok Diagram <i>Logic Analyzer</i>	
10.9	Contoh Pemeriksaan dengan <i>Logic Analyzer</i>	
11.1	Contoh PLC dengan 40 I/O	
11.2	Arsitektur PLC	
11.3	Prinsip Kerja PLC	
11.4	Contoh Sistem Berbasis PLC	
11.5	PLC dengan Rak-Rak	
11.6	Perangkat Pemograman (<i>handheld</i>)	
11.7	a. Modul Input DC (<i>current Sinking</i>) b. Modul Input DC (<i>Current Sourcing</i>) c. Modul Input AC/DC (<i>Current Sourcing</i>)	
11.8	a. Modul Output DC (<i>Current Sinking</i>) b. Modul Output DC (<i>Current Sourcing</i>) c. Modul Output AC	

	d. Modul Output Relay	
11.9	Gambar Potongan Mesin Press	
11.10	a. PLC & Perangkat Antarmuka Kontrol Mesin Press b. Diagram Pengawatan Kontrol Mesin Press c. Ladder Diagram untuk Kontrol Mesin Press	
11.11	Kejutan Listrik melalui Dada	
11.12	a. Saklar Toggle b. Gambar Potongan Saklar Toggle	
11.13	Konfigurasi Kontak	
11.14	Rangkaian Kontrol Lampu & Motor	
11.15	Saklar-Saklar <i>Push Button</i>	
11.16	Saklar Pemilih	
11.17	Limit Switch	
11.18	Flow Switch dalam Aliran Zat Cair melalui Pipa	
11.19	Level Switch atau <i>Float Switch</i> (FS)	
11.20	(a) Saklar Tekanan; (b) Simbol	
11.21	(a) Saklar Temperatur. (b). Simbol	
11.22	Proximity Sensor Induktif	
11.23	a. Blok Diagram <i>Proximity</i> Sensor Induktif b. Pergeseran Target & Pengaruhnya terhadap Medan Magnetik	
11.24	Contoh Aplikasi <i>Proximity</i> Sensor Induktif	
11.25	Blok Diagram <i>Proximity</i> Sensor Kapasitif	
11.26	Contoh Aplikasi <i>Proximity</i> Sensor Kapasitif	
11.27	Contoh Aplikasi Sensor Ultrasonik	
11.28	Potongan Gambar Foto Elektrik	
11.29	Sensor Fotoelektrik <i>Moda Through Beam</i>	
11.30	Sensor Fotoelektrik Retroreflektif	
11.31	Sensor Fotoelektrik Retroreflektif Terpolarisasi	
11.32	Sensor Fotoelektrik Terdifusi	
11.33	Contoh Aplikasi Sensor Fotoelektrik pada Mesin Pemotong	
11.34	Dasar Solenoid ,(a) Energi Dilepas, (b) Saat Diisi Energi	
11.35	Solenoid AC	
11.36	Solenoid Valve, (a) Gambar Potongan, (b) Uraian <i>Valve</i>	
11.37	Rangkaian Kontrol Relay	
11.38	<i>Seal-in Contact</i>	
11.39	Kontaktor	
11.40	Motor Starter	
11.41	lampu Pilot, Horn dan Alarm	
11.42	Blok Diagram Kontrol Pengisian Tangki, Aliran	

	Sinyal serta Aliran Daya	
11.43	Tahapan untuk Menentukan Pengelompokan	
11.44	a. Aliran Sinyal pada Motor Pompa b. Rangkaian Modul Input & Output	
11.45	Konfigurasi Aliran Divergen	
11.46	Konfigurasi Aliran Konvergen	
11.47	Konfigurasi Aliran dengan Umpan-Balik	
11.48	Jalur Pensaklaran	
11.49	Langkah Pelacakan pada Konfigurasi Divergen	
11.50	Simbol Rangkaian untuk Relay Pewaktu	
11.51	Diagram Ladder Relay untuk Kasus Pengaturan Kerja Motor.	
11.52	Macam-Macam <i>Timing</i> Relay	
11.53	Timer Elektronik	
11.54	Instruksi <i>Temporary End</i>	
11.55	Pencacah Mekanik	
11.56	Pencacah elektronik	
11.57	Mesin Pengepakan Apel	
11.58	Nilai Bobot dan Nilai Posisi Suatu Bilangan	
11.59	a. Konversi dari Biner ke Desimal b. Konversi Bilangan Desimal ke Biner	
11.60	a. Konversi dari Oktal ke Desimal b. Konversi Oktal ke Biner c. Konversi Biner ke Oktal	
11.61	Konversi Desimal ke BCD	
11.62	Pelacakan Kerusakan Modul Input	
11.63	Pelacakan Modul Output Deskrit	
11.64	Aplikasi Instruksi MCR	
11.65	Aplikasi Instruksi JMP dengan Satu LBL	
11.66	Instruksi <i>Jump to Subroutine</i>	
11.67	Moda Alamat Langsung	
11.68	Moda Alamat Tidak Langsung	
11.69	Moda Alamat Indeks	

RIWAYAT PENULIS



Sejak 1996 penulis berstatus sebagai dosen Politeknik Negeri Bandung. Sebelumnya penulis bekerja sebagai pengajar di Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik – Bandung (1983-1996). Berbagai training di dalam maupun di luar negeri dan kegiatan yang berkaitan dengan pengembangan pendidikan vokasional, khususnya pendidikan Politeknik, telah diikutinya. Di Swiss, selama 18 bulan (1990-1991) penulis mengikuti training khusus di bidang komunikasi data dan jaringan komunikasi. Tahun 1994 penulis melakukan studi banding (3 bulan) untuk pengembangan pendidikan vokasi / Politeknik di Australia. Penulis juga aktif menulis berbagai bahan ajar (course note), untuk bahan kuliah mahasiswa Politeknik jurusan T Elektronika. Penulis dilahirkan di Ponorogo tahun 1959, menamatkan S1 jurusan Pendidikan teknik elektronika di FPTK IKIP Yogyakarta tahun 1983, S1 teknik Elektronika ITB, 1999 dan menamatkan S2 di Teknik Elektro ITB tahun 2003.



Penulis dilahirkan di Purworejo tahun 1960, menamatkan S1 di FPTK IKIP Yogyakarta tahun 1983. Tahun 1996 menamatkan S1 di Teknik Elektro ITB. Training-training untuk pengembangan profesi di bidang elektronika telah banyak diikuti, antara lain training di bidang maintenance & repair untuk komputer, training di bidang telekomunikasi. Penulis juga aktif mengajar di politeknik tahun 1984-1985 di Politeknik Negeri Medan. Tahun 1985-1996 aktif mengajar di Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik, dan sejak 1996 hingga sekarang aktif mengajar di Politeknik Negeri Bandung.