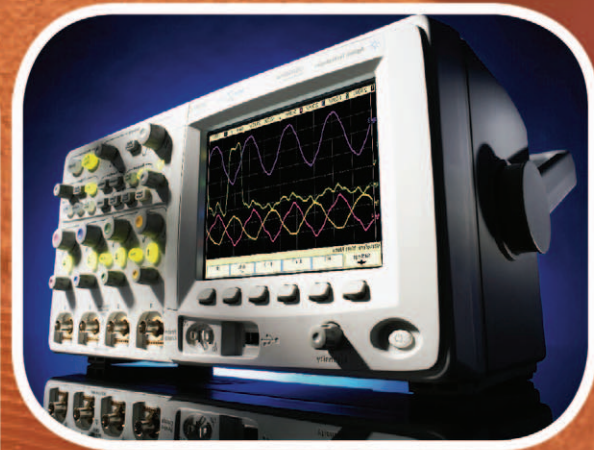


Peni Handayani, dkk.

Teknik Pemeliharaan dan Perbaikan Sistem Elektronika

untuk
Sekolah
Menengah
Kejuruan



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

Peni Handayani, dkk.

TEKNIK PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN SISTEM ELEKTRONIKA

JILID 1

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 1

Untuk SMK

Penulis : Peni Handayani
Trisno Yuwono Putro

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

HAN HANDAYANI, Peni
t Teknik Pemeliharaan dan Perbaikan Sistem Elektronika
Jilid 1 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, 146 hlm
Daftar Pustaka : Lampiran. A
Daftar Vendor : Lampiran. B
Daftar Tabel : Lampiran. C
Daftar Gambar : Lampiran. D
ISBN : 978-979-060-111-6
ISBN : 978-979-060-112-3

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

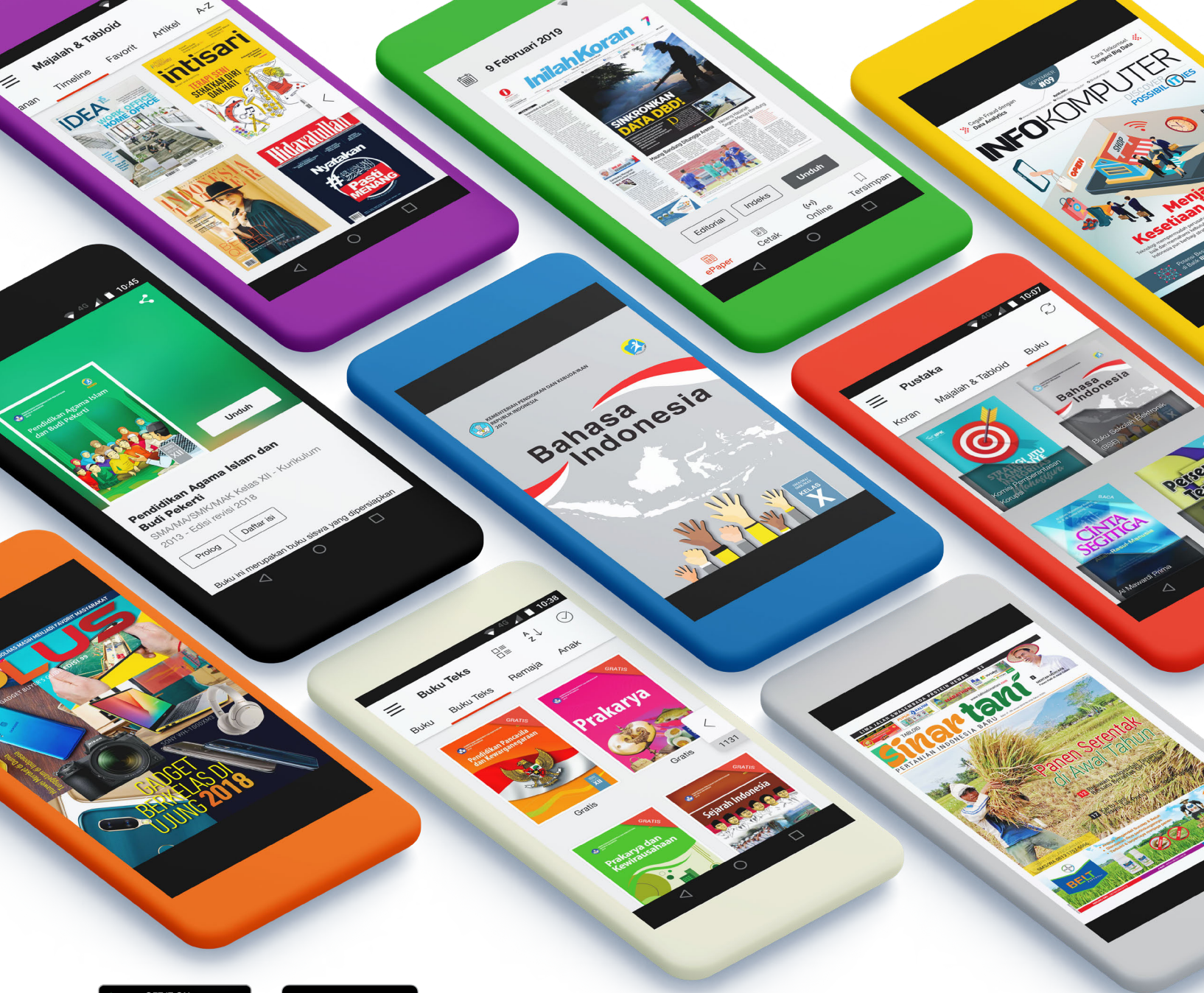
Dalam kehidupan sehari-hari kita sering mengalami ketidaknyamanan, misalnya saat hujan dan harus menyeberang jalan tiba-tiba atap pada jembatan penyeberang jalan bocor; saat perlu menggunakan telepon umum ternyata telepon tidak berfungsi karena rusak; saat akan pergi kendaraan kita atau kendaraan umum 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



iOS segera hadir

Unduh buku lainnya melalui aplikasi. Gratis.

Buku BSE dilengkapi dengan daftar isi untuk memudahkan navigasi. Tersedia juga majalah, tabloid, buku dan koran yang lebih hemat hingga 80% dibanding edisi cetak.

Unduh aplikasi myedisi reader gratis
myedisi.com/reader

myedisi

Buku BSE terbaru belum tersedia di myedisi? Sampaikan melalui email bse@myedisi.com

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 |

I. PEMELIHARAAN, PERBAIKAN, KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

1.1. Pemeliharaan & Perbaikan

Pada bab ini akan dibahas sasaran dan tujuan serta prinsip manajemen (pengelolaan) pemeliharaan dan perbaikan secara umum. Masalah kesehatan dan keselamatan kerja akan dibahas pada akhir bab ini.

Sasaran dan Tujuan Pemeliharaan & Perbaikan

Pada dasarnya sasaran dan tujuan manajemen pemeliharaan & perbaikan sangat tergantung dari **misi** (hal yang ingin dicapai) oleh suatu organisasi. Tentu saja misi ini akan berbeda antara organisasi satu (misalnya sekolah) dengan organisasi lainnya (misalnya misi industri perakitan mobil).

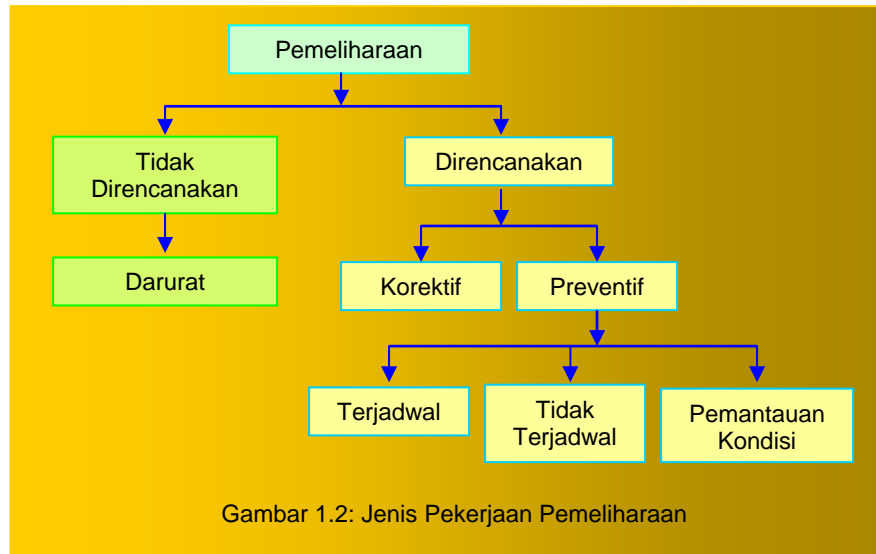
Tujuan pemeliharaan dan perbaikan di sekolah umumnya hanya untuk memperpanjang usia pakai alat. Banyak sekolah yang belum mempunyai unit khusus untuk penanganan pemeliharaan dan perbaikan peralatan maupun fasilitas lainnya.

Bagi sebagian industri, masalah pemeliharaan dan perbaikan secara umum selalu dikaitkan dengan tanggungjawabnya terhadap produk yang berkualitas, tepat waktu dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Beberapa industri atau organisasi yang besar bahkan mempunyai misi yang selalu dikaitkan dengan **aset dan investasi**. Jadi kegiatan pemeliharaan & perbaikan alat & fasilitas lain diperhitungkan sebagai bagian dari aset & investasi.

Oleh karena itu, bagian atau unit pemeliharaan & perbaikan merupakan bagian yang sangat penting dari organisasi semacam ini.

1.2. Kegiatan Pemeliharaan & Perbaikan

Sebelum membahas lebih jauh tentang manajemen pemeliharaan dan perbaikan, lebih dahulu perlu memahami sifat pekerjaan atau kegiatan pemeliharaan dan perbaikan secara umum.



Joel Levitt, 2002,

Gambar 1.1. Kegiatan Pemeliharaan & Perbaikan

Pemeliharaan dan perbaikan meliputi berbagai aktifitas atau kegiatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1. Pada umumnya aktifitas tersebut dapat dibagi menjadi dua yaitu: kegiatan yang dapat direncanakan dan kegiatan yang tidak terduga atau tidak dapat direncanakan.

Kegiatan pemeliharaan & perbaikan yang bersifat rutin merupakan kegiatan yang dapat direncanakan, sedangkan kegiatan yang bersifat darurat, misalnya kerusakan alat akibat kecelakaan (misalnya terjatuh. Kena petir, dan lain-lain) merupakan kegiatan yang tidak dapat diduga. Namun demikian, hal-hal semacam ini harus dapat diantisipasi. Minimal kita tahu apa yang harus kita lakukan pada saat terjadi gangguan semacam itu.

Tugas 1-1.

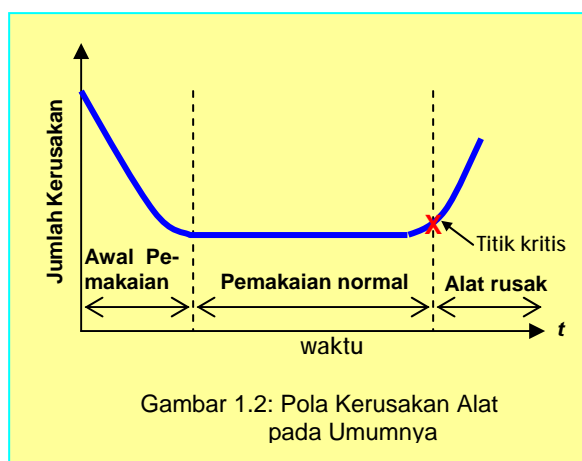
Buatlah daftar semua peralatan ukur yang kalian gunakan dalam satu bulan terakhir ini. Lalu beri catatan atau tanda pada alat ukur yang kerjanya tidak baik, misalnya dengan memberikan tanda * untuk alat ukur yang mengalami gangguan ringan (misalnya satu range pengukuran tidak bekerja dengan baik), ** untuk alat ukur yang sering mengalami gangguan, dan *** untuk alat ukur yang tidak berfungsi. Berikan catatan tersebut kepada guru atau teknisi yang menangani peralatan laboratorium.

Daftar peralatan yang kalian buat dapat digunakan sebagai laporan hasil pemantauan terhadap kinerja peralatan di laboratorium. Dengan pemantauan semacam ini, maka waktu dan biaya pemeliharaan dapat ditekan menjadi sekecil mungkin. Jika kerusakan atau gangguan kecil tidak ditangani dengan dengan baik, bisa mengakibatkan gangguan atau kerusakan yang lebih parah lagi. Jika ini terjadi maka biaya yang digunakan untuk perbaikan lebih mahal, dan waktu perbaikan juga lebih lama. Secara keseluruhan hal ini tentu akan mengganggu proses belajar. Di industri, pemantauan kondisi peralatan sangatlah penting, karena jika terjadi gangguan yang lebih besar, bukan hanya akan mengganggu produktifitas, tetapi juga akan menaikkan biaya, baik biaya perbaikan alat maupun biaya produksi, karena untuk mengganti waktu yang hilang pekerja harus melakukan kerja lembur.

1.2.1. Pemeliharaan Preventif

Dalam pengertian yang luas, pemeliharaan preventif meliputi aspek rekayasa (*engineering*) dan manajemen. **Di bidang rekayasa**, pemeliharaan preventif meliputi: mendeteksi dan atau mengoreksi penggunaan peralatan yang ada saat ini, melalui analisa statistik kegagalan atau kesalahan yang ada atau berdasarkan catatan perbaikan yang ada. Pekerjaan ini harus dapat dilakukan secara tepat oleh orang yang benar-benar ahli dibidangnya dan dengan frekuensi yang tepat pula (misalnya dua kali dalam setahun).

Jika terlalu sering, maka bukan saja akan menambah biaya pemeliharaan, tetapi juga akan menurunkan produktifitas dan efisiensi kerja perusahaan. Data pada Gambar 1.2. menunjukkan, bahwa kerusakan banyak terjadi pada awal pemakaian alat. Hal ini dapat disebabkan oleh kelalaian pekerja dan atau kerusakan internal komponen dari pabrik pembuat alat (ini disebut kegagalan produk). Tingkat kerusakan



Joel Levitt, 2002,

sakan alat akan menurun setelah pekerja mulai terbiasa menggunakan alat tersebut. Setelah melewati masa kritis, alat akan semakin sering mengalami gangguan, sehingga perbaikan akan semakin sering dilakukan, sampai masa pakai alat tersebut habis. Pada masa ini artinya alat sudah tidak mungkin diperbaiki lagi.

Di bidang manajemen, kegiatan pemeliharaan meliputi: membuat daftar pekerjaan, menentukan jumlah dan kualifikasi (bidang keahlian) teknisi yang diperlukan, memperkirakan berapa lama pekerjaan tersebut dilaksanakan, merencanakan jadwal pelaksanaan pekerjaan, serta memprediksi biaya pemeliharaan dan perbaikan. Semua kegiatan ini biasanya dicantumkan dalam sebuah lembar kontrol.

Hal paling utama dalam pemeliharaan preventif adalah menentukan Daftar Pekerjaan. Tujuan utama dibuatnya daftar pekerjaan adalah untuk mengingatkan pekerja tentang: alat apa yang harus diservis, apa yang harus dilakukan oleh teknisi atau pekerja (misalnya mengukur atau menguji arus atau tegangan pada titik tertentu, membersihkan alat, mengganti komponen, dan sebagainya.), Dalam daftar ini juga akan tercantum prosedur pelaksanaan pemeliharaan yang harus dilakukan. tercantum:

Daftar pekerjaan sebaiknya disusun oleh berbagai *stakeholder* (manufaktur, ahli mekanik, tenaga ahli, kontraktor, perusahaan asuransi, pemerintah, asosiasi terkait, distributor, konsultan dan berbagai kalangan pengguna produk).

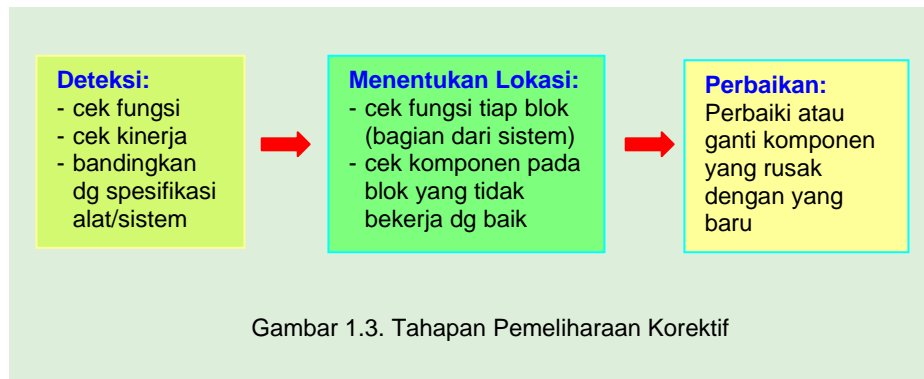
Tabel 1.1 : Jenis Pekerjaan & Contohnya

| No | Jenis Pekerjaan | Contoh |
|----|----------------------------|---|
| 1 | Inspeksi | Pemeriksaan cacat sinyal output pada sistem penguat audio |
| 2 | Pemeliharaan | Pemeriksaan semua sambungan listrik dengan infrared |
| 3 | Pembersihan | Membersihkan sistem dari debu |
| 4 | Pemeriksaan kualitas suara | Melalui loud speaker ucapkan beberapa kata pendek, misalnya satu...tes... |
| 5 | Menanyakan pada operator | Bagaimana kinerja penguat |
| 6 | Analisis | Buat riwayat pemeliharaan penguat. |

Daniel L Metzger, 1981

1.2.2. Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan yang bersifat memperbaiki (*corrective maintenance*) akan berkaitan dengan deteksi kerusakan, penentuan lokasi kerusakan, dan perbaikan atau penggantian bagian yang rusak. Tahapan pemeliharaan korektif dapat dilihat seperti pada Gambar 1.3.



Alat Bantu Kerja.

Alat bantu kerja adalah semua alat yang dapat digunakan oleh teknisi atau tenaga ahli untuk menentukan jenis dan lokasi ke-rusakan sistem yang diperiksa. Ini bisa berupa buku manual pe-meliharaan, peralatan uji (multi-meter, osiloskop, logic probe, dan sebagainya), dan atau per-alatan khusus (misalnya untuk kalibrasi alat ukur). Peralatan uji dapat kalian pelajari secara khusus pada bab lain di buku ini. Pada saat kita membeli peralatan elektronik (dan juga alat lainnya), misalnya radio tape, biasanya diberi

Buku Manual untuk petunjuk operasi dan petunjuk pemeliharaan atau cara mengatasi gangguan pada alat tersebut. Bentuk dan format manual pemeliharaan sangat bervariasi, tergantung dari pabrik pembuat alat tersebut. Contoh format manual pemeliharaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.2.

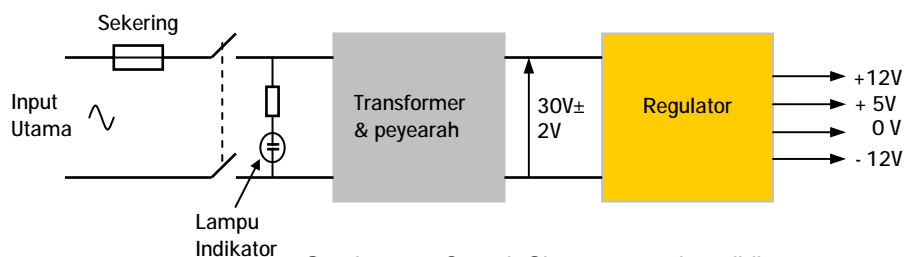


Tabel 1.2. Contoh Manual Pemeliharaan Tape-player

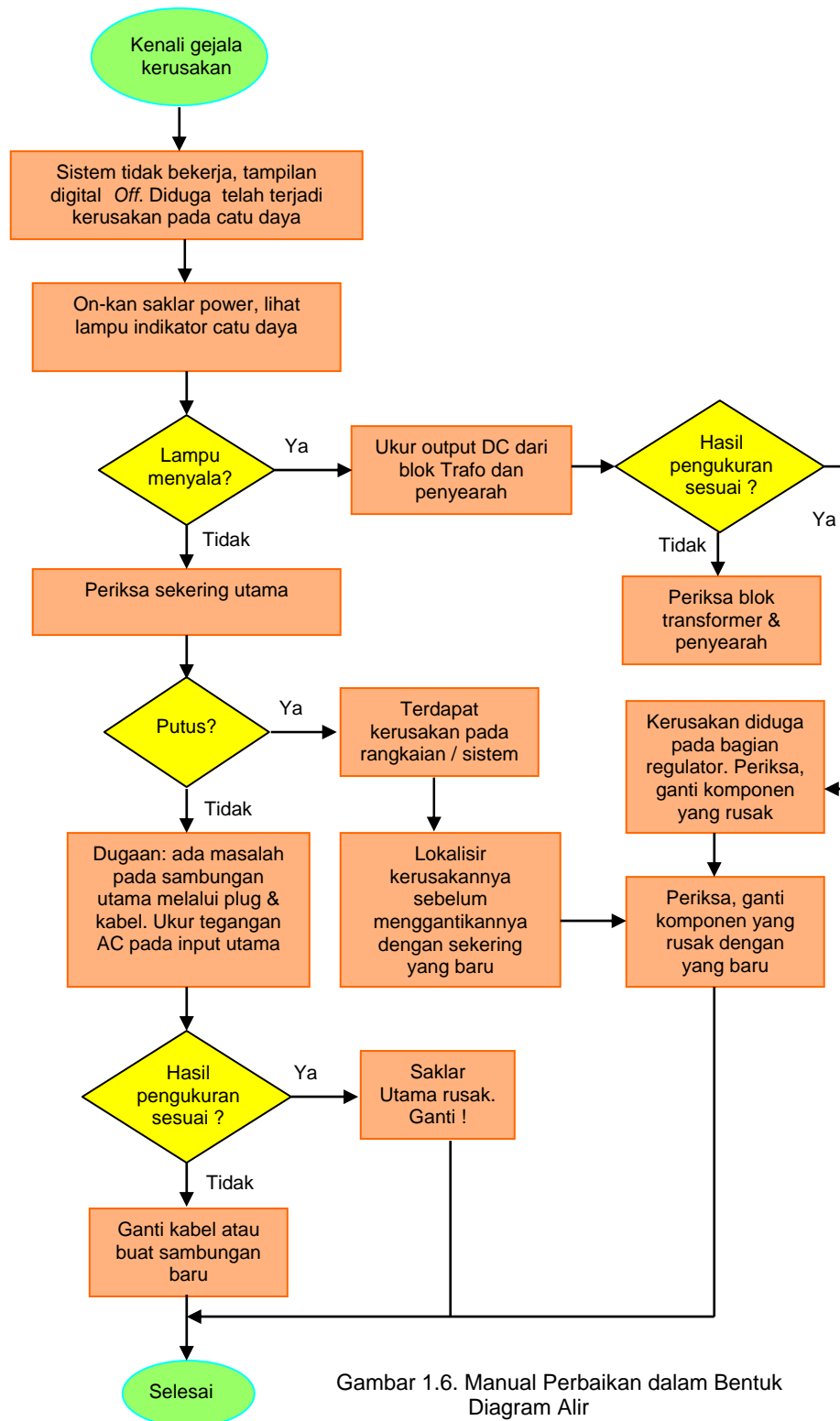
| Gejala Kerusakan | Diagnosis Kerusakan |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Kecepatan putar terlalu lambat, atau kapstan tidak berputar | <ul style="list-style-type: none"> Motor, sabuk pemutar, idler, roda-pemutar, kapstan, atau penggulung mekanik |
| <ul style="list-style-type: none"> Distorsi besar, treble jelek, output rendah/lemah | <ul style="list-style-type: none"> Head kotor (bersihkan dg isopropyl alkohol), atau posisi tidak tepat, atau rangkaian penguat rusak (<i>demagnetize head</i>) |
| <ul style="list-style-type: none"> Erase jelek | <ul style="list-style-type: none"> Erase head rusak/kotor (bersihkan head) |
| <ul style="list-style-type: none"> Fast Forward atau Rewind tidak bekerja | <ul style="list-style-type: none"> Sabuk pemutar rusak (ganti), atau idle motor, wadah (rumah) rusak |
| <ul style="list-style-type: none"> Rel pengambilan kendor | <ul style="list-style-type: none"> Sabuk pemutar rusak (ganti), atau penggulung mekanik (bersihkan atau lumasi) |
| <ul style="list-style-type: none"> Saklar Eject tidak bekerja dengan baik | <ul style="list-style-type: none"> Periksa pegas, perangkat mekanik, atau posisi tidak tepat (<i>misalignment</i>) |

Daniel L Metzger, 1981

Manual pemeliharaan juga ada yang berupa diagram alir, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.6. Sistem yang akan dianalisis dalam contoh ini misalnya adalah sebuah regulator. Gambar 1.5 adalah blok diagram regulator yang akan diperiksa.



Gambar 1.5: Contoh Sistem yang akan didiagnose



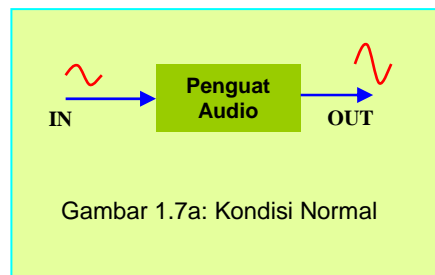
Gambar 1.6. Manual Perbaikan dalam Bentuk Diagram Alir

Manual yang baik berisi:

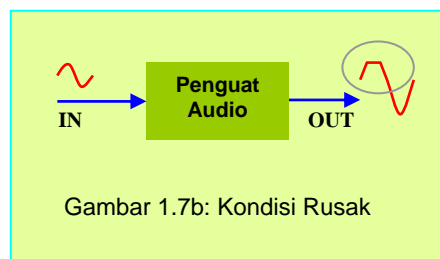
- Diskripsi sistem dan cara mengoperasikannya
- Spesifikasi kinerja sistem
- Teori Operasi (sistem, blok diagram dan atau rangkaian)
- Cara pemeliharaan (preventif & cara mengatasi kondisi darurat)
- Daftar suku cadang
- Tata letak mekanis

Cara Melokalisir Kerusakan.

Melokalisir Kerusakan pada Rangkaian Sederhana



Kerusakan komponen dapat dikenali melalui gejala kerusakan yang ada. Tugas teknisi adalah menginterpretasikan gejala kerusakan tersebut. Pengetahuan yang diperlukan disini adalah karakteristik tiap komponen.



Tiap kerusakan menunjukkan gejala yang unik, misalnya ada perubahan operasi rangkaian, perubahan pada sinyal output, level bias d.c, dsb, seperti ditunjukkan pada Gambar 1-7a dan Gambar 1-7b.

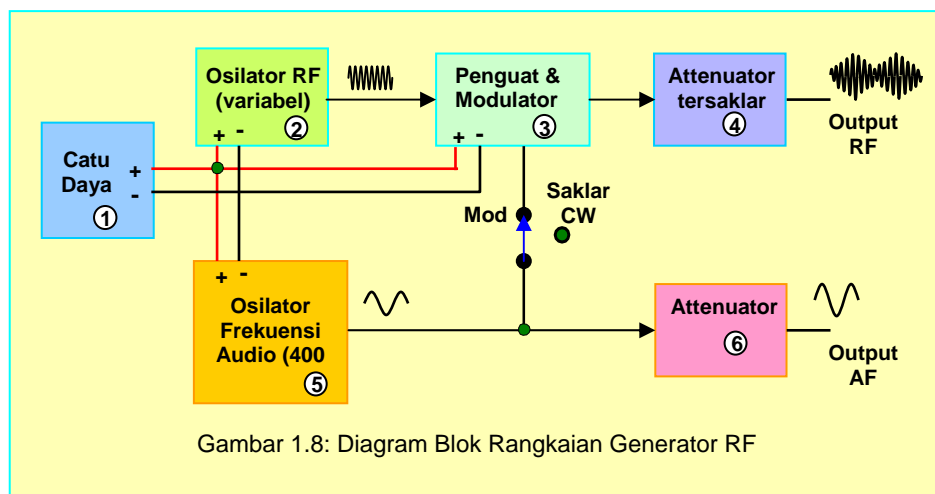
Melokalisir Kerusakan pada Rangkaian yang Kompleks

Pada dasarnya sistem yang kompleks terdiri dari beberapa blok rangkaian (sub-sistem) yang mempunyai fungsi yang berbeda-beda.

Untuk menentukan kerusakan komponen pada rangkaian yang terdiri dari ratusan atau ribuan komponen pastilah tidak mudah. Oleh karena itu bagilah sistem tersebut menjadi beberapa blok sesuai dengan fungsi tiap blok, seperti contoh Gambar 1-8: Rangkaian Generator Sinyal RF berikut ini. Ujilah kinerja setiap blok. Mulailah menguji dari sumber dayanya, dilanjutkan ke blok-blok berikutnya. Dengan cara ini jika ada blok yang tidak berfungsi dengan baik akan mudah dikenali.

Tugas 1-2

Carilah manual dari sebuah sistem elektronik, misalnya TV, Video player atau lainnya. Lihat gambar rangkaiannya. Dari rangkaian tersebut buatlah blok diagramnya, lalu tunjukkan pada guru kalian, tanyakan, apakah kalian telah benar menggambarannya. Untuk menambah wawasan, kalian bisa saling bertukar gambar dengan teman kalian yang mempunyai gambar yang berbeda.



Gambar 1.8: Diagram Blok Rangkaian Generator RF

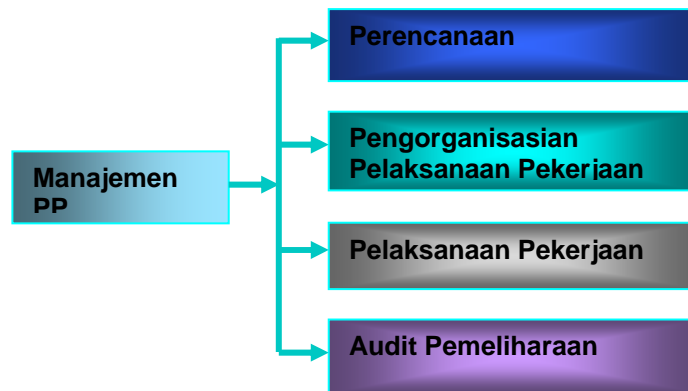
1.3. Sistem Manajemen Pemeliharaan dan Perbaikan

Masalah pemeliharaan dan perbaikan jika tidak ditangani dengan baik akan menimbulkan banyak kerugian, antara lain:

- rugi waktu karena pekerjaan yang tertunda (akibat kerusakan peralatan atau gedung atau sarana lainnya),
- produktifitas turun
- efisiensi turun,
- menambah biaya operasional, dan sebagainya.

Oleh karena itu perlu menerapkan sistem pemeliharaan & perbaikan yang baik. Sistem pemeliharaan & perbaikan yang baik pada dasarnya merupakan penerapan sistem manajemen untuk seluruh pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan. Gambar 1.9. menunjukkan unsur-unsur manajemen secara umum, yang dapat diterapkan pada sistem pemeliharaan & perbaikan.

1.3.1. Prinsip Manajemen Pemeliharaan dan Perbaikan

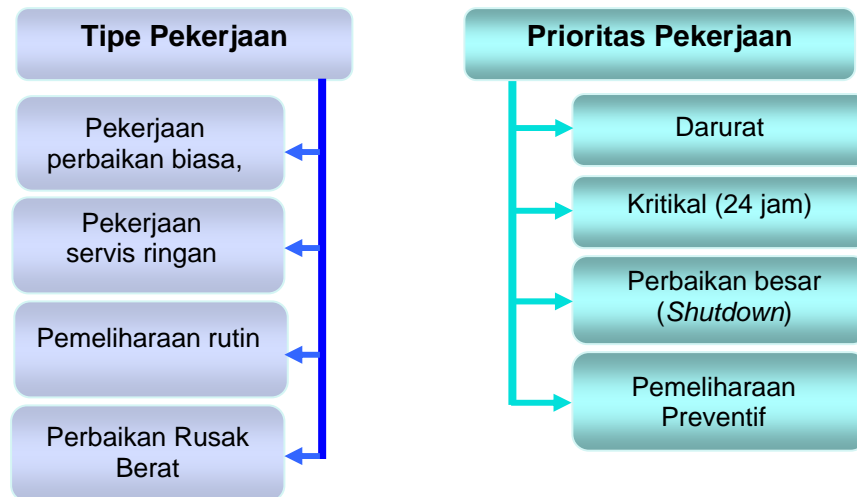


Gambar 1.9. Prinsip-prinsip Manajemen

1.3.2. Perencanaan Pekerjaan dan Tenaga

Untuk mendapatkan hasil yang baik, suatu pekerjaan pemeliharaan harus direncanakan dengan baik. Dalam sebuah perusahaan atau industri biasanya telah ada format khusus yang digunakan untuk membuat perencanaan tersebut. Bentuk format perencanaan antara industri yang satu dengan industri lainnya dapat berbeda, tergantung dari kebutuhan masing-masing. Tetapi secara umum format perencanaan pekerjaan tersebut memuat isi tentang:

- a). Jenis atau tipe pekerjaan
- b). Sifat atau level pekerjaan
- c). Tenaga pelaksana yang diperlukan
- d). Material atau suku cadang yang diperlukan
- e). Waktu atau lama pengerjaan, dan sebagainya



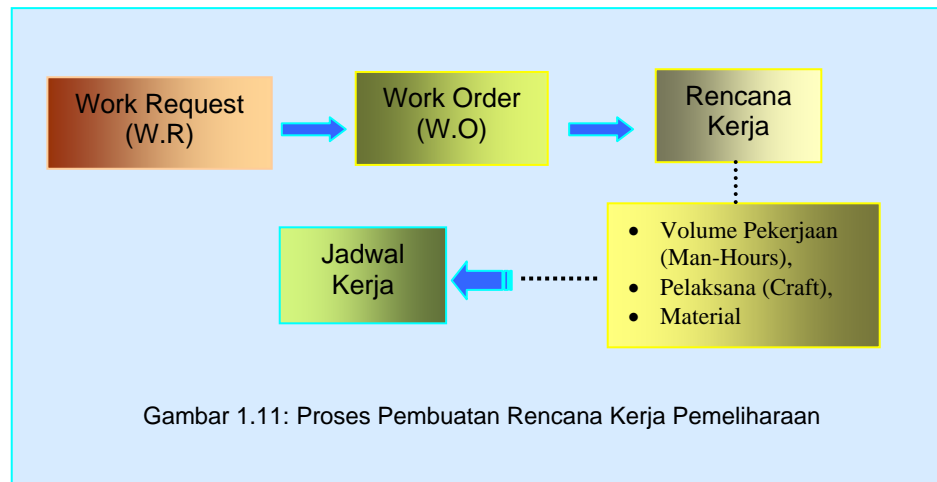
Gambar 1.10. Tipe dan Level Pekerjaan Pemeliharaan & Perbaikan pada Umumnya

Tipe pekerjaan meliputi: pekerjaan perbaikan biasa, pemeliharaan yang bersifat rutin atau perbaikan berat. Ini perlu diketahui oleh perencana dan teknisi agar dapat diperkirakan berapa lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.

Dalam kenyataan, bisa terjadi kondisi, dimana dalam waktu yang bersamaan terjadi banyak sekali pekerjaan pemeliharaan yang harus diselesaikan, sedangkan tenaga teknisi terbatas. Dalam kondisi ini, maka perlu dibuat skala prioritas, dengan cara melihat urgensi (tingkat kedaruratan) pekerjaan. Level pekerjaan yang bersifat darurat atau kritis harus mendapat prioritas. Pekerjaan ini harus dapat diselesaikan dalam waktu paling lama 24 jam.

1.3.3. Pengorganisasian Pelaksanaan Pekerjaan

Suatu pekerjaan pemeliharaan harus dikoordinasikan dengan baik, karena meyangkut beberapa bagian dari suatu organisasi, misalnya bagian *front office* yang menerima barang yang akan diperbaiki atau diservis, bagian perbaikan atau bengkel sebagai tempat perbaikan dan pemeliharaan, bagian gudang yang menyimpan suku cadang, bagian keuangan, dan sebagainya. Untuk mempermudah pekerjaan, seorang perencana biasanya membuat suatu mekanisme kerja pemeliharaan dengan menggunakan sarana yang disebut Perintah Kerja (*Work Order*). Seluruh prosedur pelaksanaan pekerjaan harus ditaati oleh seluruh karyawan.



Prosedur kerja dimulai dari diterimanya permintaan pekerjaan (*Work Request* atau W.R, ditandatangani oleh manajemen). W.R yang telah disetujui akan menjadi perintah kerja (*Work Order* atau W.O). W.O akan dipelajari oleh perencana untuk selanjutnya dibuat rencana kerja lengkap, lalu dibuat jadwal pelaksanaan pemeliharaan.

Sebuah W.O yang baik setidaknya mengandung informasi tentang:

- Jenis Aset/barang/peralatan yang akan dikerjakan
- Deskripsi pekerjaan pemeliharaan & perbaikan yang jelas
- Sejarah pemeliharaan peralatan tersebut

| | | |
|-------------------------|---------------------------|--------------------|
| Tgl: 21 Juli 2007 | | |
| No. Aset : 0051.32.2001 | Tipe aset: Tape Player | Merk/thn: ABC/2000 |
| No. Pekj: 100 | Jenis Pekj: Servis biasa | |
| Gejala kerusakan: | Tgl selesai: 22 Juli 2007 | |
| - putaran tidak stabil | Teknisi : Sandi | |
| - suara lemah | | |
| Pemberi Order | Penerima Order | |
| | | |

Gambar 1.12. Contoh sebuah W.R sederhana

1.3.4. Pelaksanaan Pekerjaan & Pelaporan

Pelaporan merupakan salah satu hal penting dalam pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan & perbaikan. Ada 2 masalah utama yang perlu dilaporkan ke manajemen: yaitu masalah volume pekerjaan (lama waktu pengejaan & jumlah pekerja yang diperlukan) dan masalah material atau bahan. Masalah volume pekerjaan bagi manajemen diperlukan untuk memperkirakan adanya upah lembur. Sedangkan masalah bahan atau material sangat berkaitan dengan ketersediaan suku cadang di gudang. Kedua informasi ini dapat digunakan oleh manajemen untuk memberikan informasi kepada pelanggan atau pemberi pekerjaan kapan pekerjaan tersebut selesai.

Dalam manajemen pemeliharaan, W.O adalah ujung tombak kesuksesan sistem manajemen pemeliharaan & perbaikan.

Tugas 1-3.

Buatlah sebuah kelompok kerja yang terdiri dari 3-5 orang. Coba adakan kunjungan ke sebuah tempat servis, misalnya servis TV, pusat servis motor atau servis mobil resmi. Mintalah contoh lembar kertas permintaan servis (W.R), lembar kertas perintah kerja (W.O). Lalu perhatikan bagaimana mereka membuat jadwal pekerjaan. Catatlah semua hasil pengamatan kalian, buatlah laporan singkat atas kunjungan kerja kalian kali ini.

1.3.5. Audit dan Evaluasi

Setelah seluruh pekerjaan pemeliharaan & perbaikan selesai dikerjakan, sebaiknya diadakan evaluasi kinerja yang menyeluruh, mulai dari *front office*, teknisi sebagai tenaga pelaksana, bagian gudang dan material, bagian keuangan, bagian pengolahan data, dan sebagainya. Hal ini perlu untuk selalu menjaga kualitas dan kinerja perusahaan atau industri secara menyeluruh.

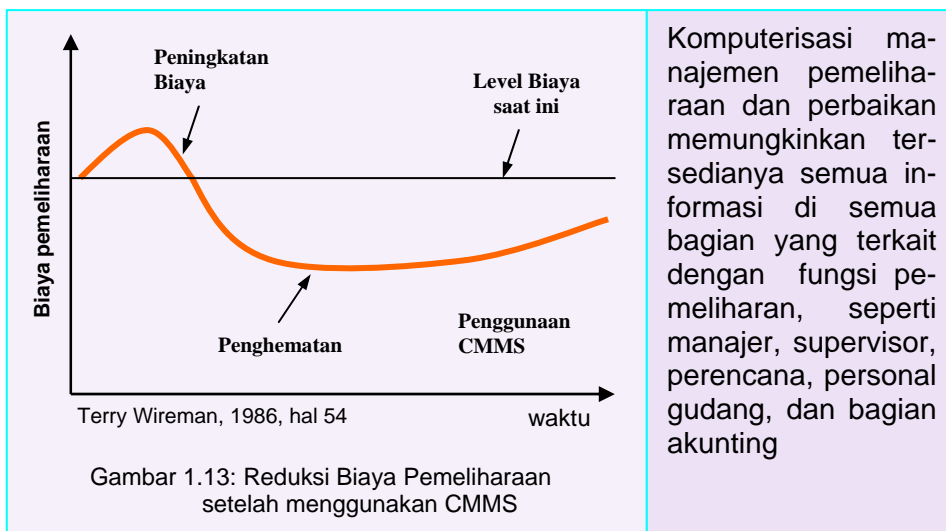
Catatan *Backlog*

File aktif berisi semua catatan W.O disimpan sebagai catatan *Backlog*. Catatan *Backlog* dapat digunakan oleh manajemen untuk menentukan jumlah pelaksana, membuat prioritas pekerjaan, membuat status keselamatan kerja, memprediksi biaya, dan sebagainya. Bagi seorang analis, catatan *Backlog* dapat digunakan untuk membantu menentukan tingkatan staf dan mengurangi *overhead cost* (biaya yang tidak perlu).

1.4. Sistem Manajemen Pemeliharaan dan Perbaikan Berbantuan Komputer

Sistem Manajemen Perawatan dan Perbaikan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya dilaksanakan secara manual. Sistem tersebut dapat dilaksanakan dengan menggunakan komputer.

Sistem Manajemen Perawatan berbantuan Komputer, biasa disingkat CMMS (*Computerized Maintenance Management Systems*) merupakan sebuah perangkat lunak yang berisi semua aspek kehidupan suatu organisasi. Banyak vendor yang menawarkan perangkat lunak ini secara gratis. Perangkat lunak tersebut pada umumnya masih harus dimodifikasi agar sesuai dengan kondisi atau kebutuhan organisasi sebagai pengguna.



Keunggulan Komputerisasi Manajemen Pemeliharaan

- Meningkatkan efisiensi
- Mengurangi Biaya Perawatan
- Mengurangi biaya *down-time* (waktu perbaikan) peralatan
- Menaikkan masa pakai alat
- Menghasilkan rekaman sejarah pemeliharaan suatu alat, untuk mempermudah membuat perencanaan pemeliharaan dan biaya perbaikan
- Menghasilkan laporan hasil pemeliharaan dengan format yang diperlukan oleh pemakai maupun manajemen

CMMS dapat digunakan untuk memantau semua biaya pemeliharaan dan perbaikan alat melalui:

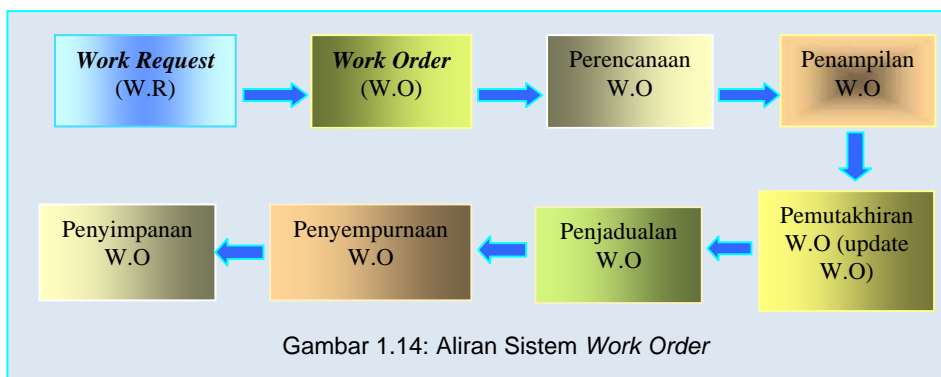
1. Pemantauan (*monitoring*) biaya W.O melalui jadwal pelaksanaan W.O
2. Pemantauan inventarisasi dan pembelian barang, untuk menghindari penumpukan barang di gudang. Bagi vendor, informasi ini digunakan untuk menentukan waktu pengiriman barang yang paling tepat.
3. Pemantauan Jadwal Pemeliharaan Preventif (JPP), agar tidak terjadi pemeliharaan secara berlebihan (*overmaintenance*), dan dapat menaikkan *up-time* serta memperpanjang usia pakai peralatan.

Pada umumnya CMMS terdiri dari 4 modul, yaitu:

1. Perencanaan *Work Order* dan penjadwalan
2. Kontrol Inventaris Pemeliharaan
3. Modul untuk pembaharu (*up date*) data Pemeliharaan Preventif
4. Laporan Pemeliharaan

1.4.1. Modul Perencanaan W.O dan Penjadwalan.

Komputerisasi W.O berisi dokumen-dokumen detail dari pekerjaan pemeliharaan. Proses komputerisasi diawali dengan **W.O entry**, yaitu memasukkan informasi tentang permintaan W.O. ke dalam sistem Manajemen PP dan berakhir dengan penyimpanan W.O Backlog. Proses lengkap dari perencanaan W.O dapat dilihat pada Gambar 1.14, sedangkan contoh tampilan *W.O Entry* di layar monitor dapat dilihat pada Gambar 1.15. Pemutakhiran data dapat langsung dilakukan saat W.O sedang aktif.



| ADD A WORK ORDER | | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| | | MM/DD/YY/HH:MM:SS | |
| WO no.(A): | 12123 | Date Originated: | 01/01/89/01:30:25 |
| WO type : | (S,P,R, ←) | Comp (Act): | 00/00/00 |
| Equip ID(A): | 110CRANE | Comp (Est): | 02/02/89 |
| Ref no.(A): | | Needed : | 02/10/89 |
| Rep Job(A): | | Approved : | 01/30/89 |
| | Priority: 3 | Down Time (N): | 0000.0 |
| Supervisor: | PDB | Stat Cd: | |
| Planner: | MS | Delete : | |
| Dept (A): | 32 | Est-Cost - Labor: | 0000000450 |
| Cost Ctr (A): | 4810-3101 | - Material: | 000000001500 |
| | | - Cont/Oth-1: | 00000000125 |
| Wait: | A P E M S C | Go: | RS IP CA CO |
| Code: | | Code: | Y |
| | | Status: | (Y, ←) |
| Title Desc: | REPAIR DB HOIST CONTACTOR | Narrative History (Y/←): | Y |
| NEW WORK ORDER – ADD DETAIL | | | |
| F1=ADD | F2=CHG | F4=DEL | F6=TOP SCR N |
| F8=PG DN | F10=HELP | | |
| ESC=EXIT | ← = ENTR/RETURN | CNTRL END=BLANK OUT | SHIFT → = SKIPS BACK |

Modifikasi dari Terry Wireman, 1986, hal 58

Gambar 1.15: Contoh Tampilan *Work Order Entry* pada layar monitor komputer (Coustesy of ABC Management System)

W.O. Backlog

W.O Backlog adalah master file di dalam memori komputer untuk semua W.O aktif. Ini berarti, jika W.O telah di *enter*, maka W.O telah masuk ke dalam memori sistem komputer manajemen pemeliharaan, dan akan ada terus hingga data ini dihapus dari memori. Dengan menggunakan fungsi untuk mencari backlog, orang dapat melihat semua W.O aktif, misalnya: jumlah alat, prioritas, perencana, supervisor, klasifikasi pekerjaan, material yang diperlukan, dan sebagainya.

1.4.2. Modul Kontrol Inventaris

Modul ini digunakan untuk menjejak biaya pemakaian bahan atau material, ketersediaan material di gudang, baik untuk pemeliharaan terencana maupun untuk cadangan jika terdapat pekerjaan darurat, dan untuk mengetahui jadwal pemesanan suku cadang atau material

1.4.3. Modul Pemutakhiran Data (up-date)

Modul ini digunakan untuk mengubah atau meng-*up date* informasi jadwal pemeliharaan preventif. Pemilihan jadwal diserahkan kepada pemakai (pelanggan), apakah akan menggunakan kalender atau pembacaan meter.

Modul ini harus dapat menunjukkan:

- Jenis pekerjaan, tenaga kerja yang diperlukan dan alat yang diperlukan
- Jadwal pemeliharaan yang dapat dibuat harian, mingguan, atau tahunan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut
- Instruksi detail

Contoh tampilan format pemeliharaan preventif dapat dilihat pada Gambar 1.16.

Preventive Maintenance Task

Task No: 100 Brief Task desc: Tone arm/support PM

| List | Detail | Comments | Meterbase | Links | Part |
|--------------------|---|----------|------------------|-------|------|
| Tools Req'd | Srew (-) (+), | | | | |
| Manual Req'd | Maintenance Manual | | | | |
| Variance Amount | <input checked="" type="radio"/> Actual <input type="radio"/> Percentage | 0.00 | Task Level (A-Z) | | |
| Detail Description | 1. Stereo Inspection 1.1. Inspect Tone arm 1.2. Inspect Idler wheel. motor, drive surfaces. 1.3. Dial cord 1.4. Output Amplifier/driver | | | | |

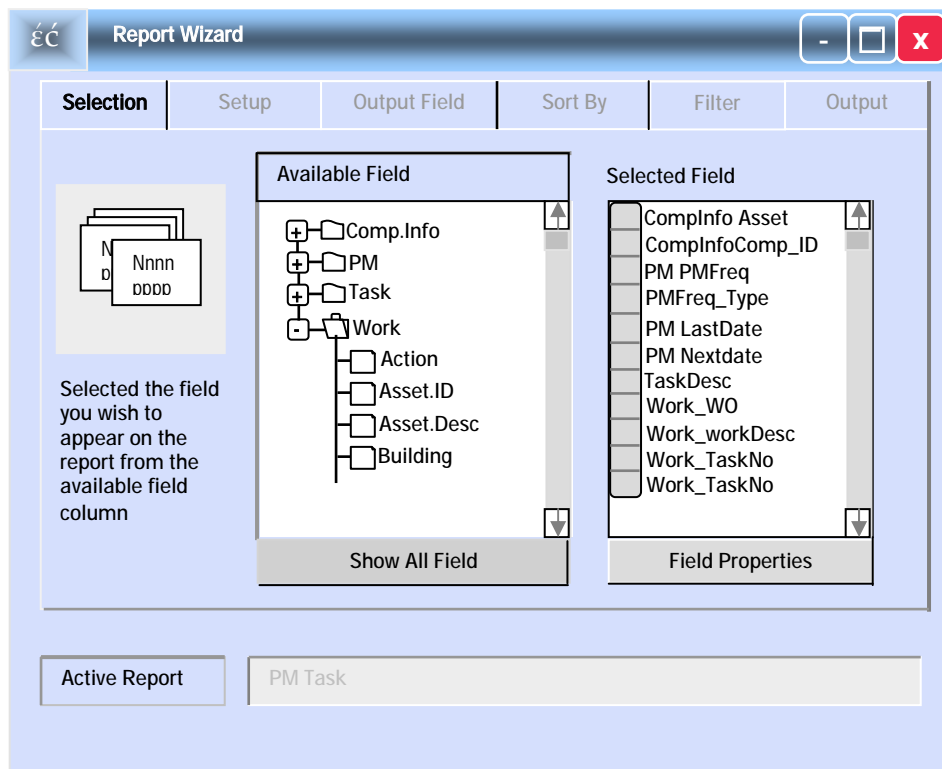
Admin

Modifikasi dari Joel Levitt, 2003, hal 42

Gambar 1.16: Contoh tampilan pada monitor komputer tentang kegiatan Pemeliharaan Preventif

1.4.4. Modul Laporan Pemeliharaan

Modul ini dapat digunakan manajer untuk mengoptimalkan organisasi. Garis besar isi modul laporan manajemen berisi rangkuman tentang: Daftar Analisis Prioritas W.O, Kinerja Perencana, Kinerja Supervisor W.O, Laporan Biaya W.O, *Backlog* W.O, Riwayat Perbaikan Alat, Biaya Pemeliharaan Alat, Laporan biaya khusus perbaikan Alat, Keamanan W.O *Backlog*, Laporan sisi pemakaian item, Laporan antrian W.O, Laporan Keterlambatan Pemeliharaan Preventif.



Modifikasi dari Joel Levitt, 2003, hal 47

Gambar 1.17: Contoh Tampilan Monitor Komputer pada Modul Laporan Pemeliharaan

1.5. Kesehatan & Keselamatan Kerja

Keselamatan Kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan mesin, pesawat alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan. Keselamatan Kerja juga merupakan sarana utama untuk pencegahan kecelakaan, cacat, dan kematian sebagai akibat dari kecelakaan kerja. (Dr. Suma'mur.P.K, M.Sc, 1981, hal 1,2).

Mengapa perlu dibuat ketentuan tentang K3?

K3 dibuat dengan tujuan:

1. Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi dan produktifitas nasional.
2. Menjamin keselamatan setiap orang lain yang berada di tempat kerja tersebut
3. Memelihara sumber produksi agar dapat digunakan secara aman dan efisien.

Kecelakaan

Kecelakaan adalah kejadian yang tidak terduga (tidak ada unsur kesengajaan) dan tidak diharapkan karena mengakibatkan kerugian, baik material maupun penderitaan bagi yang mengalaminya. Oleh karena itu, sabotase atau kriminal merupakan tindakan diluar lingkup kecelakaan yang sebenarnya.

Kerugian akibat kecelakaan kerja.

Kecelakaan kerja dapat mengakibatkan 5 kerugian (5K):

1. Kerusakan
2. Kekacauan organisasi
3. Keluhan dan kesedihan
4. Kelainan dan cacat
5. Kematian

1.5.1. Klasifikasi Kecelakaan

1. Menurut jenis kecelakaan:

- a. Terjatuh
- b. Tertimpa benda jatuh
- c. Tertumbuk atau terkena benda lain kecuali benda jatuh
- d. Terjepit oleh benda
- e. Gerakan yang melebihi kemampuan

- f. Pengaruh suhu tinggi
- g. Terkena sengatan arus listrik
- h. Tersambar petir
- i. Kontak dengan bahan-bahan berbahaya
- j. Terkena radiasi, dan lain-lain

2. Menurut sumber atau penyebab kecelakaan

- a. Dari mesin: pembangkit tenaga, mesin-mesin penyalur, pengerjaan logam, mesin pertanian, pertambangan, dan lain-lain.
- b. Alat angkut dan alat angkat: kreta, mobil, pesawat terbang, kapal laut, crane, dan sebagainya.
- c. Alat lain: bejana bertekanan, instalasi dan peralatan listrik, dan sebagainya.
- d. Bahan/zat berbahaya dan radiasi: bahan peledak, radiasi sinar UV, radiasi nuklir, debu dan gas beracun, dan sebagainya.
- e. Lingkungan kerja: di dalam/ di luar gedung, di bawah tanah

3. Menurut sifat luka atau kelainan

Patah tulang, memar, gegar otak, luka bakar, keracunan mending, akibat cuaca, dan sebagainya.

Dari hasil penelitian, sebagian besar kecelakaan (80%-85%) disebabkan oleh kelalaian manusia. (Dr. Suma'mur, 1981, hal 9). Kesalahan tersebut bisa disebabkan oleh perencanaan, pekerja, teknisi pemeliharaan & perbaikan mesin atau alat lainnya, instalasi listrik, dan bisa juga disebabkan oleh pengguna.

1.5.2. Pencegahan Kecelakaan

Kecelakaan-kecelakaan akibat kerja dapat dihindari dengan:

1. Menerapkan peraturan perundangan dengan penuh disiplin
2. Menerapkan standarisasi kerja yang telah digunakan secara resmi, misalnya standar tentang konstruksi, standar hygiene, standar instalasi peralatan industri & rumah tangga, menggunakan baju perlindungan kerja (kacamata las, jas-lab, sepatu karet untuk menghindari barang-barang tajam (pecahan kaca atau paku, dan zat cair berbahaya lainnya).
3. Melakukan pengawasan dengan baik.
4. Memasang tanda-tanda peringatan
5. Melakukan pendidikan dan penyuluhan kepada masyarakat agar tumbuh kesadaran tentang pentingnya menghindari kecelakaan baik untuk diri sendiri maupun orang lain.

1.5.3. Penanggulangan Kecelakaan

a). Penanggulangan Kebakaran

- Jangan membuang puntung rokok yang masih menyala di tempat-tempat yang mengandung bahan yang mudah terbakar, misalnya di SPBU, di lingkungan hutan, di tempat penyimpanan bahan kimia, dan sebagainya.
- Hilangkan sumber-sumber menyala ditempat terbuka, seperti rokok yang menyala, nyala api, logam pijar di dekat bejana yang masih mengandung bahan yang mudah meledak, listrik statis yang bisa menimbulkan percikan bunga api, gesekan benda yang akan menimbulkan panas dan percikan bunga api.
- Hindari awan debu yang mudah meledak dengan membangun pabrik bebas debu, pemasangan ventilasi yang baik, sehingga aliran debu bisa keluar dengan baik, menjaga lingkungan industri tetap bersih.

Perlengkapan Pemadam Kebakaran

Alat-alat pemadam dan penanggulangan kebakaran terdiri dari dua jenis:

- 1). Terpasang tetap ditempat
- 2). Dapat bergerak atau dibawa

1). Alat pemadam kebakaran yang terpasang tetap

Alat penanggulangan kebakaran jenis ini meliputi:

1. Pemancar air otomatis
2. Pompa air
3. Pipa-pipa dan slang-slang untuk aliran air
4. Alat pemadam kebakaran dengan bahan kering CO2 atau busa

Alat-alat pemadam kebakaran jenis 1-3 digunakan untuk penanggulangan kebakaran yang relatif kecil, terdapat sumber air di lokasi kebakaran dan lokasi dapat dijangkau oleh peralatan tersebut. Sedangkan alat jenis ke-4 digunakan jika kebakaran relatif besar, lokasi kebakaran sulit dijangkau alat pemadam, dan atau tidak terdapat sumber air yang cukup, atau terdapat instalasi atau peralatan listrik, dan atau terdapat tempat penyimpanan cairan yang mudah terbakar.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1.18. Beberapa Jenis Alat Pemadam Kebakaran

Gambar (a) menunjukkan rumah (almari) tempat penyimpanan peralatan pemadam kebakaran. Disebelah kiri adalah tempat gulungan pipa untuk aliran air, sedangkan disebelah kanan berisi alat pemadam kebakaran yang dapat dibawa. Alat jenis ini bisa berisi bahan pemadam kering atau busa.

Gambar (b) adalah alat pemadam kebakaran jenis pompa air. Alat ini biasanya dipasang di pinggir jalan dan di gang antar rumah di suatu kompleks perumahan. Jika terjadi kebakaran disekitar tempat tersebut, mobil kebakaran akan mengambil air dari alat ini. Air akan disemprotkan ke lokasi kebakaran melalui mobil pemadam kebakaran. Gambar (c) adalah alat pemadam kebakaran jenis pemancar air otomatis. Alat ini biasanya dipasang di dalam ruangan. Elemen berwarna merah adalah penyumbat air yang dilapisi kaca khusus. Jika terjadi kebakaran disekitar atau di dalam ruangan, maka suhu ruangan akan naik. Jika suhu udara disekitar alat tersebut telah mencapai tingkat tertentu (misalnya 80°) kaca pelindung elemen penyumbat akan pecah dan secara otomatis air akan terpancar dari alat tersebut.

Jika terjadi kebakaran di sekitar Anda, segera lapor ke Dinas Kebakaran atau kantor Polisi terdekat. Bantulah petugas pemadam kebakaran & Polisi dengan membebaskan jalan sekitar lokasi kebakaran dari kerumunan orang atau kendaraan lain selain kendaraan petugas kebakaran dan atau Polisi.

2). Alat pemadam kebakaran yang dapat dibawa.

Alat ini seharusnya tetap tersedia di setiap kantor bahkan rumah tangga. Pemasangan alat hendaknya ditempat yang paling mungkin terjadi kebakaran, tetapi tidak terlalu dekat dengan tempat kebakaran, dan mudah dijangkau saat terjadi kebakaran.

Cara menggunakan alat-alat pemadam kebakaran tersebut dapat dilihat pada label yang terdapat pada setiap jenis alat. Setiap produk mempunyai urutan cara penggunaan yang berbeda-beda.

b). Penanggulangan Kebakaran Akibat Instalasi Listrik dan Petir

- Buat instalasi listrik sesuai dengan peraturan yang berlaku antara lain PUIL-2000 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik-2000)
- Gunakan sekering/MCB sesuai dengan ukuran yang diperlukan.
- Gunakan kabel yang berstandar keamanan baik (LMK/SPLN)
- Ganti kabel yang telah usang atau cacat pada instalasi atau peralatan listrik lainnya
- Hindari percabangan sambungan antar rumah
- Hindari penggunaan percabangan pada stop kontak
- Lakukan pengukuran kontinuitas penghantar, tahanan isolasi dan tahanan pentanahan secara berkala
- Gunakan instalasi penyalur petir sesuai dengan standar

c). Penanggulaan Kecelakaan di dalam Lift

- Pasang rambu-rambu & petunjuk yang mudah dibaca oleh pengguna jika terjadi keadaan darurat (listrik terputus atau padam, kebakaran, gempa).
- Jangan memberi muatan lift melebihi kapasitasnya
- Jangan membawa sumber api terbuka di dalam lift
- Jangan merokok dan membuang puntung rokok di dalam lift
- Jika terjadi pemutusan aliran listrik, maka lift akan berhenti di lantai terdekat dan pintu lift segera terbuka sesaat setelah berhenti. Segera keluarlah dari lift dengan hati-hati.

d). Penanggulangan Kecelakaan terhadap Zat Berbahaya

Bahan-bahan berbahaya adalah bahan-bahan yang selama pembuatannya, pengolahannya, pengangkutannya, penyimpanannya dan penggunaannya dapat menimbulkan iritasi, kebakaran, ledakan,

ledakan, korosi, mati lemas, keracunan dan bahaya-bahaya lainnya terhadap gangguan kesehatan orang yang bersangkutan dengannya atau menyebabkan kerusakan benda atau harta kekayaan.(Suma'mur. P.K, MSc, 1981, hal 268).

1. Bahan-bahan eksplosif

Adalah bahan-bahan yang mudah meledak. Ini merupakan bahan yang paling berbahaya. Bahan ini bukan hanya bahan peledak, tetapi juga semua bahan yang secara sendiri atau dalam campuran tertentu atau jika mengalami pemanasan, kekerasan, atau gesekan dapat mengakibatkan ledakan yang biasanya diikuti dengan kebakaran. Contoh: garam logam yang dapat meledak karena oksidasi diri, tanpa pengaruh tertentu dari luar.

2. Bahan-bahan yang mengoksidasi.

Bahan ini kaya akan oksigen, sehingga resiko kebakarannya sangat tinggi. Contoh: chlorat dan permanganat yang dapat menyebabkan nyala api pada bubuk kayu, atau jerami yang mengalami gesekan; asam sulfat dan nitrat dapat menyebabkan kebakaran jika bersentuhan dengan bahan-bahan organik.

3. Bahan-bahan yang mudah terbakar

Tingkat bahaya bahan-bahan ini ditentukan oleh titik bakarnya. Makin rendah titik bakarnya makin berbahaya.

4. Bahan-bahan beracun.

Bahan ini bisa berupa cair, bubuk, gas, uap, awan, bisa berbau atau tidak berbau. Proses keracunan bisa terjadi karena tertelan, terhirup, kontak dengan kulit, mata dan sebagainya. Contoh: NaCl bahan yang digunakan dalam proses pembuatan PCB. Bahan ini seringkali akan menimbulkan gatal-gatal bahkan iritasi jika tersentuh kulit.

5. Bahan korosif.

Bahan ini meliputi asam-asam, alkali-alkali, atau bahan-bahan kuat lainnya yang dapat menyebabkan kebakaran pada kulit yang tersentuh.

6. Bahan-bahan radioaktif

Bahan ini meliputi isotop-isotop radioaktif dan semua persenyawaan yang mengandung bahan radioaktif. Contoh cat bersinar.

Tindakan pencegahan

- Pemasangan Label dan tanda peringatan
- Pengolahan, pengangkutan dan penyimpanan harus sesuai dengan ketentuan dan aturan yang ada.
- Simpanlah bahan-bahan berbahaya di tempat yang memenuhi syarat keamanan bagi penyimpanan bahan tersebut.

Simbol-simbol tanda bahaya



a. Bahaya Ledakan



b. Bahaya Oksidasi



c. Bahaya Kebakaran



d. Bahaya Beracun

T : beracun
T+ : sangat beracun



e. Bahaya Korosi



f. Bahaya Pencemaran Lingkungan



g. Bahaya Iritasi



h. Bahaya Radiasi Ion

Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 15

Gambar 1.19. (a-h). Simbol-simbol Bahaya

1.5.4. Pendekatan Keselamatan Lain

a). Perencanaan

Keselamatan kerja hendaknya sudah diperhitungkan sejak tahap perencanaan berdirinya organisasi (sekolah, kantor, industri, perusahaan). Hal-hal yang perlu diperhitungkan antara lain: lokasi, fasilitas penyimpanan, tempat pengolahan, pembuangan limbah, penerangan, dan sebagainya.

b) Ketatarumahtangaan yang baik dan teratur.

- Menempatkan barang-barang ditempat yang semestinya, tidak menempatkan barang di tempat yang digunakan untuk lalu-lintas orang dan jalur-jalur yang digunakan untuk penyelamatan kondisi darurat.
- Menjaga kebersihan lingkungan dari barang/bahan berbahaya, misalnya hindari tumpahan oli pada lantai atau jalur lalu lintas pejalan kaki.

Tanda-tanda untuk keselamatan di tempat kerja



(a). Tanda Bahaya



(b). Tanda Anjuran



(d). Tanda Perlindungan terhadap Kebakaran



(c). Tanda Darurat



(e). Rumah Sakit atau Klinik Kesehatan



(f). Tanda Larangan




(g). Tanda Peringatan terhadap Bahaya Tegangan Listrik



(h). Tanda Peringatan untuk Tidak meng-ON-kan Saklar

Gambar 1.19. Tanda-tanda Keselamatan di Tempat Kerja

Tabel 1.3. Bentuk dan Warna untuk Simbol Keselamatan

| Bentuk geometris \ Warna |  |  |  |
|--------------------------|---|---|---|
| merah | Larangan | | Bahan & Semangat juang |
| kuning | | Peringatan Hati-hati | |
| hijau | | | Darurat Pertolongan Pertama |
| biru | Anjuran | | Petunjuk Pengarah |

Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 16

c). Pakaian Kerja

- Hindari pakaian yang terlalu longgar, banyak tali, baju berdasi, baju sobek, kunci/ gelang berantai, jika anda bekerja dengan barang-barang yang berputar atau mesin-mesin yang bergerak misalnya mesin penggilingan, mesin pintal, dan sebagainya
- Hindari pakaian dari bahan seluloid jika anda bekerja dengan bahan-bahan yang mudah meledak atau mudah terbakar.
- Hindari membawa atau menyimpan di kantong baju barang-barang yang runcing, benda tajam, bahan yang mudah meledak, dan atau cairan yang mudah terbakar.

d). Peralatan Perlindungan Diri

1. **Kacamata.** Gunakan kacamata yang sesuai dengan pekerjaan yang anda tangani, misalnya untuk pekerjaan las diperlukan kacamata dengan kaca yang dapat menyaring sinar las; kacamata renang digunakan untuk melindungi mata dari air dan zat-zat berbahaya yang terkandung di dalam air.
2. **Sepatu.** Gunakan sepatu yang dapat melindungi kaki dari beban berat yang menimpa kaki, paku atau benda tajam lain, logam, benda pijar dan asam yang mungkin terinjak. Sepatu untuk pekerja listrik harus berbahan non-konduktor, tanpa paku logam.
3. **Sarung tangan.** Gunakan sarung tangan yang tidak menghalangi gerak jari dan tangan. Pilih sarung tangan dengan bahan yang sesuai dengan jenis pekerjaan yang ditangani, misalnya sarung tangan untuk melindungi diri dari tusukan atau sayatan, bahan kimia berbahaya, panas, sengatan listrik, atau radiasi tentu berbeda bahannya.



(a). Kacamata Pelindung



(b). Sepatu Pelindung



(c). Sarung Tangan & Pelindung Lainnya



(d). Topi Pelindung



(e). Baju Pelindung (Tanpa Lengan)



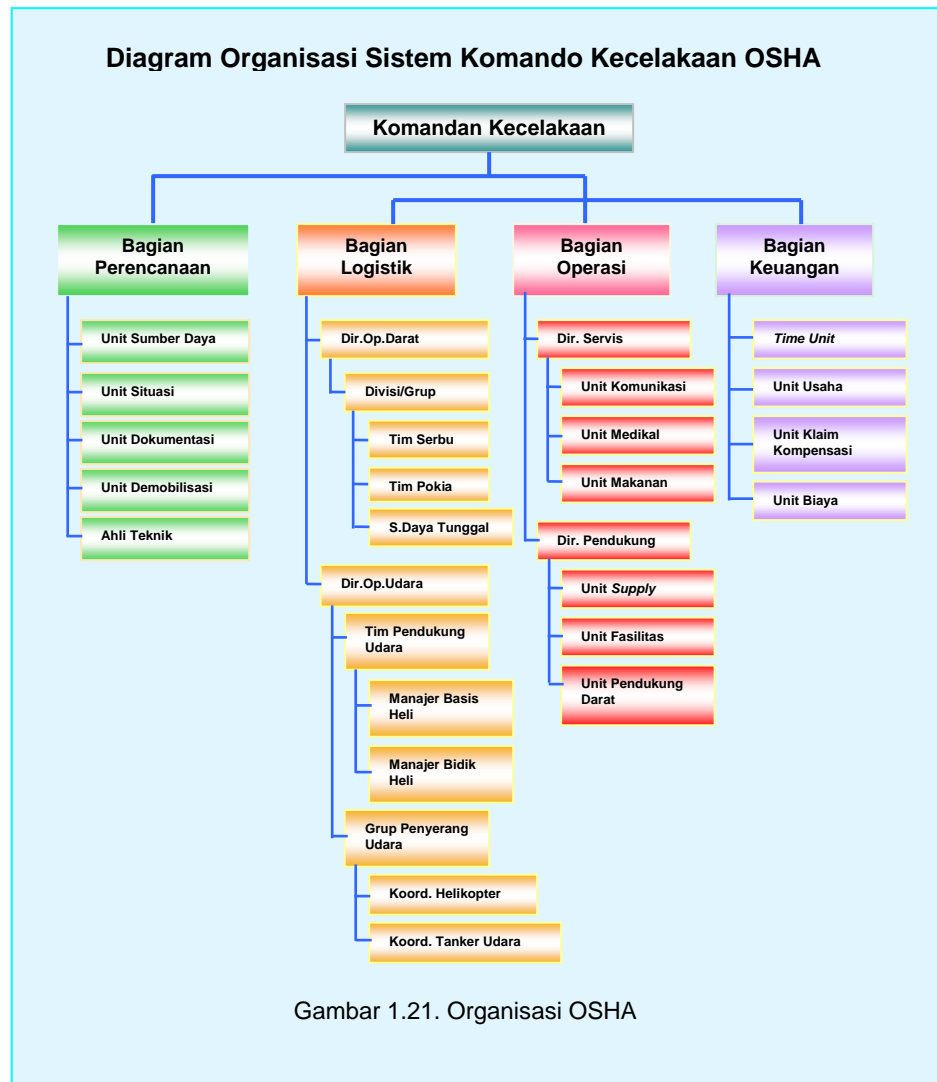
(f). Baju Pelindung (Lengan Panjang)

Gambar 1.20. Peralatan Perlindungan Diri

- . **Helm pengaman.** Gunakan topi yang dapat melindungi kepala dari tertimpa benda jatuh atau benda lain yang bergerak, tetapi tetap ringan.
- 5. **Alat perlindungan telinga** untuk melindungi pekerja dari kebisingan, benda bergerak, percikan bahan berbahaya.
- 6. **Alat perlindungan paru-paru,** untuk melindungi pekerja dari bahaya polusi udara, gas beracun, atau kemungkinan dari kekurangan oksigen.
- 7. Alat perlindungan lainnya, seperti tali pengaman untuk melindungi pekerja dari kemungkinan terjatuh.

1.6. Organisasi Keselamatan Kerja

Tujuan utama dibentuknya organisasi keselamatan kerja ialah untuk mengurangi tingkat kecelakaan, sakit, cacat dan kematian akibat kerja, dengan lingkungan kerja yang bersih, sehat, aman dan nyaman. Organisasi bisa dibentuk di tingkat pemerintah, perusahaan atau oleh kelompok atau serikat pekerja. Di Amerika Serikat, organisasi keselamatan kerja bagi pekerja swasta dibentuk dibawah Departemen tenaga kerja dan disebut OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*). OSHA membuat peraturan-peraturan yang berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja. Diagram organisasi OSHA dapat dilihat pada Gambar 1.20. Organisasi ini terdiri dari 4 bagian: Bagian Perencanaan, Operasi, Logistik dan bagian keuangan. Personil organisasi bisa terdiri dari pemerintah, kepolisian, dokter, psikolog, tenaga ahli teknik, ahli jiwa, dan sebagainya. Di Indonesia, organisasi pemerintah yang menangani masalah keselamatan kerja di tingkat pusat dibentuk dibawah Direktorat Pembinaan Norma Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Disamping itu, organisasi semacam ini juga dibentuk di perusahaan-perusahaan, dan ikatan ahli tertentu.



www.wikipedia.org, OSHA

Rangkuman

- Pemeliharaan dan perbaikan dilakukan untuk berbagai tujuan, antara lain untuk: memperpanjang usia alat, meningkatkan kualitas pelayanan, meningkatkan produktifitas, memelihara aset, dan sebagainya.
- Sifat pemeliharaan dan perbaikan (PP) pada dasarnya dapat dibedakan menjadi PP yang direncanakan (PP preventif maupun korektif) dan PP yang tidak dapat direncanakan (PP yang bersifat darurat).

- Untuk membantu pelaksanaan kegiatan PP diperlukan alat-alat bantu, seperti manual PP, multimeter, probe, dan lain-lain.
- Kegiatan PP perlu dikelola dengan baik agar mendapatkan hasil yang optimal, yaitu biaya murah alat dapat bekerja dengan baik. Oleh karena itu, maka dibuat sebuah sistem manajemen PP, yang prinsipnya adalah: merencanakan, mengorganisasikan, melaksanakan, mengontrol dan mengevaluasi seluruh kegiatan PP.
- Dalam sistem manajemen PP, kegiatan PP dimulai dari adanya permintaan pekerjaan PP (W.R), diikuti dengan perintah kerja (W.O), dan diakhiri dengan penyimpanan file Backlog W.O. Sistem ini dapat dilaksanakan secara manual (semua tahap PP dikerjakan oleh masing-masing petugas), atau dapat juga dilaksanakan dengan bantuan komputer. Sistem manajemen berbantuan komputer biasanya disebut CMMS (Computerized Maintenance Management System).
- Pada umumnya, CMMS terdiri dari 4 modul: 1) Modul perencanaan W.O & penjadwalan; 2) Modul kontrol inventaris pemeliharaan; 3) Modul up-date data untuk pemeliharaan preventif; 4) Modul laporan pemeliharaan.
- Perangkat lunak CMMS dapat diunduh secara gratis dari internet. Tetapi untuk menggunakannya biasanya diperlukan modifikasi sesuai dengan kebutuhan organisasi pengguna.
- Masalah kesehatan dan keselamatan kerja pada dasarnya ditujukan untuk perlindungan para pekerja, orang lain atau peralatan yang digunakan untuk bekerja.
- Kecelakaan dapat mengakibatkan 5K (kerusakan, kekacauan, keluhan dan penderitaan atau kesedihan, kelainan atau cacat, dan kematian).
- Kecelakaan dapat diklasifikasikan berdasarkan: 1) jenis kecelakaan; 2) sumber atau penyebab kecelakaan; 3) Sifat luka
- Pencegahan dan penanganan kecelakaan merupakan sebuah upaya untuk menghindari kecelakaan dan memperkecil resiko atau akibat dari suatu kecelakaan. Pencegahan tersebut dilakukan antara lain dengan melindungi diri terhadap sumber penyebab kecelakaan, misalnya dengan menggunakan pakaian dan atau peralatan perlindungan diri, disiplin dalam bekerja, selalu menjaga keber-

sihan lingkungan kerja agar tercipta suasana kerja yang aman dan nyaman.

- Organisasi keselamatan kerja perlu dibentuk untuk melindungi para pekerja dari 5K. Ini dapat dibentuk oleh pemerintah, perusahaan, ikatan berbagai profesi, atau gabungan dari semua unsur tersebut. Di Amerika Serikat, organisasi keselamatan & kesehatan kerja (OSHA) mengatur semua aspek yang berkaitan dengan keselamatan & kesehatan para pekerja dan pemberi kerja, mulai dari pengaturan tentang penyimpanan, pengolahan, pembuangan bahan berbahaya hingga prosedur penyelamatan darurat jika terjadi kecelakaan kerja.

Latihan Soal Bab 1

Soal Pemeliharaan

1. Apa sasaran dan tujuan pemeliharaan dan perbaikan?
2. Apa yang dimaksud dengan pemeliharaan preventif? Beri contoh!
3. Apa perbedaan antara pemeliharaan preventif dan korektif?
4. Jelaskan pula apa yang dimaksud dengan pemeliharaan darurat? Beri contohnya!
5. Sebutkan minimal 3 alat bantu pemeliharaan.
6. Bagimanakah proses atau tahapan pemeliharaan itu?
7. Mengapa kegiatan pemeliharaan & perbaikan perlu dibuat sistem?
8. Mengapa perlu *Backlog* pemeliharaan?
9. Apa keuntungan sistem manajemen PP berbantuan komputer?
10. Coba lakukan pengamatan sistem manajemen PP di sekolah kalian, lalu buatlah laporan singkat tentang apa yang kalian amati.

Soal K3

1. Apa yang dimaksud dengan keselamatan kerja?
2. Mengapa perlu dibuat ketentuan tentang K3?
3. Apa yang dimaksud dengan kecelakaan?
4. Sebutkan akibat dari kecelakaan, yang dikenal dengan 5K!
5. Sebutkan jenis kecelakaan yang kalian ketahui!
6. Sebutkan sumber-sumber kecelakaan yang kalian ketahui!
7. Apa saja yang harus dilakukan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja?

Tugas kelompok:

Rencanakan sebuah program kegiatan dan tentukan target kegiatan untuk menyelamatkan lingkungan kelas dan sekolah kalian dari:

- a) Pencemaran udara,
- b) Bahan limbah berbahaya,
- c) Bahaya longsor dan atau banjir.

Saran:

Program dapat dibuat menjadi beberapa tahap, misalnya tahap sosialisasi, tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap evaluasi secara keseluruhan. Tentukan target untuk setiap tahapan. Mintalah dukungan dari seluruh warga disekolah kalian (guru, teman-teman, tenaga kebersihan, koperasi, penyelenggara kantin, dan sebagainya). Buatlah evaluasi pada setiap akhir tahapan dengan melihat apakah target yang kalian harapkan telah tercapai. Jika belum, carilah apa kira-kira kendalanya, lalu mintalah saran dari guru kalian.

2. PRINSIP PELACAKAN KERUSAKAN / KEGAGALAN

2.1. Proses Pemeliharaan di Industri

2.1.1. Pendahuluan

DEFINISI SISTEM:

Gabungan dari beberapa bagian atau komponen yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya secara lengkap dan teratur dan membentuk suatu fungsi.



Gambar 2.1: Contoh Alat Komunikasi Sebuah Sistem

Sebagai contoh sebuah sistem secara umum adalah : manusia, alat ukur elektronika, alat komunikasi, mobil, peralatan elektronika dalam rumah tangga, peralatan dalam industri dan lain-lain.

Coba kalian pikirkan mengapa dibutuhkan suatu bagian pemeliharaan dan perbaikan ? Hal ini perlu agar:

- Peralatan tetap dalam kondisi kerja normal.
- Menghindari kesalahan proses.
- Meningkatkan kualitas layanan jasa.
- Meningkatkan kualitas produksi.
- Meningkatkan kepuasan pelanggan.
- Memenuhi kebutuhan keamanan, kenyamanan, dan keselamatan.

Definisi *Maintainability*

(kemampuan pemeliharaan)
Kemungkinan suatu sistem yang rusak dikembalikan pada kondisi kerja penuh dalam suatu perioda waktu yang telah ditentukan.

Tujuan pemeliharaan adalah untuk mencapai tingkat kepuasan dari *availability* (keberadaan) sistem dengan biaya yang layak/wajar dan efisiensi.

Rumusnya diberikan:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} = 1 - e^{-t/MTTR}$$

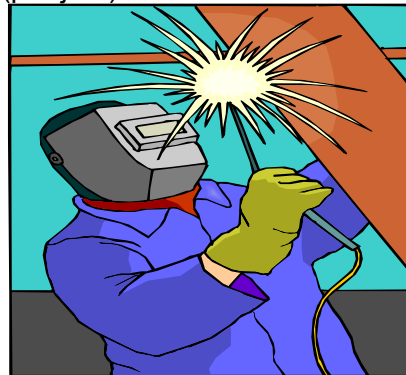
dimana:

M (t) adalah *Maintainability*

t adalah waktu yang diizinkan untuk pemeliharaan (jam).

MTTR adalah waktu rata-rata perbaikan (jam).

μ adalah kecepatan perbaikan (per jam).



Gambar 2.2: Pemeliharaan

2.1.2. Prinsip-Prinsip Pemeliharaan

Prinsip pemeliharaan bergantung pada beberapa faktor:

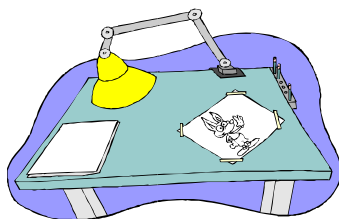
- Tipe sistem
- Tempat dan kerja sistem.
- Kondisi lingkungan.
- Tingkat keandalan sistem yang diinginkan.

Semuanya ini berkaitan erat dengan keahlian dari staf pemeliharaan dan perlengkapan komponen.

Ada dua cara pemeliharaan:

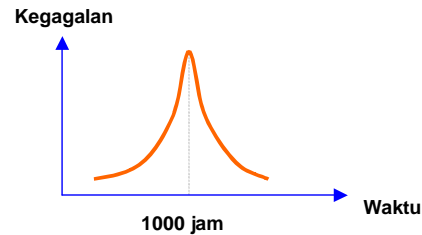
1. **Preventive Maintenance** (pemeliharaan untuk pencegahan): mengganti bagian-bagian / komponen yang hampir rusak, serta kalibrasi.
2. **Corrective Maintenance** (pemeliharaan untuk perbaikan): mengganti komponen yang rusak.

Pada *Preventive maintenance* penggantian dilakukan sebelum komponen benar-benar rusak (aus karena pemakaian) sehingga keandalan sistem dapat diperbesar. Sebagai contoh, komponen dari bagian yang bergerak dan digunakan secara terus menerus sebaiknya diganti sebelum rusak misalnya servo potensiometer, motor dan sikatnya kontak pada relay dan saklar atau lampu pijar (filamen).



Gambar 2.3: Lampu Pijar Umurnya Tak Panjang

Suatu sistem yang menggunakan sejumlah besar lampu indikator, memiliki grafik kerusakan seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4: Grafik Kerusakan Lampu Indikator

Grafik kegagalan menunjukkan bahwa puncak kegagalan terjadi pada 1000 jam. Kemungkinan suatu lampu indikator mengalami kegagalan sebelum 1000 jam adalah 0,5 (50 %). Jadi, bila lampu diganti setelah 1000 jam, kemungkinan setiap lampu mengalami kegagalan selama waktu itu adalah 0,5 (50 %). Apabila semua lampu diganti pada waktu yang bersamaan dalam standar deviasi sebelum umur rata-ratanya, maka hal ini akan membuat tingkat keandalannya lebih baik.

Kesulitannya adalah memperkirakan dengan tepat periode keausan untuk komponen pada bagian dalam, sehingga menjadi tidak ekonomis untuk melaksanakan pemeliharaan preventif.

Kerugiannya adalah gangguan-gangguan yang terjadi selama pengerjaan pemeliharaan preventif tersebut, sehingga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada alat itu sendiri.



Gambar 2.5: Memperkirakan Keausan Itu Sulit

Pemeliharaan yang bersifat memperbaiki (*corrective maintenance*) adalah aktivitas pelayanan sistem elektronika selama penggunaannya, jika terjadi kerusakan komponen yang tidak dapat diperkirakan dan tidak dapat ditanggulangi dengan pemeriksaan. Dalam kenyataannya, pemeriksaan suatu kerusakan lebih disukai daripada pencegahan.

Tiga tingkatan dalam perbaikan:

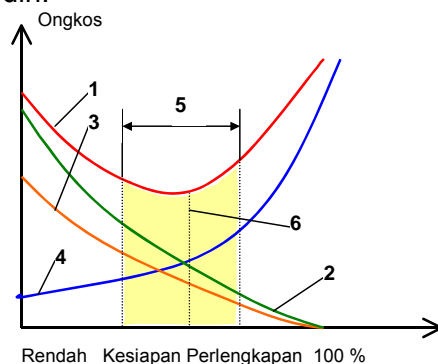
Pengamatan Kerusakan:

- Catat gejala-gejalanya
- Bandingkan dengan spesifikasi

Menentukan tempat kerusakan (Lokalisasi)

Perbaikan Kerusakan

Sebagai gambaran, Gambar 2.6 memperlihatkan hubungan antara ongkos pemeliharaan dan ongkos perbaikan serta tersedianya perlengkapan itu sendiri.

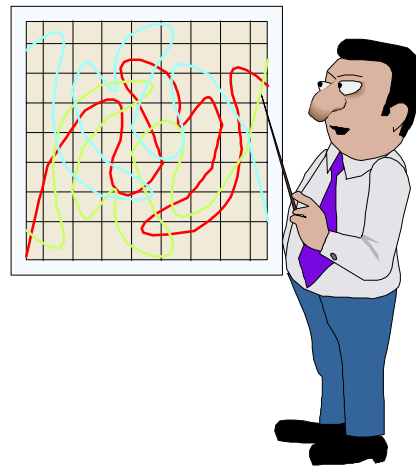


Gambar 2.6: Hubungan Antara Ongkos Pemeliharaan Dan Ongkos Perbaikan Serta Tersedianya Perlengkapan

Keterangan:

1. Jumlah ongkos-ongkos pemeliharaan dan perbaikan.
2. Ongkos-ongkos perbaikan + kerugian kerusakan (kerugian produksi, tenaga kerja yang mengganggu dsb).
3. Ongkos-ongkos perbaikan.
4. Ongkos-ongkos pemeliharaan.
5. Regangan optimum dimana jumlah biaya harus diberikan (batas-batas tidak mutlak dan mungkin berbeda dari masalah ke masalah).
6. Optimasi tersedianya perlengkapan.

Dapat terlihat dengan jelas bahwa ada rentangan optimum yaitu usaha pemeliharaan itu dapat ditentukan secara ekonomis. Sebaliknya, ongkos pemeliharaan meningkat sedemikian rupa sehingga tak seorangpun dapat mengatasinya.



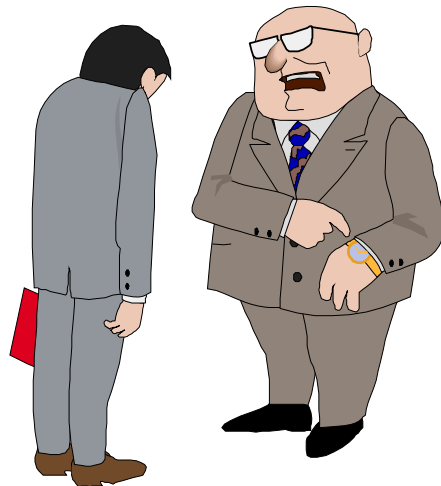
Gambar 2.7: Ongkos Pemeliharaan yang Tak Menentu

2.1.3. Pemeliharaan di Industri

Tujuan menjalankan dan memben-tuk suatu perusahaan industri ada-lah mencari suatu keuntungan.

Untuk mencapai itu semua perusa-haan harus:

- Memperhatikan dengan cermat manajemen perusahaan.
- Mengorganisasikan dan meng -koordinasikan seluruh kegiatan didalam suatu perusahaan untuk meningkatkan keuntungan usaha



Gambar 2.8: Kedisiplinan terhadap Waktu Termasuk dalam Koordinasi Perusahaan

Suatu perusahaan tidak hanya memproduksi barang-barang yang dapat dijual, tetapi juga harus siap menghadapi persaingan. Untuk itu, barang-barang tersebut harus memenuhi:

- harga wajar;
- berkualitas;
- produksi dan distribusi tepat waktu .

Untuk memenuhi produksi harus dilaksanakan:

- Efisien dan ekonomis: semua peralatan harus beroperasi se-cara efisien dan akurat pada tingkat produksi yang disya-ratkan.
- Penjadwalan waktu istirahat direncanakan secara cermat.
- Pengembangan produksi ha-rus terus dilakukan dengan menghasilkan produk baru dan berstandar serta berkualitas. Melalui teknis, proses, sistem, metoda serta optimalisasi.



Gambar 2.9: Pengembangan Produksi

Maka bagian pemeliharaan:

- Harus maju sesuai dengan teknik mutakhir yang dipakai.
- Harus merencanakan pemeli-haraan secara teratur tidak mengganggu jadwal produksi sehingga waktu tunggu dan kerugian menjadi minimal.

Pemeliharaan yang tidak memadai dapat menimbulkan kerusakan de-ngan biaya tinggi dan tidak ha-nya dalam perbaikan saja tetapi juga kerugian jumlah produksi.

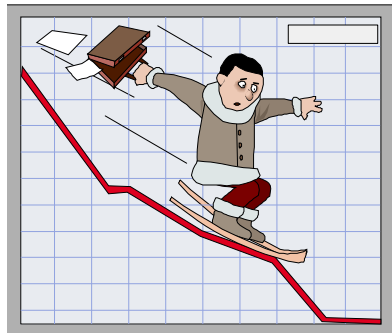
2.1.4. Pemeliharaan dalam Pelayanan Umum

Suatu bentuk pelayanan umum tidak untuk mencari keuntungan. Fungsi utama mereka untuk menyediakan pelayanan bagi masyarakat (konsumen). Misalnya kantor dan hotel komersial menyediakan pemanas, spa, lift dan sebagainya.



Gambar 2.10: Kolam Air Panas

Kerusakan dari pelayanan bagian manapun, mungkin secara tak langsung akan menyebabkan kerugian karena dihubungkan dengan reputasi perusahaan yang akhirnya akan mempengaruhi bisnis.



Gambar 2.11: Kerugian Karena Kerusakan Pelayanan

Dan tentunya sebagai konsumen seharusnya kita ikut menjaga fasilitas umum tersebut, karena semuanya itu untuk kepentingan dan kelancaran bersama .

Banyak situasi lain bahwa kegagalan teknik dalam pelayanan pemeliharaannya tidak dapat semata-mata ditaksir dalam hal keuangan, dijelaskan di bawah ini.

- Rumah sakit yang berfungsi terus menerus, kerusakan dan pengangguran perlengkapan tertentu dapat berakibat fatal. Dalam hal semacam ini, diperlukan bagian yang siap untuk memasang perlengkapan, untuk melaksanakan perbaikan dan pemeliharaan secara rutin. Sistem pemeliharaan awal adalah menjamin perlengkapan tersebut dapat dipercaya setiap waktu.



Gambar 2.12: Peralatan Rumah Sakit Yang Perlu Dipelihara

- Kegagalan pelayanan darurat pada sekolah, perpustakaan dan kantor tidak akan menyebabkan malapetaka atau kerugian hasil, tetapi hal ini akan menyebabkan ketidaknyamanan atau ketidaknyamanan.

Jadi, pemeliharaan bagian pelayanan yang bersifat umum juga harus diperhatikan, karena secara tak langsung berhubungan dengan kelangsungan atau kelancaran perusahaan itu sendiri.

2.1.5. Keuntungan Pemeliharaan yang Direncanakan

Pemeliharaan yang terprogram dapat diterapkan dengan baik pada semua jenis industri, tetapi efek dan keuntungan-keuntungannya akan berbeda-beda. Hal ini tergantung pada industri, kondisi lokal dan juga bentuk penerapannya.

Pemeliharaan terprogram bukanlah satu-satunya cara mengatasi semua kesulitan untuk setiap persoalan pemeliharaan.

Pemeliharaan terprogram ini tak akan menyelesaikan masalah bila:

- Bagian ketrampilannya lemah
- Kekurangan peralatan
- Rancangan peralatan yang jelek atau pengoperasian peralatan yang salah.

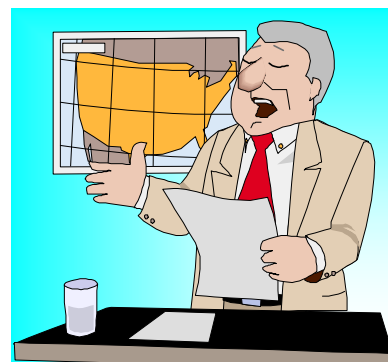


Gambar 2.13: Pemeliharaan yang Terprogram

Pemeliharaan yang terprogram adalah perencanaan suatu perusahaan dalam mengoptimalkan sumberdaya manusia, biaya, bahan, dan mesin sebagai penunjang.

Keuntungan pemeliharaan terprogram adalah:

- Tersedianya material yang lebih besar, dengan cara:
 - memperkecil kerusakan yang akan timbul pada pabrik yang secara teratur dan benar-benar dipelihara
 - pemeliharaan akan dilaksanakan bila hal itu paling menguntungkan dan akan menyebabkan kerugian produksi yang minimum;
 - tuntutan komponen dan perlengkapan diketahui sebelumnya dan tersedia bila perlu.
- Pelayanan yang diprogram dan penyesuaian pemeliharaan hasil pabrik yang terus-menerus;
- Pelayanan yang rutin lebih murah dari pada perbaikan yang tiba-tiba; menggunakan tenaga lebih banyak tapi efektif;
- Penyesuaian perlengkapan dapat dimasukkan dalam program;
- Dapat membatasi ongkos pemeliharaan dan perbaikan secara optimum.



Gambar 2.14: Segala Sesuatu Harus Direncanakan

2.2. Spesifikasi

2.2.1. Pendahuluan

Definisi Spesifikasi:

Pernyataan terperinci dari karakteristik yang dikehendaki suatu perlengkapan, peralatan, sistem, produk atau proses.

Manfaat mengetahui Spesifikasi (spec):

Bagi Perusahaan: untuk mencapai spec. standard yang lebih baik lagi.

Bagi Konsumen: untuk membandingkan kelebihan / kekurangan dengan produk yang lain (memilih yang terbaik dan ekonomis)



Gambar 2.15: Bandingkan Sebelum Membeli

Pemeliharaan peralatan yang ada dalam suatu perusahaan ataupun pembuatan suatu peralatan, tak luput dengan spesifikasi alat tersebut, sehingga kita dapat memeliharanya dengan betul.

2.2.2. Spesifikasi Komponen

Spesifikasi suatu komponen seharusnya juga diketahui oleh pembuat suatu peralatan, sehingga dalam perancangannya dapat mempergunakan komponen yang paling efektif dan murah untuk suatu aplikasi tertentu.

Sebelum kita melihat spesifikasi yang sebenarnya, kita harus terlebih dahulu memperhatikan berbagai komponen yang dipergunakan dalam industri elektronika.

Komponen ini dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- bagian mekanik, seperti casis logam dan siku-siku, kawat, papan rangkaian tercetak (selanjutnya disebut PCB), konektor, plug dan soket;
- komponen pasif, seperti resistor tetap dan variabel, kapasitor tetap dan variabel, induktor;
- komponen aktif, seperti dioda, transistor, thyristor, FET dan IC.

Perancang harus mempergunakan spesifikasi untuk memilih komponen yang paling cocok. Untuk aplikasi tertentu **spesifikasi komponen bergantung** pula pada:

- Harga disesuaikan produk.
- Ketersediaan suku cadang.
- Standarisasi dalam organisasi.

Format untuk Spesifikasi Komponen dapat dibagi sebagai berikut:

1. Piranti, tipe dan keluarga
2. Gambaran singkat tentang piranti dan aplikasi yang diharapkan, untuk menunjang dalam pilihan ini.
3. Penggambaran outline yang menunjukkan dimensi mekanis dan sambungan.
4. Penjelasan terperinci singkat tentang karakteristik kelistrikan yang terpenting dan batas maksimum nilai mutlak dari tegangan, arus dan daya.
5. Data kelistrikan lengkap termasuk angka-angka, grafik yang diperlukan dan kurva karakteristik.
6. Perincian tentang metoda pemeriksaan pabrikasi.
7. Angka-angka tentang reliabilitas atau batas kegagalan.

Pada Gambar 2.16 diberikan contoh lembaran spesifikasi sebuah komponen potensiometer adalah:

single turn sealed wirewound potentiometer

Approved to BS 9133 N004

A small general purpose sealed wirewound panel control potentiometer with humidity proof construction. Phenolic body moulding, beryllium copper contact, nickel plated brass spindle and bush.

CLR 1232

$\frac{1}{2}$ W at 70 °C Tolerance $\pm 10\%$ Range 100R, 10K
100R, 500R, 1 K, 2K5, 5K, 10K.

TECHNICAL DATA

| | |
|--------------------------|--|
| Linearity | 1 % typical, 2 % max |
| Terminal resistance | 0.2 Ω max or 0.01% of nominal resistance whichever is the greater |
| Limiting element voltage | 250 V d.c. or a.c. r.m.s. |
| Isolation voltage | 360 V a.c. peak |
| Insulation resistance | 1000 M Ω |
| Rotational noise | 100 E.N.R. max. |
| Angle of rotation | mechanical 290° \pm 10° electrical 265° \pm 15° |

| Spindle length code | |
|---------------------|-------------------|
| CLR 1232/268 | 5/8" long Slotted |
| CLR 1232/118 | 1/4" long Slotted |

GC Loveday, 1980, 6

Gambar 2.16: Spesifikasi potensiometer

Perlu dicatat bahwa maksud lembar spesifikasi di atas adalah untuk menunjukkan dengan jelas tentang pemakaiannya, batas maksimum mutlak, dan batas data kelistrikan penting lainnya, sehingga komponen ini dapat digunakan dengan benar. Contoh di atas hanya untuk memberikan ilustrasi format yang biasanya dijumpai.

Untuk menilai spesifikasi komponen selengkapnya, cara yang terbaik adalah mencari sumber dari buku data pabrik yang bersangkutan. Dalam buku data ini selalu terdapat informasi yang penting dan berguna.

Terlepas dari masalah harga, kita harus memperhatikan semua aspek yang berikut ini:

1. **Dimensi fisik** : yaitu panjang, diameter, bentuk kawat penyambung dan bentuknya sendiri.
2. **Rentangan resistansi** : nilai maksimum dan minimumnya.
3. **Toleransi seleksi** : nilai seleksi maksimum dan minimum dari resistor, misalnya $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ atau $\pm 20\%$.
4. **Rating daya** : daya maksimum dalam watt yang dapat didisipasikan biasanya dinyatakan pada temperatur 70°C (komersial), 125° (militer).
5. **Koefisien temperatur** : perubahan resistansi menurut temperatur dinyatakan dalam bagian-bagian per sejuta (ppm) per $^\circ\text{C}$. Oleh karena "koefisien" menunjukkan bahwa terjadi fungsi linier, maka istilah karakteristik sekarang lebih disukai.
6. **Koefisien tegangan** : perubahan resistansi menurut tegangan yang terpasang dinyatakan dalam ppm per volt.
7. **Tegangan kerja maksimum** : tegangan maksimum yang dapat dipasang pada ujung-ujung resistor.
8. **Tegangan breakdown** : tegangan maksimum yang dapat dipasang diantara badan resistor dan menyentuh konduktor luar, yaitu tegangan breakdown dari pelapis yang mengisolasi resistor itu.
9. **Resistansi penyekat** (*insulation resistance*): resistansi dari pelapis yang mengisolasi.
- 10 **Stabilitas umur pembebanan** : perubahan resistansi setelah waktu operasi yang disebutkan, dengan beban penuh pada 70°C . Waktu operasi biasanya diambil 1000 jam.
- 11 **Shelf stability** : perubahan resistansi selama disimpan biasanya dinyatakan untuk 1 tahun.
- 12 **Range temperatur kerja** : nilai-nilai ini minimum dan maksimum yang diizinkan untuk temperatur ambient.
- 13 **Temperatur permukaan maksimum** : nilai temperatur maksimum dan minimum yang diizinkan untuk badan resistor, kadang-kadang disebut "HOT SPOT TEMPERATURE".
- 14 **Noise** : *noise* (desah) kelistrikan yang disebabkan oleh tegangan yang terpasang yang menekan resistor dinyatakan $\mu\text{V/y}$
- 15 **Klasifikasi kelembaban** : perubahan resistansi dalam mengikuti suatu temperatur standar yang tinggi dan test siklus waktu kelembaban. Perubahan itu harus berada dalam limit tertentu.
- 16 **Efek penyolderan** : perubahan resistansi yang diakibatkan oleh test penyolderan standar.

Setelah melihat berbagai parameter yang harus diperhatikan, maka sangatlah berguna untuk membandingkan berbagai tipe resistor yang secara fisik kira-kira ukurannya sama. Ini ditunjukkan pada tabel 2-1. Angka-angka yang diberikan disitu adalah contoh-contoh dalam kebanyakan hal, terlepas dari beberapa nilai maksimum.

Dengan mempelajari tabel, nyatalah bahwa resistor untuk aplikasi yang profesional harus jenis metal oxide atau metal glaze (cermet), karena resistor-resistor jenis itu mempunyai rentangan resistansi yang lebar, stabilitas yang baik, dan koefisien temperatur yang rendah.

Untuk aplikasi yang khusus, perancang harus lebih mendalami spesifikasi khusus dari tipe komponen, tetapi jelas menguntungkan jika kita mempunyai data pendek seperti pada tabel karena hal ini membantu kita dalam mempersempit daerah pemilihan untuk mendapatkan komponen yang benar.

Tabel 2.1: Perbandingan Jenis-Jenis yang Umum dari Resistor Kegunaan Umum

| Resistor Type | Carbon Composition | Carbon Film | Metal Oxide | Metal Glaze | General Purpose Wire-Wound |
|----------------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Range | 10 Ω to 22 M Ω | 10 Ω - 2 M Ω | 10 Ω - 1 M Ω | 10 Ω - 1 M Ω | 0.25 Ω - 10 K Ω |
| Toleransi | $\pm 10\%$ | $\pm 5\%$ | $\pm 2\%$ | $\pm 2\%$ | $\pm 5\%$ |
| Rating Daya | 250 mW | 250 mW | 500 mW | 500 mW | 2.5 W |
| Kestabilan | 10 % | 2 % | 1 % | 0.5 % | 1 % |
| Beban | | | | | |
| Teg. Max. | 150 V | 200 V | 350 V | 250 V | 200 V |
| R Penyekat | 10 ⁹ Ω | 10 ¹⁰ Ω | 10 ¹⁰ Ω | 10 ¹⁰ Ω | 10 ¹⁰ Ω |
| Tegangan Breakdown | 500 V | 500 V | 1 KV | 500 V | 500 V |
| Koefisien Tegangan | 2000 ppm/V | 100 ppm/V ^b | 10 ppm/V | 10 ppm/V | 1 ppm/V |
| Daerah temp. ambang | - 40 °C s/d + 105 °C | - 40 °C s/d + 125 °C | - 55 °C s/d + 150 °C | - 55 °C s/d + 150 °C | - 55 °C s/d + 185 °C |
| Koefisien Temperatur | ± 1200 ppm/°C | ± 1200 ppm/°C | ± 250 ppm/°C | ± 100 ppm/°C | ± 200 ppm/°C |
| Noise | 1 K Ω 2 μ V/V 10 M Ω 6 μ V/V | 1 μ V/V | 0.1 μ V/V | 0.1 μ V/V | 0.01 μ V/V |
| Efek Penyolderan | 2 % | 0.5 % | 0.15 % | 0.15 % | 0.05 % |
| Shelf life 1 year | 5 % max | 2 % max | 0.1 % max | 0.1 % max | 0.1 % max |
| Damp heat 95% RH | 15 % max | 4 % max | 1 % | 1 % | 0.1 % |

GC Loveday, 1980, 8

Langkah-langkah yang diperlukan dalam memilih komponen yang benar adalah sebagai berikut :

- Tentukan secara definitif aplikasinya: keperluannya untuk apa
- Buatlah daftar untuk persyaratan: seperti dimensi, nilai, toleransi dsb.
- Ceklah lembar data singkat untuk mendapatkan tipe yang cocok.
- Perhatikan batas-batas lainnya yang mungkin: ada tidaknya, harga dll.
- Ceklah spesifikasi komponen yang lengkap
- Evaluasi

2.2.3. Spesifikasi Perlengkapan

Format standard dari spesifikasi suatu perlengkapan elektronika adalah :

1. Diskripsi dan nomor tipe

Sebuah catatan singkat yang menyatakan dengan jelas apa yang harus dikerjakan oleh instrumen itu dan maksud aplikasinya.

2. Data kelistrikan

(a) Karakteristik prinsip, misalnya

Output,
taraf tegangan,
Frekuensi,
Impedansi,
Rentangan,
Akurasi,
Distorsi,
Karakteristik temperatur.

(b) Kebutuhan daya

Sumber tegangan: 120 V atau 240 volt ac, fasa tunggal, frekuensi 50 Hz sampai 60 Hz dengan daya 250 Watt.

3. Data lingkungan

Rentangan temperatur kerja,
Kelembaban,
Klasifikasi,
Test getaran,
Angka untuk MTBF.

4. Data mekanik

Dimensi,
Bobot.

Beberapa perlengkapan elektronika yang dipakai secara umum dapat diklasifikasikan sbb (lihat gambar disamping):

- Instrumen ukur elektronika
- Instrumen pembangkit sinyal
- Sumber-sumber daya
- Perlengkapan komunikasi
- Instrumen pengolah data
- Elektronika konsumen
- Sistem kontrol



Gambar 2.17: Contoh Alat Ukur



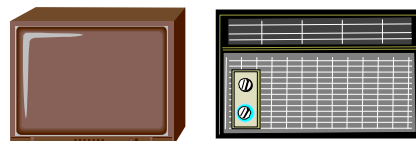
Gambar 2.18: Contoh Sumber Daya



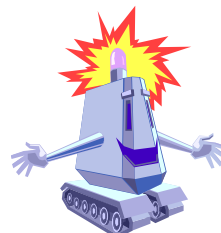
Gambar 2.19: Contoh Alat Komunikasi



Gambar 2.20: Contoh Pengolah Data



Gambar 2.21: Contoh Elektronik Konsumen



Gambar 2.22: Contoh Sistem Kontrol

Tabel 2.2: Contoh Spesifikasi sebuah Catu Daya dan Multimeter Digital

| (A) Stabilised D.C. Power Supply | | (B) Digital Multimeter | |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Branch Type | | 3½ digits | |
| Parameter of Function | Typical value | Parameter of function | Typical value |
| Output Voltage | 0 to 50 V | Ranges: | |
| Output current | 1 A max | d.c. and a.c. voltages | 200 mV to 1 KV |
| Load regulation | 0.02 % zero to full load | d.c. and a.c. Current | 200 µA to 1 A |
| Line regulation | 0.01 % for 10 % Mains change | Resistance | 200 Ω to 20 MΩ |
| Ripple and Noise | 5 mV pk-pk | Accuracy (90 days) | |
| Output impedance | 10 MΩ at 1 KHz | d.c. | ± 0.3 % of reading ± 1 digit |
| Temperature coefficient | ± 0.01 % per °C | a.c. | ± 0.5 % of reading ± 1 digit |
| Current limit | 110 % of full load | Resistance | ± 0.2 % of reading ± 1 digit |
| | | Response time d.c. | 0.5 sec |
| | | a.c. | 3 sec |
| | | Temperature coeff. | ± 300 ppm/°C |
| | | Input impedance | 10 MΩ in parallel with 100 pF |

GC Loveday, 1980, 13

Penting untuk memiliki pemahaman yang baik tentang berbagai istilah dan pernyataan-pernyataan dalam sebuah spesifikasi, apalagi saat membeli sebuah instrumen baru yang tidak begitu dikenal. Jika ada keraguan arti dari beberapa spesifikasi, mintalah penjelasan dari pabrik atau pergunakanlah buku petunjuk spesifikasi standar dari instrumen tersebut. Tidak ada untungnya dengan berpura-pura sudah mengerti.

2.2.4. Spesifikasi Tes

Dalam sebuah industri elektronika tentunya tak luput dari pengetesan peralatan yang diproduksi, dan ini dilakukan oleh ahli tes pada bagian perbaikan. Untuk itu tentunya diperlukan sebuah informasi cara pengetesan suatu peralatan dengan menggunakan spesifikasi tes.

Definisi Spesifikasi Tes:

adalah informasi yang diperlukan oleh bagian test, perbaikan, atau ahli-ahli instalasi agar mereka dapat mengecek apakah instrumen atau sistem memenuhi standar penampilan yang dipersyaratkan.

Spesifikasi test tentunya merupakan dokumen yang perlu pemahaman, ini mencakup semua aspek dari karakteristik instrumen, hal-hal yang harus dicek, disetel, diukur, dan direkam (dicatat).

Lembaran standar untuk menu-liskan spesifikasi tes yang logis tentang test dan penyetelan sebagai berikut :

- (a) Judul, nomor tipe instrumen, nomor seri, spesifikasi, tanggal pengeluaran
- (b) Daftar perlengkapan test yang diperlukan untuk melaksanakan test
- (c) Pemeriksaan kesinambungan, isolasi, dan resistansi (dengan daya dipadamkan)
- (d) Penyetelan taraf sinyal dan tegangan, pengukuran, dan pencatatan-pencatatan mengenai masing-masing perakitan sub. Beberapa dari test-test ini mungkin dapat dilakukan sebelum test akhir. (catu daya hidup).
- (e) Test penampilan sistem dan instrumen
- (f) Burn - in test (kadang-kadang disebut SOAK TEST).

Untuk menjamin agar unit produksi memenuhi semua aspek penampilan produksi yang telah disetujui, merupakan tugas para ahli test itu. Untuk itu diperlukan suatu ketrampilan dalam pengukuran dan mencari gangguan dengan cepat. Bila beberapa bagian dari instrumen yang tidak bekerja sesuai dengan spesifikasi, maka ahli test itu harus menemukan sebab dari kesalahan secepat mungkin dan kemudian menyerahkan instrumen itu, atau bagian rakitan itu kepada bagian produksi untuk diperbaiki. Disamping pengukuran dan mencari gangguan, ahli itu harus mencatat data yang diperlukan dengan teliti dari instrumen yang dites.

Yang penting lagi seorang ahli tes harus menjaga keselamatan kerja, menjaga instrumen-instrumen tes dan mempunyai catatan-catatan.

2.2.5. Kalibrasi Peralatan

Kebijakan pemeliharaan tipe tertentu suatu sistem dapat mencakup program detail tentang kalibrasi ulang dan langkah-langkah pencegahan lainnya.

Yang dimaksud **kalibrasi ulang** adalah menseting kembali peralatan yang sudah dipakai selama periode atau waktu tertentu dengan cara membandingkan peralatan yang sama dan masih standar, sehingga alat tersebut dapat berjalan normal kembali.

Kalibrasi ulang merupakan jenis pemeliharaan untuk mempertahankan keandalan kerja peralatan sesuai kelasnya. Hal ini dilakukan karena adanya penyimpangan dari batas toleransi spesifikasi peralatan tersebut. Kalibrasi sangat penting dilakukan untuk instrumen ukur, misalnya osiloskop, digital multi-meter, alat-alat ukur elektronik kedokteran dan lain-lain. Karena adanya penyimpangan spesifikasi bisa mengakibatkan penyimpangan saat pengukuran, serta bila dibiarkan akan membuat alat ukur tersebut rusak. Untuk kalibrasi ulang biasanya tidak ada komponen yang diganti dan dilakukan dalam interval waktu yang tertentu (maksimum 1 tahun sekali) pada setiap peralatan (terutama peralatan ukur).



Gambar 2.23: Kalibrasi Hal Yang Penting.

2.3. Keandalan dan Kegagalan

2.3.1. Pendahuluan



Kalian pasti sudah mengetahui, bahwa setiap peralatan elektronika setelah beberapa waktu akan mengalami kemunduran kinerja atau bahkan mengalami kerusakan, karena tidak ada peralatan yang dapat bekerja secara sempurna sepanjang waktu, meskipun kualitas dan teknologinya canggih. Misalnya satelit membutuhkan keandalan sangat tinggi sehingga sampai batas waktu yang ditentukan tetap bekerja dengan baik, karena kerusakan pada satelit akan sangat kesulitan untuk mereparasinya dan membutuhkan biaya yang sangat tinggi. Tetapi tetap saja satelit tersebut harus diganti dengan yang baru setelah batas waktunya sebelum kerusakan itu terjadi, sehingga semua jenis komunikasi tak terganggu.

Kualitas adalah kemampuan suatu item agar memenuhi spesifikasinya, sedangkan **keandalan** merupakan pengembangan dari kualitas terhadap waktu.

Keandalan dan kualitas suatu peralatan akan mempengaruhi usia kerja alat tersebut. Suatu peralatan elektronika yang dibuat dengan memperhatikan faktor kualitas akan beroperasi dengan baik dalam jangka waktu yang lebih lama daripada suatu alat sistem yang dikerjakan dengan kurang memperhatikan faktor kualitas. Untuk dapat meramalkan seberapa jauh keandalan suatu alat, maka definisi tentang keandalan itu sendiri harus diketahui. **Keandalan** adalah kemampuan suatu item untuk melaksanakan suatu fungsi yang dipersyaratkan dibawah suatu kondisi yang ditentukan dalam periode waktu tertentu.

Dalam hal ini **item** berarti komponen, instrumen atau sistem. Angka keandalan tidak dapat diramalkan tanpa mengkhususkan waktu dan kondisi operasinya. Hal-hal lebih rinci yang menyangkut keandalan akan dibahas pada sub-bab tersendiri pada buku ini. Untuk mengetahui gambaran yang lebih lengkap, karena keandalan sangat erat hubungannya dengan kegagalan, maka perlu disimak suatu definisi kegagalan. **Kegagalan** adalah akhir kemampuan suatu item untuk melaksanakan fungsi yang dipersyaratkan.

Dari dua definisi tersebut diatas, maka dapat dilihat hubungan antara keandalan dan kegagalan. Bila suatu item menunjukkan penurunan keandalannya, maka ini menunjukkan adanya gejala kegagalan.

Tahap kegagalan

Ada tiga tahap kegagalan selama usia pakai suatu peralatan.

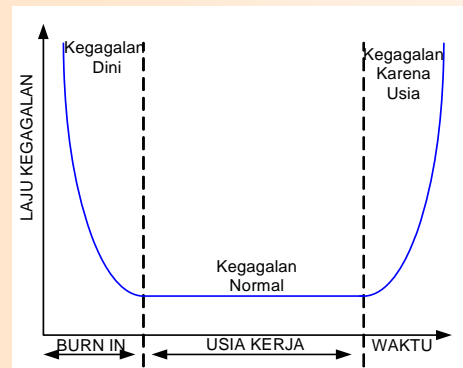
Tahap pertama disebut dengan kegagalan dini (*infant mortality*), yakni kegagalan peralatan sesaat setelah alat tersebut dibuat dan dikirimkan ke pelanggan. Kegagalan selama tahap ini disebabkan oleh kerusakan komponen yang telah dipasang pada peralatan tersebut. Biasanya kondisi operasi alat tidak berlangsung lama. Peralatan biasanya masih berada dalam garansi perusahaan dan perbaikan menjadi tanggung jawab perusahaan. Penyebab lain dari kegagalan yang terlalu dini adalah kesalahan perancangan yang terlalu menitikberatkan pada satu bagian dari peralatan tersebut. Hal ini hanya mungkin terjadi pada produk yang baru dirancang dan ketidakmampuan perusahaan menyelesaikan semua kelemahan produk tersebut.

Tahap kedua adalah kegagalan normal usia kerja peralatan. Laju kegagalan pada waktu tersebut adalah paling rendah.

Tahap ketiga adalah periode suatu peralatan mengalami laju kegagalan paling tinggi, yang disebabkan oleh usia kerja alat sudah berakhir. Selama waktu ini, semua tampak salah.

Cepat tidaknya suatu peralatan memasuki tahap ini tergantung pada cara pemeliharaan peralatan selama digunakan. Misalnya, jika telah diketahui suatu komponen telah habis masa pakainya, maka sebaiknya komponen cepat diganti sebelum menyebabkan kegagalan pada peralatan tersebut.

Hubungan antara usia peralatan dengan laju kegagalan dapat dilihat pada Gambar 2.24

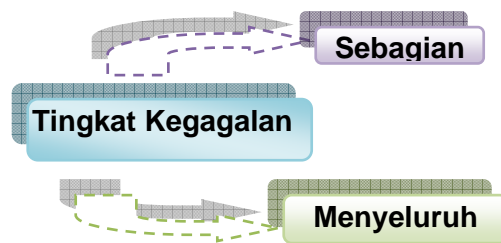


Gambar 2.24: Hubungan Usia Peralatan Dan Laju Kegagalan



Gambar 2.25: Semua Peralatan Harus Dipelihara

Tingkat Kegagalan



Gambar 2.26:
Contoh Gagal
Sebagian warna
hijaunya hilang.



Gambar 2.27: Contoh
Gagal Menyeluruh
TV mati total.

Kegagalan Sebagian atau Parsial adalah kegagalan akibat adanya deviasi karakteristik atau parameter di luar batas spesifikasi, tapi tidak sampai mengurangi fungsi alat secara menyeluruh. **Contohnya** : generator fungsi yang masih dapat menghasilkan sinyal, tapi frekuensinya tidak sesuai dengan posisi batas ukurnya, TV yang hilang warna hijaunya dll.

Kegagalan Menyeluruh atau Total disebabkan oleh adanya deviasi karakteristik atau parameter diluar batas spesifikasi sehingga secara menyeluruh mengurangi fungsi peralatan. **Contohnya** generator fungsi yang tidak dapat menghasilkan seluruh bentuk gelombang, TV yang tak mau hidup dll.

Penyebab kegagalan

Kegagalan salah pemakaian adalah kesalahan yang disebabkan oleh pemakaian di luar batas kemampuan komponen atau alat tersebut. Contohnya: multimeter yang digunakan untuk mengukur tegangan AC tetapi dipasang pada posisi tegangan DC.

Kelemahan yang ada dalam item (komponen, peralatan ataupun sistem) walaupun dioperasikan dalam batas kemampuannya dapat juga menjadi penyebab kegagalan. **Contohnya** multimeter yang sedang digunakan untuk mengukur tegangan, tiba-tiba rusak walaupun pemakaiannya sudah benar.



Waktu kegagalan

Waktu kegagalan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- **Kegagalan tiba-tiba**, yakni kegagalan yang tidak dapat diduga melalui pengujian sebelumnya. Contohnya: TV yang sedang dioperasikan dan tiba-tiba rusak tanpa sebab yang jelas.
- **Kegagalan bertahap**, yakni kegagalan yang dapat diduga melalui pengujian sebelumnya. Contohnya: TV pada bagian volumenya mulai derau saat dibesarkan atau dikecilkan potensio volumenya.

Kombinasi Kegagalan

Kegagalan fatal (*catastrophic*) = kegagalan tiba-tiba + menyeluruh.
Contohnya : TV yang sedang dioperasikan dan tiba-tiba rusak sendiri.

Kegagalan degradasi = kegagalan bertahap + tidak menyeluruh (*sebagian*), contohnya: TV yang volumenya mulai derau saat dibesarkan atau dikecilkan potensio volumenya.

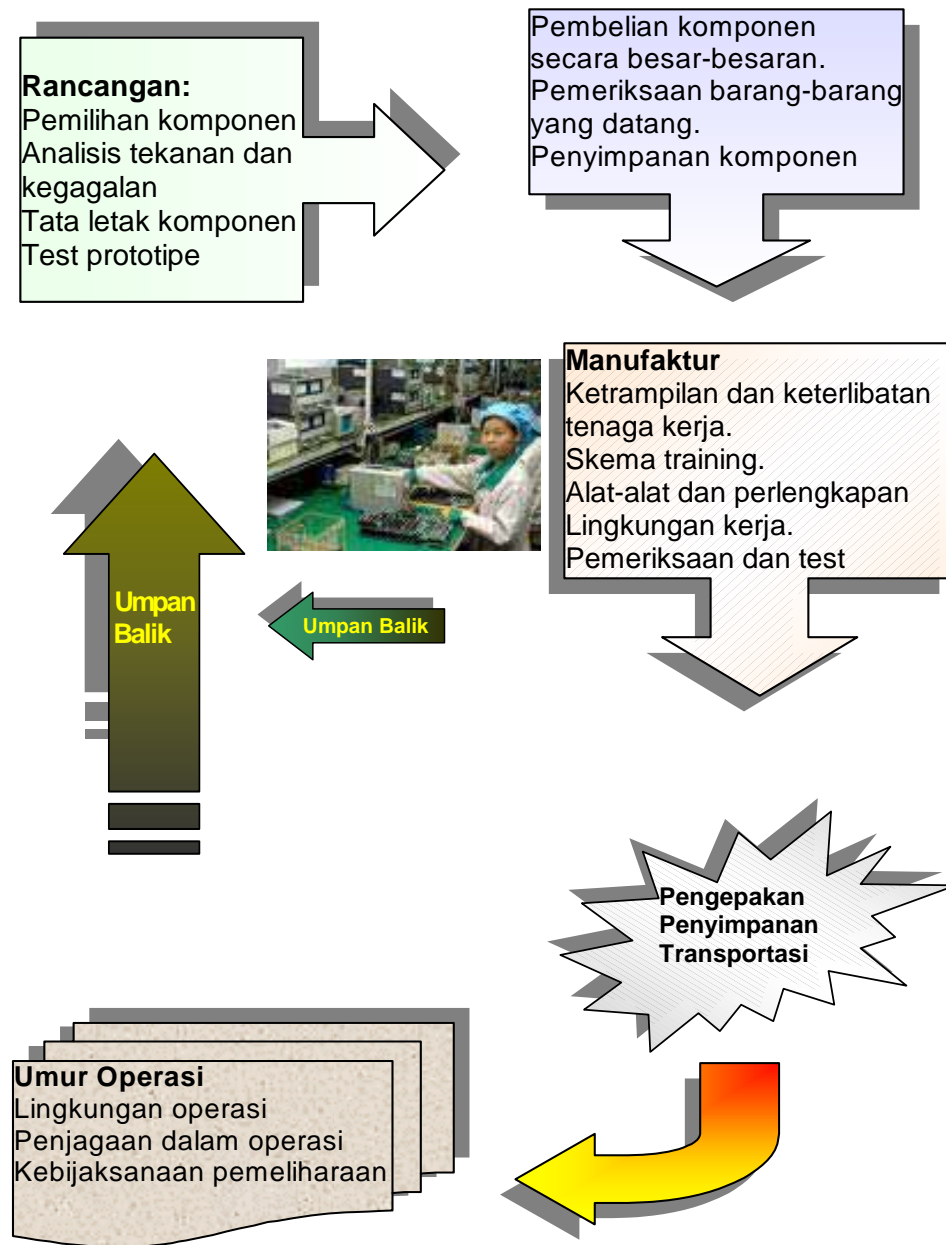
2.3.2. Faktor yang Mempengaruhi Keandalan

Keandalan suatu alat atau instrumen elektronik tidak lepas dari faktor yang mempengaruhinya selama siklus hidup peralatan. Siklus hidup tersebut, dapat dibagi menjadi empat tahap, yakni :

Perancangan dan Pengembangan



Secara lebih detailnya untuk mencapai target keandalan yang diinginkan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :





Tahap Perancangan dan Pengembangan

Pada tahap ini harus sudah disiapkan keandalan yang ingin dicapai, sehingga pada langkah berikutnya para ahli rancang akan diarahkan untuk mencapai target.

Adapun pekerjaan pada tahap ini meliputi:

- Merancang rangkaian menentukan tata letak komponen, dan menguji *prototype* secara menyeluruh.
- Merancang rangkaian dan memilih komponen yang tepat, sehingga tidak akan ada penitik-berratan hanya pada salah satu komponen saja. Untuk memilih komponen yang tepat, dilakukan pemeriksaan setiap komponen atas peluang kegagalannya dalam rangkaian yang dirancang. Langkah ini disebut **Analisis Kesalahan dan Titik-Berat**.
- Menentukan tata letak komponen, perakitan dan panel-panelnya. Pemasangan komponen hendaknya dilakukan dengan hati-hati agar tidak mengalami tekanan mekanis dan panas yang berlebihan.
- Pengaruh lingkungan dimana alat tersebut akan dioperasikan, harus diperhitungkan dan harus dibuat proteksi untuk melawannya. Langkah proteksi ini mencakup penutupan yang rapat, penekanan dengan udara dingin, pemasangan anti getar atau pemasangan senyawa isolasi.

- Pengujian prototipe secara menyeluruh dilakukan untuk melihat, apakah rancangan tersebut sudah memenuhi spesifikasi keandalan dan rujuk kerja yang telah ditentukan.

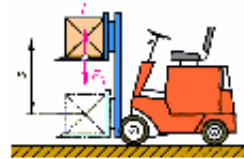


Produksi

- Komponen harus terjamin baik dan disimpan sesingkat mungkin. Untuk jumlah yang kecil dapat dilakukan pemeriksaan seluruhnya. Tetapi untuk jumlah yang besar, pemeriksaan dapat dilakukan dengan mengambil contoh produk (*sample*) dan dengan metode analisis statistik.
- Kerjasama dan ketrampilan karyawan. Setiap karyawan, pembuat alat, ahli produksi dan metode, operator perakitan, ahli test dan pemeriksaan membentuk mata rantai produksi dan dapat membantu menghasilkan produk berkualitas.
- Kerangka pelatihan yang baik akan menjamin karyawan mampu menggunakan teknik produksi dengan benar dan lebih efektif.
- Peralatan produksi sesuai standart yang disyaratkan, dan dipelihara dengan baik.

- Kondisi lingkungan kerja atau perakitan yang nyaman, seperti ventilasi udara yang baik, penerangan yang baik, temperatur ruang yang nyaman untuk pekerja dan alat, serta bebas debu untuk menjamin kondisi yang nyaman.
- Peralatan test otomatis dapat digunakan untuk memeriksa alat hubung singkat atau terbuka pada jalur rangkaian. Soak test perlu dilakukan bila instrument dioperasikan pada temperatur yang diubah-ubah, dan siklus temperatur akan membantu mengenali komponen-komponen yang lemah.

Penyimpanan dan Transportasi



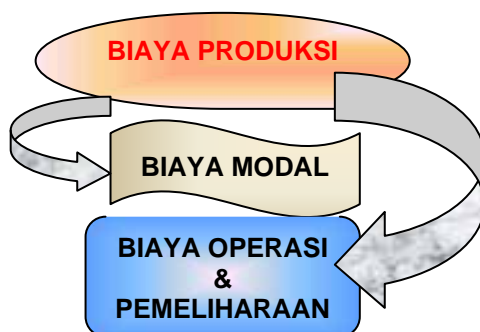
- **Metode penyimpanan** akan mempengaruhi keandalan operasi instrumen tersebut.
- **Metode pengepakan** harus diperhitungkan dalam spesifikasi keandalan. Pengepakan harus dapat melindungi instrumen dari korosi dan bahaya kerusakan mekanis, temperatur penyimpanan dan tingkat kelembaban harus selalu dikontrol.
- **Transportasi** pada saat dijual, instrument harus diangkut dan hal ini akan mengalami getaran, kejutan mekanis, perubahan temperatur, kelembaban dan tekanan. Harus dikhususkan.

Operasi



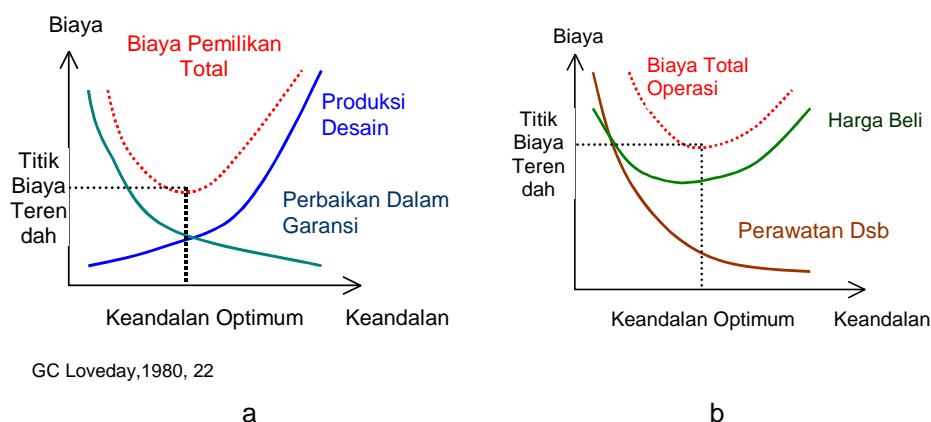
- **Kondisi lingkungan** yang cocok.
- **Cara pengoperasian** yang benar. Petunjuk operasi yang ditulis dengan baik harus dapat menjamin bahwa tidak akan ada kesalahan pemakaian.

2.3.3. Pertimbangan Biaya Keandalan



Setelah beberapa tahun kemudian, biaya operasi dan pemeliharaan sering kali melebihi biaya modal, karena untuk mempertahankan keandalan diperlukan biaya yang sangat tinggi.

Hubungan antara biaya dan keandalan dapat dilihat pada Gambar 2.28 a dan 2.28 b.



GC Loveday, 1980, 22

a

b

Gambar 2.28: a. Biaya Manufaktur Terhadap Keandalan
b. Biaya Pemilikan Terhadap Keandalan

Gambar 2.28a memperlihatkan pada biaya terendah (*breakdown cost*) sepanjang pembuatan, jika keandalan diperbaiki, biaya produksi dan perancangan naik, sementara biaya perbaikan dan penggantian gratis selama garansi turun. Perlu dicatat, bahwa grafik tersebut mempunyai titik biaya terendah. Dengan kata lain, suatu pabrik yang memproduksi produk dengan keandalan rendah mungkin akan mudah tersisih dalam bisnis, karena biaya yang harus dikeluarkan untuk menghasilkan produk secara total akan sangat tinggi. Gambar 2.28.b merupakan jumlah dari biaya pembelian dan biaya perawatan. Biaya tersebut akan menurun dengan semakin baiknya keandalan. Grafik biaya pemilikan total juga mempunyai titik minimum, walaupun titik tersebut berada di sebelah kanan titik biaya minimum manufaktur. Jadi, pelanggan akan lebih memilih keandalan yang lebih baik dengan membayar harga untuk keandalan tersebut daripada mengharapkan suatu pabrik untuk menyediakan instrumen yang andal.



2.3.4. Peluang Keandalan

Belajar tentang keandalan pada hakekatnya adalah belajar kegagalan komponen dan sistem. Mengapa komponen harus gagal? Jawabnya tentu saja, semua barang buatan manusia mempunyai batas umur. Apapun barangnya, lama kelamaan akan menyebabkan barang atau komponen mengalami kegagalan / kerusakan.

Pada peralatan elektronik, tekanan-tekanan yang menyebabkan kegagalan adalah:

Kondisi operasi rancangan

- Penggunaan tegangan dan arus.
- Disipasi daya.
- Tekanan mekanis yang disebabkan oleh metode yang telah ditetapkan.

Kondisi lingkungan

- Temperatur tinggi atau rendah.
- Siklus temperatur, kelembaban yang tinggi.
- Getaran dan kejutan mekanis.
- Tekanan rendah atau tinggi.
- Lingkungan yang menimbulkan karatan, radiasi debu, serangan serangga atau jamur.

2.3.5. Kecepatan Kegagalan

DEFINISI

Kecepatan kegagalan / FR (*FAILURE RATE*) adalah banyaknya kegagalan per banyaknya jam komponen.

Kecepatan kegagalan (*Failure Rate* / FR) dari komponen dapat ditemukan dengan mengoperasikan sejumlah besar komponen dalam suatu periode yang lama dan mencatat kegagalan yang terjadi. Periode awal kecepatan kegagalan yang tinggi dikenal dengan istilah *Burn-in* atau *Early Failure*, yang diikuti dengan suatu periode dimana kecepatan kegagalan menuju nilai yang hampir konstan. Periode ini dikenal sebagai *Random Failure Period* atau *Useful Life*. Disini kegagalan akan menjadi acak, karena suatu yang kebetulan saja. Dengan menggunakan laju kegagalan sepanjang periode *Useful Life*, dapat dibuat suatu ramalan keandalan dengan menggunakan teori kemungkinan. Bila pengujian dilanjutkan di atas periode *useful life*, maka derajat kecepatan kegagalannya akan naik, gagal satu persatu karena proses usia, ini disebut periode *wear out*.

Variasi kecepatan kegagalan menurut waktu ditunjukkan secara grafis pada Gambar 2.24. Karena bentuknya seringkali disebut "*bathtub curve*".

Tabel 2.3 berikut ini hanya merupakan suatu pedoman yang menunjukkan laju kegagalan dari komponen elektronik yang sering digunakan.

Tabel 2.3 : Kecepatan Kegagalan (FR) komponen

| Komponen | Tipe | Kecepatan kegagalan (x 10 ⁻⁶ /h) |
|--------------------|-----------------------------------|--|
| Kapasitor | Paper | 1 |
| | Polyester | 0.1 |
| | Ceramic | 0.1 |
| | Electrolytic (1. foil) | 1.5 |
| | Tantalum (solid) | 0.5 |
| Resistor | Carbon composition | 0.05 |
| | Carbon film | 0.2 |
| | Metal film | 0.03 |
| | Oxide film | 0.02 |
| | Wire-wound | 0.1 |
| | Variable | 3 |
| Hubungan | Solder | 0.01 |
| | Crimped | 0.02 |
| | Wrapped | 0.001 |
| | Plug and sockets | 0.05 |
| Semikonduktor (Si) | Diodes (signal) | 0.05 |
| | Diodes (regulator) | 0.1 |
| | Rectifiers | 0.5 |
| | Transistor < 1 Watt | 0.08 |
| | > 1 Watt | 0.8 |
| | Digital IC (plastic DIL) | 0.2 |
| | Linear IC(plastic DIL) | 0.3 |
| Komponen lilitan | Audio inductors | 0.5 |
| | R.F. coils | 0.8 |
| | Power transformers (each winding) | 0.4 |
| Saklar | (per contact) | 0.1 |
| Lampu & indikator | Filament | 5 |
| | LED | 0.1 |
| Valves | (Thermionic) | 5 |

GC Loveday, 1980, 25



2.3.6. M T T F & M T B F

Definisi

MTTF (*Mean Time To Fail*) adalah lamanya pemakaian komponen sampai dicapai kegagalan

Rumusnya:

$$MTTF = \frac{1}{FR}$$

Catatan:

MTTF ini untuk item-item yang tidak dapat direparasi, seperti komponen.

Sebagai contoh:

Sebuah resistor karbon film, dari tabel FR didapat = $0,2 \times 10^{-6} / \text{jam}$, maka akan didapat umur komponen tersebut :

$$MTTF = 1 / FR = 1 / 0,2 \times 10^{-6} \\ = 5 \times 10^6 \text{ jam} = 208333,3 \text{ hari}$$

Hal ini menunjukkan usia yang sangat panjang untuk sebuah komponen yang berdiri sendiri (belum menyatu dalam sebuah rangkaian).

Definisi

MTBF (*Mean Time Between Failures*) adalah lamanya pemakaian suatu sistem sampai dicapai kegagalan

Rumusnya:

$$FR_{(\text{rangkaihan})} = FR_{(A)} + FR_{(B)} + FR_{(C)}$$

$$FR_{(\text{rangkaihan})} = \lambda.$$

Maka:

$$MTBF_{(\text{rangkaihan})} = 1 / \lambda$$

Catatan:

MTBF digunakan untuk item yang dapat diperbaiki, seperti instrumen dan sistem.

Sebagai contoh:

Suatu rangkaian mempunyai komponen : 4 resistor karbon film, 2 kapasitor elektrolit, 2 LED dan 2 transistor < 1 Watt, maka:

$$FR_{(\text{rangkaihan})} = (0,8 + 3 + 0,2 + 0,16) \times 10^{-6} / \text{jam} = 4,16 \times 10^{-6} / \text{jam}$$

Jadi:

$$MTBF = 1 / 4,16 \times 10^{-6} / \text{jam} \\ = 240384,615 \text{ jam} \\ = 10016 \text{ hari.}$$

Jadi kalau sudah dalam rangkaian maka tingkat kegagalan / kerusakan akan jauh lebih kecil dibandingkan kegagalan sebuah komponen saja.

2.3.7. Hukum Eksponen Keandalan

Hubungan antara keandalan (R) dan laju kegagalan sistem (λ) dituliskan dengan persamaan :

$$R = e^{-\lambda t}$$

Dengan:

t = waktu operasi (jam)
 λ = kecepatan kegagalan sistem adalah jumlah dari semua kegagalan komponen (per jam);
 e = basis logaritma,
 R = keandalan dalam waktu t .

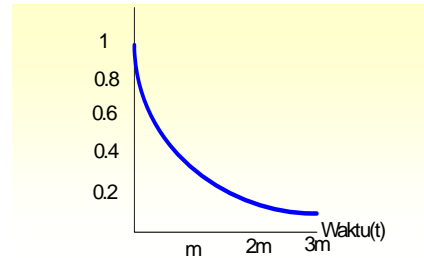
Maksud dari rumus itu ialah, bahwa peluang dari tidak adanya kegagalan sistem dalam waktu t merupakan fungsi eksponensial dari waktu tersebut. Dengan kata lain, makin lama sistem dioperasikan, keandalannya akan menjadi berkurang dan peluang kegagalannya akan naik.

Peluang kegagalan (Q) $= 1 - R = 1 - e^{-\lambda t}$

Karena MTBF atau $m = 1/\lambda$ maka

$$R = e^{-t/m}$$

Gambar 2.29 berikut menunjukkan grafik R terhadap t yang terbagi dalam interval m , menunjukkan bila $t = m$, yakni waktu operasi sama dengan MTBF, peluang keberhasilan operasi akan turun mendekati 0.37 atau 37%. Hanya bila waktu operasi relatif lebih pendek daripada MTBF, maka keandalan menjadi tinggi.



Gambar 2.29: Grafik R terhadap t

Sebagai contoh, suatu sistem radar angkatan laut mempunyai estimasi MTBF 10.000 jam. Berapa peluang keberhasilan untuk waktu misi 100, 2000 dan 5000 jam?

Untuk:

$t = 100$ jam, $R = e^{-0,01} = 0,99$ (99%)

$t = 2000$ jam, $R = e^{-0,2} = 0,819$ (81.9%)

$t = 5000$ jam, $R = e^{-0,5} = 0,607$ (60.7%)

Jadi R tak mungkin berharga 1 karena itu berarti tak pernah gagal.

Beberapa cara untuk **memperbaiki Keandalan** (R) adalah dengan :

- **Derating** : mengoperasikan komponen dibawah batas maksimumnya.

Contohnya:

menggunakan resistor $\frac{1}{2}$ Watt untuk rangkaian yang sebenarnya hanya butuh resistor $\frac{1}{4}$ Watt.



- **Redundancy:**

Menyambungkan suatu unit ke unit yang lain yang sama fungsinya, sehingga kalau yang satu gagal yang lain akan mengambil alih fungsinya. Biasanya unit ini terpasang secara paralel.

Ada dua cara *redundancy*:

Aktif : bila suatu unit stand by hidup mengikuti suatu kegagalan. **Contohnya**: UPS terpasang pada komputer, lampu darurat AC yang selalu siap menyala apabila tegangan AC mati dll.



Gambar 2.30: UPS Sebuah Redundancy Aktif

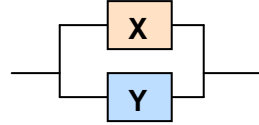
Pasif : bila elemen-elemennya bersekutu membagi beban atau melaksanakan fungsinya secara terpisah. **Contohnya** : generator pada gedung perkantoran yang tersedia tapi tidak dijalankan dan tidak otomatis.



Gambar 2.31: Masalah Karena Redundancy Pasif

Untuk menghitung Keandalan (R) jika dua unit / sistem masing-masing keandalannya R_x dan R_y terpasang:

- **Paralel :**

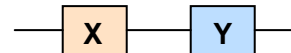


$$R_{xy} = R_x + R_y - R_x \cdot R_y \text{ atau}$$

$$Q_{xy} = Q_x \cdot Q_y, \text{ dimana}$$

$$Q_x = 1 - R_x.$$

- **Seri :**



$$R_{xy} = R_x \cdot R_y$$

Contohnya :

Sebuah catu daya, osilator dan penguat, semua digunakan dalam suatu sistem sederhana dipasang seri. Hitung keandalan masing-masing unit dan sistem untuk periode operasi 1000 jam, jika MTBF nya 20.000 jam, 100.000 dan 50.000 jam.

Jawab:

keandalan catu daya untuk 1000 jam adalah

$$R_p = e^{-t/m} = e^{-0.05} = 0.95$$

Keandalan osilator

$$R_o = e^{-t/m} = e^{-0.01} = 0.99$$

Keandalan penguat

$$R_a = e^{-t/m} = e^{-0.02} = 0.98$$

Karena unit-unit dipasang secara seri, maka keandalan seluruh sistem:

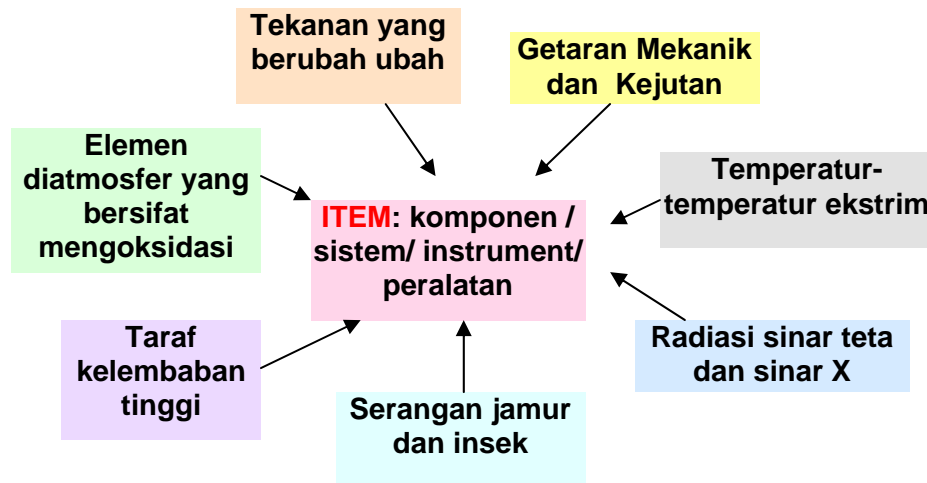
$$\begin{aligned} R_s &= R_p \times R_o \times R_a \\ &= 0.95 \times 0.99 \times 0.98 \\ &= 0.922 \end{aligned}$$

2.3.8. Efek Lingkungan Terhadap Keandalan



Sebagaimana telah diketahui, **kondisi lingkungan** dimana suatu instrumen atau sistem bekerja akan **mempengaruhi keandalan** sistem tersebut. Hal ini benar, sepanjang instrumen tersebut sedang dioperasikan (**aktif**), tidak dioperasikan (**statis**) atau dalam **keadaan tersimpan**. Dalam kenyataan, bila tidak dioperasikan efek lingkungan mungkin juga akan merusak, karena tidak terdapat pembangkit panas pada sistem tersebut.

Efek lingkungan utama yang berhubungan dengan kehandalan suatu item adalah:



Gambar 2.32: Efek Lingkungan Yang Mempengaruhi Keandalan

Secara garis besar diberikan Tabel 2.4 efek lingkungan terhadap suatu “ITEM” dan tindakan desain yang dapat dilakukan, adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4: Efek lingkungan terhadap item.

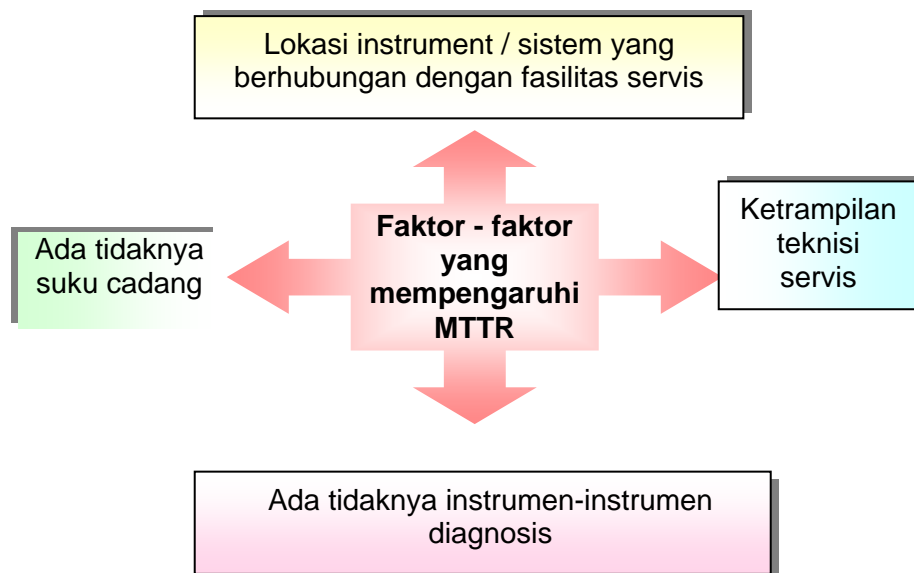
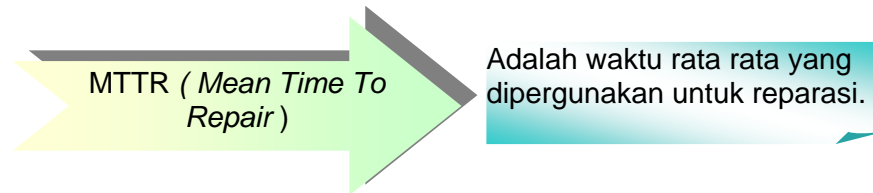
| LINGKUNGAN | EFEK UTAMA | TINDAKAN DESAIN |
|-------------------|--|--|
| Temperatur tinggi | <ul style="list-style-type: none"> Melampaui batas daya dari komponen Pemuaian dan menjadi lunak. Peristiwa kimia naik: tak awet | <ul style="list-style-type: none"> Heatsink dan ventilasi udara yang ditiupkan Memilih komponen dengan pemuaian kecil dan karakteristik temp. rendah |
| Temperatur rendah | <ul style="list-style-type: none"> Pergeseran, keregangan, kehilangan penguatan dan efisiensi | <ul style="list-style-type: none"> Pemanasan dengan temperatur yang terkontrol. Pemilihan bahan yang benar. |
| Siklus temperatur | <ul style="list-style-type: none"> Tekanan berat / kegagalan | <ul style="list-style-type: none"> Penundaan termal yang besar |
| Kelembaban | <ul style="list-style-type: none"> Mengurangi resistansi, isolasi, perkaratan, jamur | <ul style="list-style-type: none"> Gunakan isolasi yg tidak menyerap air, gunakan silicon, silicon gel. |
| Getaran / kejutan | <ul style="list-style-type: none"> Memperlemah baut baut kawat penghubung, dll | <ul style="list-style-type: none"> Bingkai anti getar, ring per, pernis |
| Tekanan turun | <ul style="list-style-type: none"> Turunnya tegangan jatuh antara kontak - kontak | <ul style="list-style-type: none"> Jarak konduktor konduktor dinaikkan dan dijaga dari debu dan kotoran |



2.3.9. Availability (Keberadaan)

Setiap perlengkapan / sistem diinginkan dapat dipakai secara maksimum, kegagalan / kerusakan rendah dan waktu reparasi (*down type*) pendek.

$$Availability = MTBF / (MTBF + MTTR)$$



2.4. Metoda-Metoda Pelacakan Kerusakan

2.4.1. Pendahuluan

Kalian tahu bahwa banyak teknik pencarian kerusakan dapat diterapkan dalam bidang elektronika. Teknik tersebut antara lain: pengujian komponen, pemeriksaan input output tiap blok. Metoda lain yaitu melakukan sendiri dengan memeriksa input dan output dari tiap blok fungsi. Metoda manakah yang baik? Itu tergantung pada jenis kerusakan sistem yang sedang diamati. Yang penting diperhatikan adalah bagaimana mencari kerusakan secara efisien (cepat dan tepat) karena disini berlaku *Waktu adalah Uang*.

2.4.2. Cara Memilih Metoda yang Tepat

Metoda yang dipilih untuk mencari kerusakan akan dapat menentukan efisiensi kerja. Anda harus berusaha mencari sebanyak mungkin kerusakan atau ketidakberesan itu sendiri. Untuk menghemat waktu, ada baiknya bila kita menanyakan kepada orang yang mengetahui adanya gangguan pada alat tersebut, melalui beberapa pertanyaan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5: Pertanyaan

1. Apakah yang sebenarnya salah ?
2. Bagaimana ciri fisik rusaknya?
3. Apakah selalu terjadi demikian ?
4. Jika memang benar, pada kondisi bagaimana?
5. Adakah penyalahgunaan? (getaran, goncangan, panas, dll)
6. Apakah kerusakan terjadi secara tiba-tiba atau berangsur-angsur ?
7. Apakah kerusakan terjadi selama pengoperasian perlengkapan ?
8. Apakah kerusakan terlihat mempengaruhi fungsi yang lain ?
9. Adakah keterangan-keterangan tambahan ?
10. Adakah orang yang telah mencoba memperbaikinya ?



Gambar 2.33: Waktu Adalah Uang

Ketika pemilik suatu hi-fi set mengatakan alat tidak berfungsi dengan baik, ini sangat minim informasinya.

Maka untuk memperjelas masalahnya dilakukan langkah pertanyaan sbb:

- Saat bagaimana alat tidak bekerja dengan baik atau bagian mana yang tidak baik? Misal salah satu kanal sistem stereo lebih lemah dibanding yang lain. Ini akan mempersempit masalah hingga menuju kesalah satu penguat kanal untuk diukur.
- Pertanyaan kedua bertujuan untuk memfokuskan kesalahan. Pada contoh diatas, kita menanyakan pada pemilik apakah dia telah mencoba mengatur volume,

pengatur *loudness*, *tone control*, atau *balance*.

- Pertanyaan ketiga bertujuan untuk mengetahui apakah kerusakan tersebut terjadi secara terus menerus atau kadang-kadang saja, apakah tergantung pengaruh luar. Apakah rusaknya total.
- Pertanyaan keempat, untuk mengetahui dalam kondisi bagaimana kerusakan itu muncul. Seringkali kerusakan terjadi pada saat terjadi getaran, suhu tinggi, mendapat kejutan (terjatuh, terbenbur) atau beberapa efek lainnya.
- Pertanyaan kelima yaitu bantuan kita untuk mengetahui apakah kerusakan hanya tampak setelah jatuh, terkena getaran (saat dibawa dengan mobil), terkena suhu terlalu tinggi dll.



Gambar 2.34: Teliti Dahulu Sebelum Bekerja

- Pertanyaan keenam, membantu kita untuk menemukan apakah kerusakan tersebut disebabkan oleh usia atau kerusakan tiba-tiba.
- Pertanyaan ketujuh, untuk mengetahui apakah kerusakan terjadi pada saat alat / sistem tersebut beroperasi atau mati.
- Pertanyaan kedelapan, Kadang-kadang kerusakan pada salah satu fungsi juga dapat mempe-

ngaruhi bagian lainnya. Misalnya, gangguan pada catu daya (filter yang kurang baik) akan mempengaruhi bagian lain.

- Pertanyaan kesembilan akan membantu kita untuk menentukan lokasi kerusakan, dengan menambahkan detail dari alat tersebut misalnya cacat gambar pada TV adalah sejenis dengan operasi sebuah pembersih vakum (vacuum cleaner).
- Akhirnya, pertanyaan kesepuluh adalah untuk mengatasi kerusakan.

Penggunaan teknik yang cocok untuk masalah tertentu sangat efisien dalam proses troubleshooting. Ada beberapa teknik yang bisa digunakan :

- ✓ **Symptom-function** : untuk mengisolir kerusakan pada bagian tertentu.
- ✓ **Signal-tracing** : untuk menemukan blok tertentu penyebab kegagalan pemakaian.
- ✓ **Metoda tegangan dan hambatan** untuk mengisolasi kerusakan komponen atau daerah rangkaian tertentu.
- ✓ **Metoda Half-splitting**: untuk rangkaian dengan blok-blok tersusun seri.
- ✓ **Metoda Pemutusan Lup**: untuk sistem lup tertutup pada industri-industri.
- ✓ **Metoda substitusi**: mencoba menyolderkan komponen yang sama pada bagian yang rusak.

2.4.3. Kapan dan Bagaimana Menggunakan Teknik *Symptom-Function*.

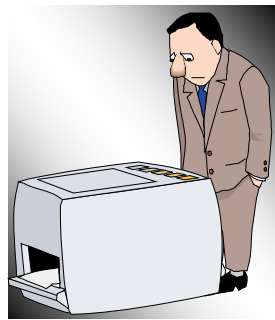
Symptom-function (fungsi gejala) sudah digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Contoh, saat kita menyalakan lampu belajar dan tidak menyala (gejalanya) maka yang diperiksa (fungsinya) adalah:

- Kabel powernya terhubung atau terputus,
- Lampunya mati atau hidup,
- jika masih tidak menyala mungkin switchnya tidak bekerja dengan baik dan seterusnya.

Dengan melihat gejala kerusakannya, dapat diperkirakan jenis dan letak kerusakan alat tersebut

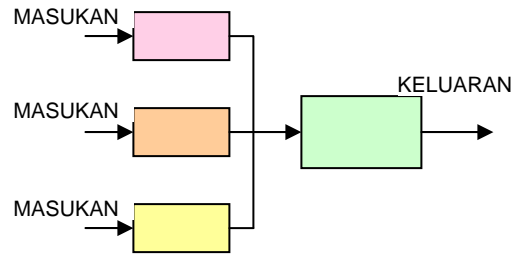
Dengan mengetahui prinsip kerja alat dan berdasarkan pengamatan kerja alat, memungkinkan diketahui kerusakannya, tanpa menggunakan alat ukur dan tanpa melakukan pengukuran.



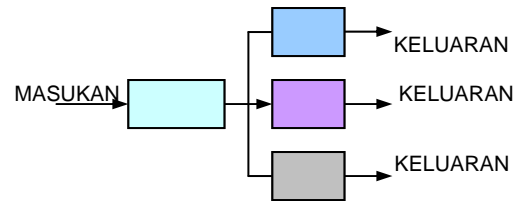
Gambar 2.35: Mengamati Gejala Kerusakan

Pada Gambar 2.36a, ditunjukkan sejumlah masukan yang berbeda menuju satu keluaran (konvergensi). Contohnya: sistem HI-FI lengkap.

Tentu saja anda dapat **mengisolasi kerusakan** secara efektif, bila anda tahu masukan mana yang tidak menunjukkan adanya gejala keluaran.



Gambar 2.36a: Multi masukan-satu keluaran



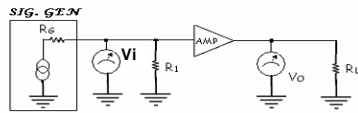
Gambar 2.36b: Satu masukan-multi keluaran

Gambar 2.36b menunjukkan prinsip kerja alat dengan satu masukan dan mempunyai beberapa keluaran yang berbeda (divergensi). Contohnya: TV berwarna.

Disini anda juga dapat **mengisolasi kerusakan** secara efektif dengan mengamati keluaran mana yang bekerja dan tidak bekerja.

2.4.4. Kapan dan Bagaimana Menggunakan Teknik *Signal-Tracing*.

Gambar 2.37 menggambarkan prinsip dari *signal-tracing* pada suatu penguat sederhana. Generator sinyal dengan hambatan dalam R_G memberikan sinyal input pada penguat, dan dapat dilihat apakah penguat akan menguatkan sinyal DC, audio, video atau IF. Amplitudo dari sinyal input yang terukur pada V_i ketika diukur pada impedansi input R_i . Output dari penguat terukur oleh V_o ketika diukur pada beban resistor R_L .



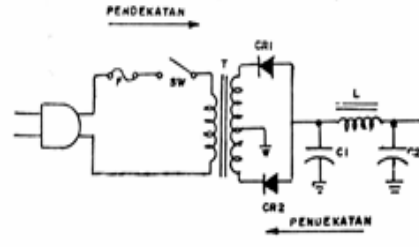
Walter, 1983, 26

Gambar 2.37: *Sinyal-Tracing* Sebuah Penguat Sederhana

- Dengan membandingkan pembacaan V_i dan V_o , kita dapat menentukan penguatannya. Metode ini disebut juga Metode Input-Output / Metode Output-Input.
- Dengan merubah amplitudo keluaran dari generator sinyal, kita dapat melihat apakah penguat linear didaerah sinyal input.
- Dengan variasi impedansi beban R_L , kita dapat melihat apakah penguatan linear terhadap perubahan beban.
- Dengan merubah frekuensi generator sinyal, kita dapat menentukan respon frekuensi dari penguat.

Dengan pengaturan yang sederhana ini, karakteristik yang penting dari penguat dapat diukur dengan sistem *signal-tracing*, pada amplitudo dan frekuensi, dari input ke output penguat.

Pada beberapa peralatan elektronik, pemberian sinyal dari luar ini tidak selalu diperlukan, terutama bila sinyal yang seharusnya ada pada peralatan tersebut dapat dengan mudah diketahui. Metode ini disebut dengan metode ***signal-tracing pasif***. Misalnya: memeriksa sebuah catu daya seperti Gambar 2.38 berikut ini:



Walter, 1983, 27

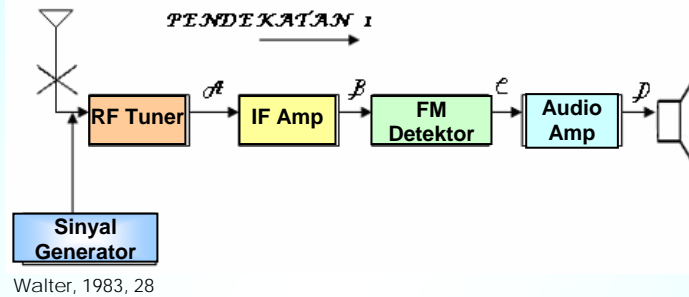
Gambar 2.38: Metode *Signal Tracing Pasif* Sebuah Catu Daya

- Tegangan jala-jala diukur dengan voltmeter AC pada stop kontak dinding, pada sekring, dan pada saklar. Bila ada tegangan AC 220 V pada ujung primer transformator, maka dapat dipastikan, bahwa plug, kabel, sekring dan saklar dalam kondisi baik.
- Sinyal AC pada sekunder trafo dapat diukur pada masing-masing sisi (sekunder trafo ada CT) terhadap ground. Bila ada tegangan pada sekunder trafo yang besarnya sesuai, maka dapat dipastikan bahwa trafo dalam keadaan baik.
- Selanjutnya, gunakan saklar meter pada skala DC. Ukur tegangan pada C_1 dan pada C_2 . bila tidak ada tegangan DC pada C_1 maupun C_2 berarti kapasitor tersebut terhubung singkat. Bila lilitan L terbuka, maka hanya ada tegangan DC pada C_1 , tetapi tak ada pada C_2 .

Bila C_1 dan C_2 terbuka (putus), atau bila penyearah C_{R1} dan C_{R2} terbuka, atau keduanya terhubung-singkat, maka tegangan DC yang terukur tidak benar. Dalam kondisi seperti itu, perlu dilakukan pengukuran resistansi untuk memastikan komponen yang rusak.

- Cara kedua merupakan kebalikan dari cara pertama, yakni dimulai dari pengukuran tegangan DC pada kapasitor C_2 , dilanjutkan dengan pengukuran tegangan DC pada kapasitor C_1 dst. Hasilnya sama saja karena pengukuran hanya menggunakan voltmeter saja.

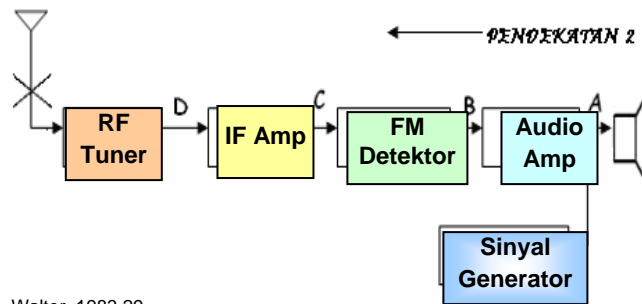
Contoh berikut ini sebuah radio FM yang blok diagramnya ditunjukkan pada Gambar 2.39 tidak bekerja. Pemeriksaan catu daya dan tegangan pada kondisi statis rangkaian telah dilakukan. Kerusakan ada di daerah antara antenna dan penguat audio. Pada metoda pasif, sinyal normal dianggap telah ada atau diketahui. Akan tetapi, karena antenna dan *tuning* (yang dianggap dapat memberikan sinyal normal ke sistem) berada di dalam sistem itu sendiri, maka harus diberikan sinyal dari luar sebagai sinyal normal dan menggunakan speaker sebagai indikator sinyal. Cara ini disebut metoda **signal-tracing aktif** atau injeksi sinyal.



Gambar 2.39: Metode *Signal-Tracing* Aktif Radio FM Cara Pertama

Cara pertama:

- Generator sinyal dihubungkan ke tuner RF, dan antenna dilepas; generator sinyal dan tuner diatur pada frekuensi yang sama. Bila tidak terdengar sesuatu apapun di loudspeaker, pindahkan generator sinyal pada titik A. ubah frekuensi sinyal generator pada frekuensi 10.7 MHz (Standar untuk radio FM). Bila sekarang terdengar suara (tone dari sinyal generator), ini berarti kerusakan ada pada bagian RF tuner.
- Bila tidak terdengar sesuatu, pindahkan sinyal generator pada keluaran penguat tengah (IF amplifier), yakni pada titik B. Pada titik ini, amplitudo sinyal generator harus dinaikkan untuk mengkompensasi penguatan dari penguat tengah.
- Di titik C, sinyal normal berupa sinyal audio. Karena itu, sinyal generator yang dimasukkan melalui titik ini harus pada frekuensi audio.
- Pada titik D sinyal generator seharusnya cukup kuat untuk menggerakkan loudspeaker. Loudspeaker dapat diuji dengan memeriksa tegangan pada *driver amplifier* dan mengurangnya sesaat dengan resistor yang sesuai antara tegangan dan ground. Hal ini harus menghasilkan suara klik pada loudspeaker.



Walter, 1983,29

Gambar 2.40: Metode *Signal- Tracing* Aktif Radio FM Cara Kedua

Cara kedua:

- Pemeriksaan dilakukan dari speaker menuju ke tuner. Untuk menentukan apakah menggunakan cara pertama atau kedua dapat dilakukan pemeriksaan awal. Misalnya, dengan menghubungkan-singkat masukan kepenguat audio dengan *ground*, dengan menggunakan obeng atau ujung klip. Hal ini harus menghasilkan bunyi klik pada loudspeaker, bila loudspeaker dan penguat audio bekerja dengan baik.
- Bila tidak terdengar suara, maka cara kedua merupakan pilihan terbaik, karena kerusakan pasti ada di antara loudspeaker dan penguat audio.
- Bila terdengar bunyi klik, anda masih dapat meneruskan pemeriksaan dengan cara kedua mulai titik C, atau dengan cara pertama, karena keduanya mempunyai peluang kecepatan pemeriksaan yang sama.

KESIMPULAN:

Metoda *signal-tracing* memerlukan sinyal masukan pada daerah yang dicurigai dan dapat diukur keluarannya dengan teliti. *Signal-tracing* selalu memerlukan sedikitnya satu peralatan test dan pada umumnya dua.

2.4.5. Metoda Tegangan dan Hambatan

- Pada umumnya pengukuran tegangan dan resistansi dilakukan untuk memeriksa jaringan atau komponen yang dicurigai rusak. Pengukuran tegangan memerlukan peralatan dengan kondisi *ON*, sedangkan pengukuran resistansi dilakukan pada saat peralatan dalam kondisi *OFF*.
- Biasanya diagram rangkaian dan lembar data menunjukkan tegangan yang diperlukan untuk kondisi operasi normal pada titik tes tertentu. Dengan melakukan pengukuran seperti itu, biasanya lokasi kerusakan pada jaringan dan komponen dapat diketahui.
- Pengukuran resistansi merupakan satu metoda yang sangat bermanfaat untuk memeriksa komponen elektronika. Suatu pengukuran resistansi sederhana dapat digunakan untuk meyakinkan kesinambungan pengawatan, pendekatan nilai yang benar dari transformator, induktor, lilitan sebagaimana pendekatan nilai pada kapasitor ukuran besar.

- Mayoritas resistor digunakan pada peralatan elektronik adalah tipe komposisi karbon dan mereka cenderung untuk berubah nilainya karena usia dan panas. Ketika ini sering terjadi mungkin pengukuran tahanan resistor atau komponen lain pada rangkaian, harus meyakinkan dengan pemeriksaan pada gambar rangkaian. Impedansi paralel tidak memberikan suatu pengukuran yang salah, ketika suatu resistor bertambah besar hambatannya maupun terbuka, tentu relatif sederhana untuk menentukan ini.

Teknik Tegangan dan Hambatan sering digunakan dimanapun setelah teknik *symptom-function* menunjuk pada rangkaian atau komponen tertentu sebagai sumber kerusakan, atau ketika suatu teknik signal-tracing telah melokalisir suatu kerusakan dengan cara ini.

KESIMPULAN:

Metoda Tegangan dan Hambatan digunakan untuk menunjukkan dengan tepat suatu komponen atau kerusakan rangkaian dan pada umumnya memerlukan data perusahaan untuk nilai-nilai komponen dan tegangan.

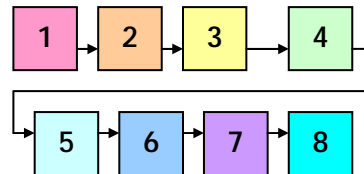


Gambar 2.41: Data Perusahaan

2.4.6. Metoda *Half-Splitting* (Pemisahan Bagian Tengah)

- Metoda ini cocok digunakan untuk rangkaian dengan blok-blok yang seri (memanjang) karena akan menjadi sangat cepat saat mencari kerusakannya. Misalnya: rangkaian generator fungsi, pemancar / penerima radio dsb.
- Langkahnya: dimulai dari bagian tengah sistem, dan berturut-turut pada setiap bagian tengah dari setengah bagian sistem yang telah dipisah sampai ditemukan kerusakannya.

Contohnya: rangkaian dengan blok-blok sbb:



Gambar 2.42:8 Blok Sub Sistem Tersusun Seri

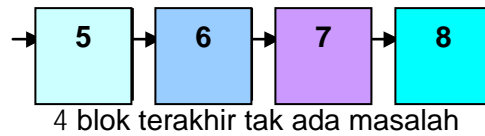
- Cek keluaran blok 4, jika bekerja baik, berarti blok 1 sampai dengan 4 tak ada masalah.



4 blok pertama tak masalah

Jika tak bekerja, maka cek keluaran blok 2 (tengah-tengah blok 1 – 4), jika bagus berarti cek keluaran blok 3 dan bagus berarti blok 4 rusak.

- Cek Keluaran blok 8, jika bekerja baik, berarti blok 5 sampai dengan blok 8 tak ada masalah.



Jika tak bekerja, maka cek keluaran blok 6 (tengah-tengah blok 1 – 4), jika bagus berarti cek keluaran blok 7 dan bagus berarti blok 8 rusak.

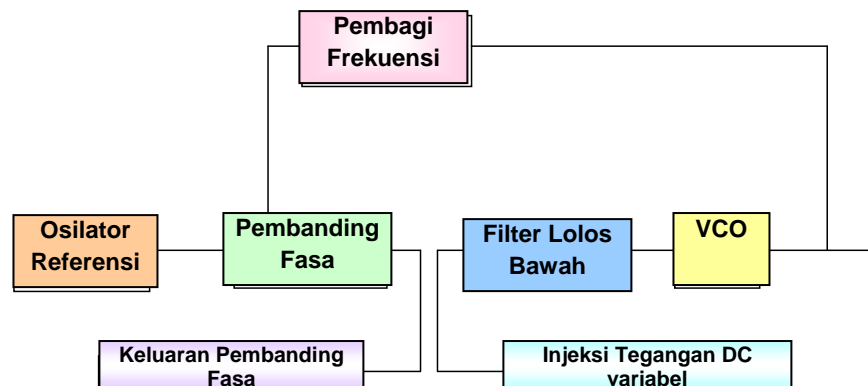


Gambar 2.43: Kerusakan Radio Cocok Dengan Metoda *Half-Splitting*.

2.4.7. Metoda Pemutusan Lup

- Sistem atau subsistem elektronik dengan umpan-balik sangat sulit dilacak kerusakannya tanpa memutus lup. Tegangan DC yang sesuai atau sinyal harus diinjeksikan pada titik, tempat lup diputus.
- Tegangan dan sinyal yang melalui rangkaian seharusnya dapat digunakan untuk memonitor kesalahan.
- Tegangan atau sinyal yang diinjeksikan dapat diubah untuk melihat perubahan respon rangkaian dari keadaan normal.
- Biasanya lup diputus pada titik tempat sinyal dengan daya kecil sehingga dapat diinjeksikan dengan baik.

Teknik ini dapat digunakan misalnya pada sebuah PLL (*phase lock loop*), seperti Gambar 2.44.



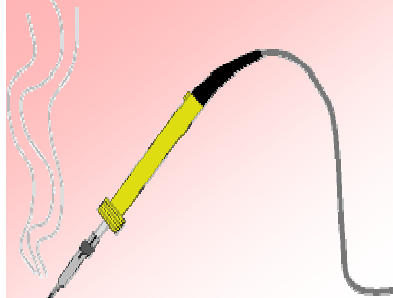
Gambar 2.44: Contoh Pemutusan Lup.

Catu daya dan keluaran osilator referensi seharusnya diperiksa dahulu sebelum lup diputuskan. Dalam hal ini keluaran seharusnya tidak normal atau tidak stabil atau hilang, sehingga anda dapat memastikan, bahwa VCO tidak bagus. Selanjutnya dapat anda lakukan pemutusan lup pada titik yang sesuai.

Jadi pemutusan lup disini belum tentu bagian umpan baliknya, tapi dicari di daerah sinyal kecil yang mudah di suntik dengan peralatan yang ada.

2.4.8. Metoda Substitusi

- Dalam metoda ini biasanya diperlukan penyolderan atau penggantian komponen sebagai tahap akhir dari proses pelacakan kerusakan.
- Ada dua tahap pokok dalam metoda substitusi yang harus dilakukan, yakni gunakan komponen pengganti yang benar dan hubungkan secara benar pada rangkaian.



- Sebelum melakukan penggantian, disarankan untuk melakukan pemeriksaan dengan metoda lain, seperti yang telah diuraikan sebelumnya, sehingga yakin komponen mana yang mengalami kerusakan.
- Lakukan pengukuran tegangan untuk meyakinkan apakah tegangan yang seharusnya ada memang benar-benar ada. Pemeriksaan tegangan yang dilakukan pada komponen gabungan resistor dan kapasitor, akan dapat menunjukkan apakah keduanya rusak atau hanya salah satu saja.
- Dalam praktek, biasanya anda sangat sulit mencari pengganti komponen berupa IC, transistor dan dioda yang sama persis dengan komponen yang diganti. Untuk mengatasi hal ini, anda perlu mencari data ekivalen tipe IC, transistor atau dioda pada buku petunjuk semikonduktor.

- Bila komponen yang diganti mempunyai tipe khusus, misalnya transformator, *coil-deflection yoke*, dan komponen khusus lain, maka perlu dicari komponen pengganti yang benar-benar sesuai (tak ada ekivalennya).

2.5. Analisa Problem Solving

Metoda yang telah diuraikan di atas sangat cocok untuk melokalisasi kerusakan yang bersifat spesifik, hubung-singkat, terputus atau kerusakan komponen. Akan tetapi, bila anda menghadapi sistem elektronik yang kompleks atau kerusakan yang berulang, cara tersebut di atas belum cukup. Anda perlu cara atau metoda yang lebih canggih / teliti lagi sbb:

Analisis kesalahan

Analisis sinyal

Analisis logika

Diagnosa rutin

Diagnosa dengan program komputer



Gambar 2.45:Rangkaian Makin Komplek Analisis Makin Rumit.

Metode analisis kegagalan digunakan ketika kegagalan berulang pada suatu rangkaian dan menekankan pada penyebab kerusakan dari pada kerusakan komponen / perangkat itu sendiri.

```
graph TD; A[Analisis cara kerja rangkaian] --> B[Melakukan pengukuran]; B --> C[Mempelajari data produk];
```

Analisis cara kerja rangkaian

Melakukan pengukuran

Mempelajari data produk

Bagaimana harus menyelidiki dan bagaimana komponen tersebut selalu rusak ?

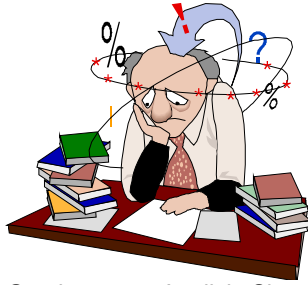


Gambar 2.47: Contoh Analisis Kesalahan pada Regulator DC

- Untuk transistor daya, kegagalan seringkali disebabkan oleh arus yang berlebih, dan panas yang bertambah.
- Arus berlebih, terjadi karena hubung singkat atau kelebihan beban pada output DC regulasi. kombinasi dari R2 dan dioda D akan mengcut offkan Q2 dan juga Q1. sehingga tegangan DC regulasi akan menuju level bawah. Jadi arus lebih karena kelebihan beban sangat kecil kemungkinannya.
- Melakukan pengukuran arus melalui Q1, temperatur pendingin / Q1 , serta nilai resistansi setiap resistor. Secara cepat analisis akan dapat menunjukkan bahwa ripple tegangan AC yang ada pada DC mungkin merupakan salah satu factor penyebab beban lebih Q1. Singkatnya, dalam menganalisis kerusakan pada regulator DC seperti Gambar 2.47 tersebut harus dipertimbangkan semua aspek rangkaian karakteristik Q1 dan Q2 untuk mencari penyebab kerusakan yang sering terjadi pada Q1.

2.5.2. Analisis Sinyal

- Metoda analisis sinyal dapat membantu dalam membuat analisis, bila sinyal yang anda amati dapat memberikan petunjuk tentang lokasi kerusakan. Metode ini biasanya memerlukan sebuah osiloskop memori, atau peralatan lain yang dapat memvisualisasikan sinyal.



Gambar 2.48: Analisis Sinyal Tanpa Alat Bantu Akan Membingungkan

Contohnya ditemui pada pengujian perekam kaset video (VCR). Pada pesawat video rumah, mungkin akan sulit menentukan, bagian yang tidak benar kerjanya bila hasil rekaman tidak berwarna.

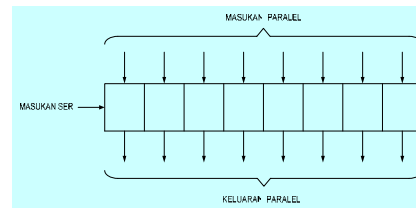
Kemungkinan penyebabnya adalah:

- Transmisi dari studio yang rusak.
- Alat perekam yang rusak sehingga tidak dapat merekam gambar dengan sempurna.
- Ataukah kerusakan terletak pada penerima TV kita.
- Bila pesawat penerima TV bekerja dengan baik, maka dapat direkam sinyal tes dari masukan video perekam, dan menampilkannya bersama-sama dengan keluaran video perekam. Dapat dianalisa perbedaan sinyal masukan dan keluaran bila perekam itu sendiri bekerja dengan baik. Sinyal tes terekam akan dapat memberikan petunjuk seberapa jauh kerusakan VCR.

2.5.3. Analisis Logika

- Analisis logika terbatas untuk rangkaian digital dan dapat menangani analisis dari yang paling sederhana, pengujian bit-per-bit untuk *Test-Word* dan dengan menggunakan peralatan otomatis penganalisis logika. Metode ini menggunakan sinyal digital satu dan nol, untuk menentukan fungsi logika yang mengalami kerusakan.

Gambar 2.49 menunjukkan contoh apa yang dapat dilakukan dengan analisis logika.



a. 8-Bit Shift Register

TEST WORD A

| Input | 1 0 1 0 1 0 1 0 |
|------------|-----------------|
| P.In/P.Out | 1 0 1 0 1 0 1 0 |
| S.In/P.Out | 1 0 1 0 1 0 1 0 |

TEST WORD B TEST WORD C

| | |
|-----------------|-----------------|
| 0 1 0 1 0 1 0 1 | 1 1 1 1 1 1 1 1 |
| 0 1 0 1 0 1 0 0 | 1 1 1 1 1 1 1 0 |
| 0 1 0 1 0 1 0 1 | 1 1 1 1 1 1 1 1 |

b. Output Paralel Dengan Input Paralel Dan Seri.

Walter, 1983, 45

Gambar 2.49: Contoh Analisis Logika Pada *Shift Register*.

- Register 8 bit (Gambar 2.49a) ini data masukannya dapat dimasukkan secara seri maupun paralel. Keluarannya selalu paralel.
- Gambar 2.49b menunjukkan *test word* masukan dan hasilnya. Test-word tersebut dapat dimasukkan secara seri atau paralel. Pada test-word A LSB-nya nol, test-word A tampak benar, baik dimasukkan secara seri maupun paralel.
- Pada test-word B, yang mempunyai LSB 1, tampak ada kesalahan pada LSB keluarannya, bila data masukan dimasukkan secara paralel, tetapi akan benar bila data masukan dimasukkan secara seri.
- Test-word C yang semua terdiri dari logic 1, tampak benar keluarannya, bila data masukan dimasukkan secara seri, sedangkan bila data masukan dimasukkan secara paralel, maka data keluarannya akan tampak salah (lihat LSB-nya). Melalui analisis logika di atas, anda dapat mengatakan secara umum, bahwa kerusakan terjadi pada rangkaian gerbang masukan paralel, di bagian LSB. Sebuah logika nol yang salah dapat terjadi bila data dimasukkan ke register 8-bit.
- Jadi IC 8 bit register ini rusak bagian LSB, kalau bagian LSB ini merupakan IC sendiri maka dapat diganti bagian LSB saja.



Gambar 2.50: Analisis Dengan Logika

2.5.4. Diagnosa Rutin

- Diagnosa rutin adalah bagian program tes-diri komputer dan dapat dipanggil untuk membuat pemeriksaan secara cepat pada bagian sistem komputer. Harus diketahui bagian atau peripheral yang harus dites agar dapat dipilih diagnosa rutin yang tepat.

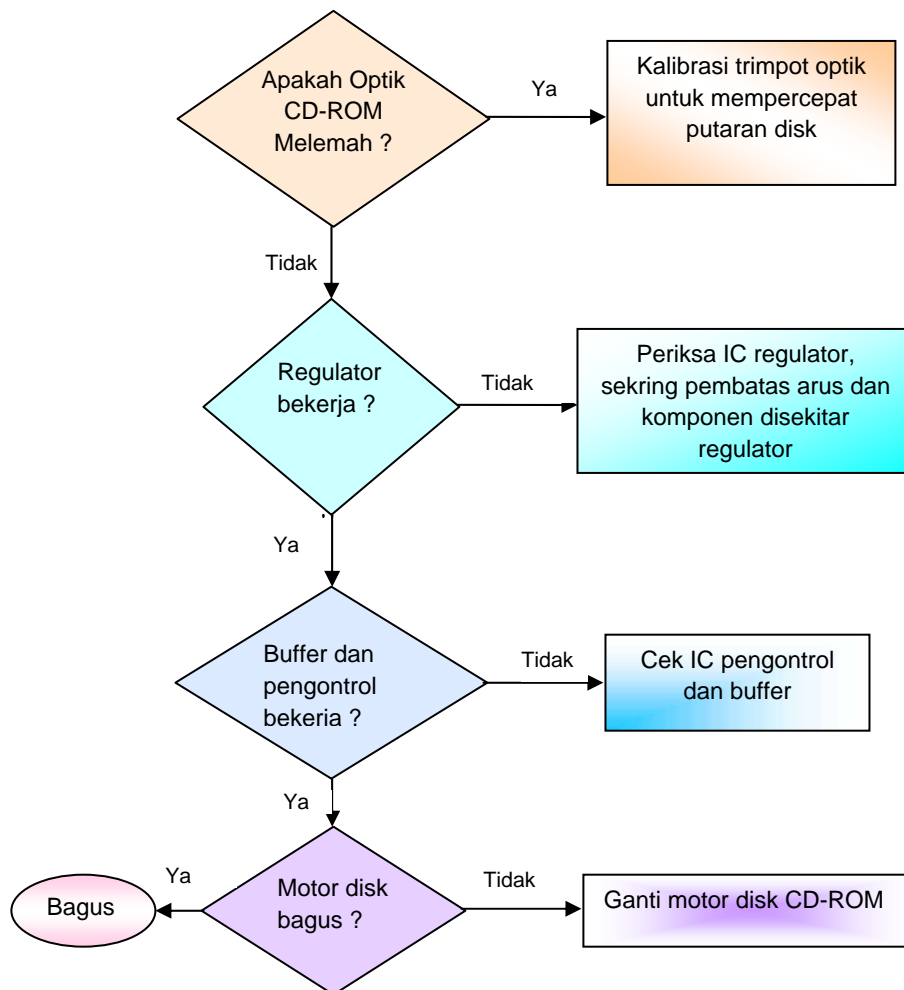


Gambar 2.51: Tes-diri Komputer

- Diagnosa rutin juga dapat mengetahui bagian dasar dari sistem komputer yang mengalami gangguan. Diagnosa rutin hanya dapat dibuat pada sistem yang minimum mempunyai sebuah mikroprosesor yang dapat diprogram.

Pada Bab 10 Gambar 10.1 menunjukkan blok diagram sebuah komputer yang terdiri dari unit pengolah pusat (CPU), berupa sebuah IC tersendiri dan sebuah port masukan / keluaran (I/O). Semua bagian yang terhubung dengan bus eksternal adalah peripheral, sedangkan bus eksternal itu sendiri adalah berupa saluran paralel yang berasal dari I/O yang dihubungkan ke setiap peripheral. Bus ini membawa informasi dari CPU ke peripheral atau sebaliknya.

Pada contoh kali ini akan dibahas kerusakan CD-ROM yang paling sering dijumpai, yaitu CD-ROM tak dapat membaca. Semua ini terlepas dari media disk yang sedang digunakan, jadi disk dianggap bagus. Memang CD-ROM yang digunakan dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan pembacaan data tersendat-sendat, bahwa ini disebabkan semakin melemahnya kerja optic, yang mengakibatkan CD-ROM tersebut tidak dapat membaca disk dengan baik. Bila dimasukkan disk pada CD-ROM, CPU akan mengeluarkan pesan secara seri pada CD-ROM, yang pada gilirannya akan memeriksa semua pengontrol CD-ROM. Dapat diperiksa gangguan pada CD-ROM dengan membentuk diagnosa rutin pada CPU. CPU akan mengirim pesan-pesan pada CD-ROM untuk melakukan langkah berikut :



Gambar 2.52: Diagram Alir Tes-Diri CD-ROM

CPU akan mencatatnya dan akan memberhentikan pemeriksaan pada titik-titik tersebut, dan itu tak membutuhkan waktu yang lama.

2.5.5. Diagnosa dengan Program Komputer

- Program diagnosa komputer digunakan untuk mengetest semua bagian komputer dan membantu menentukan *hardware* atau *software* yang rusak. *Self-test* program ini dapat digunakan hanya jika beberapa bagian *essential* pada komputer seperti *power supply*, CPU, bus dan *memories device* (disc) yang memegang test program beroperasi secara benar.



Gambar 2.53: Program Diagnosa Komputer

- Semua komputer dilengkapi dengan sejumlah program. Beberapa diantaranya diperlukan dalam sistem dan disebut dengan *operating system*. Beberapa diantara sistem operasi berfungsi untuk pemeliharaan, seperti mereset register, membersihkan memori sementara, dan melakukan *track* secara umum pada pengoperasian komputer.
- Sekarang ini banyak dijumpai program komputer untuk mendiagnosa kerusakan, baik kerusakan program software maupun kerusakan fisik komputer dan komponen, misalnya program untuk memeriksa IC TTL, transistor, printer dan lain-lain.

Perlu diingat bahwa diagnosa ini dapat digunakan bila sebagian besar elemen komputer berfungsi dengan baik.



Gambar 2.54: Elemen Komputer Masih Berfungsi

- CPU harus menerima catu daya yang sesuai, sistem *clock* dan timingnya harus bekerja serta bus harus berfungsi dengan baik. Bila salah satu dari bagian pokok tersebut tidak bekerja, maka tidak mungkin program diagnosa ini dapat digunakan.
- Dan bila ini yang terjadi, maka anda perlu menggunakan cara sederhana seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya (6 cara pertama). Disamping itu anda masih selalu membutuhkan buku petunjuk melacak kerusakan dari pabrik.



Gambar 2.55: Keberhasilan Ada Ditangan Anda

2.6. Pengujian Komponen Aktif

Pengujian yang akan dilakukan disini sebagian besar adalah pengujian saat ada tegangan kerja (pada suatu rangkaian), sehingga jika ada kerusakan pada suatu rangkaian, tidak tergesa-gesa melepas solderan suatu komponen tapi bisa dilakukan pengukuran terlebih dahulu untuk meyakinkannya.

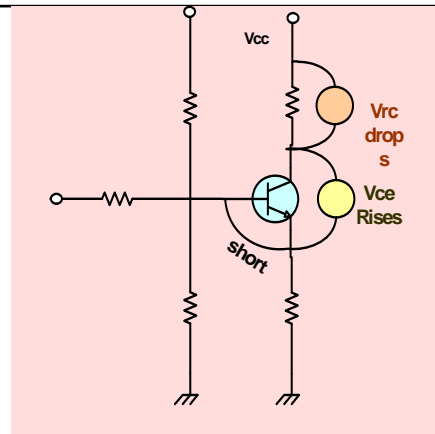
2.6.1. Dioda.

- Tegangan maju dioda silikon, germanium, Schottky, tunel, dan zener harusnya tidak lebih dari 1,1V (dalam rangkaian). Tetapi bila lebih dari nilai tersebut menandai adanya dioda terbuka, yang harus dilepaskan, diuji, dan diganti.
- Jika suatu dioda mengalirkan arus tetapi drop tegangan dioda nol atau hanya beberapa milivolt, berarti dioda hubung singkat. Pindahkan, uji, dan ganti.
- Dioda penyearah yang hubung singkat dapat merusak dioda lain, kapasitor filter, dan trafo daya, maka harus dicek sebelum memberikan catu daya.



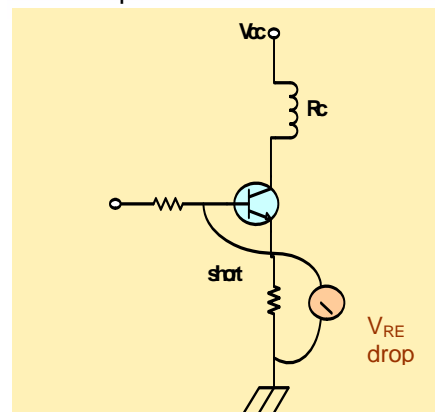
2.6.2. Transistor

- Transistor yang menunjukkan tegangan maju basis-emitter lebih dari 1,1V (basis positif untuk NPN, basis negatif untuk PNP) mempunyai junction base-emitter yang terbuka dan harus diganti.
- Transistor yang telah melewati tahap pengetesan dapat diputuskan bahwa transistor tersebut dalam keadaan baik. Cara pengetesannya sbb:



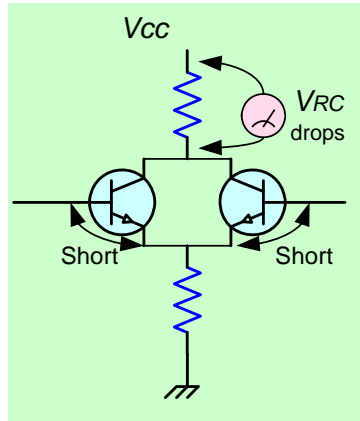
Daniel L. Metzger, 1981, 465

Gambar 2.56(a): Hubung singkat antara basis ke emitter menyebabkan tegangan kolektor menjadi naik dan sama dengan V_{CC} dan V_{RC} turun ke nol, kecuali jika transistor dibiaskan secara normal pada cut off.



Daniel L. Metzger, 1981, 465

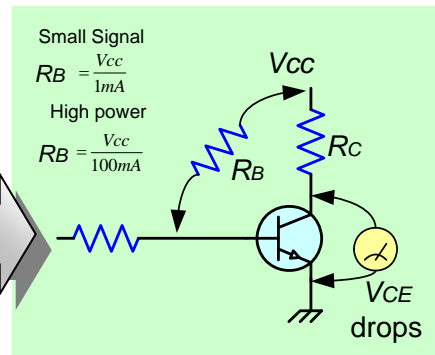
Gambar 2.56(b): Jika beban kolektor mempunyai resistansi yang mendekati nol, arus turun pada resistor emitter. Hubung singkat antara B-E menyebabkan V_{RE} turun, kecuali jika transistor dibiaskan secara normal pada cut off.



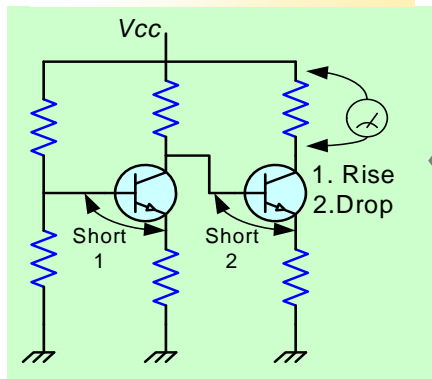
Daniel L. Metzger, 1981, 465

Gambar 2.56(d): Jika transistor dihentikan pemberian bias-nya dan $V_C = V_{CC}$, resistor ditambahkan dari V_{CC} ke basis untuk mengonkan transistor. Hitung R untuk memastikan bahwa $I_B < 1 \text{ mA}$ untuk sinyal yang kecil dan $I_B < 100 \text{ mA}$ untuk transistor daya. Penambahan R_B menyebabkan V_C turun.

Gambar 2.56(c): Jika dua transistor diparalel, kedua-duanya harus dioffkan untuk mengamati turunnya V_{RC} .



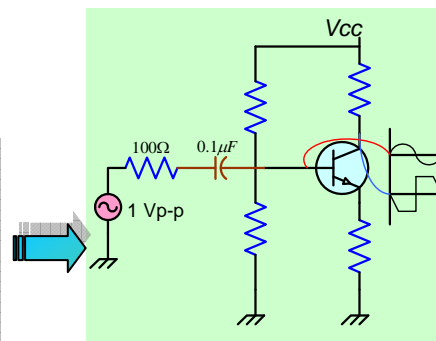
Daniel L. Metzger, 1981, 465



Daniel L. Metzger, 1981, 465

Gambar 2.56(f): Pada rangkaian transistor aktif, sinyal kolektor terbalik dari sinyal basis walau pun distorsi. Jika penurunan tegangan kolektor ketika tegangan basis naik, dan sebaliknya, pada dasarnya transistor berfungsi.

Gambar 2.56(e): Jika basis diatur secara langsung oleh transistor, maka diperlukan meng-off-kan Q_1 sebelum Q_2 dapat diuji oleh metoda (a) atau (d).

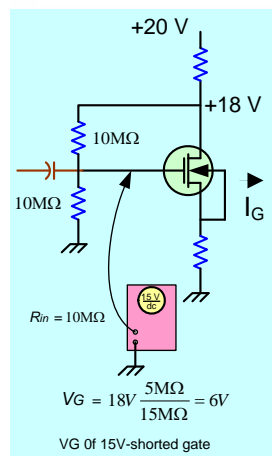
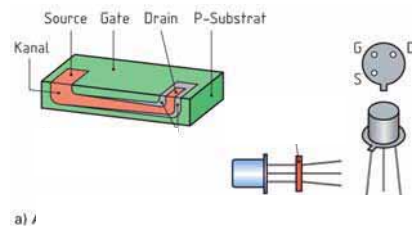


Daniel L. Metzger, 1981, 465

Sedangkan pengetesan transistor tanpa bias dapat dilihat pada BAB 4

2.6.3. FET

- Kerusakan FET seringkali ditandai dengan adanya tegangan gate yang tidak normal. Pentriggeran gate ditentukan dari jaringan resistif yang sederhana dan tegangan yang diharapkan dapat dihitung, karena untuk FET yang baik memiliki $I_G = 0$ (arus pada gate = 0), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.57. Jangan lupa efek beban pada meter. Deviasi yang besar dari V_G yang diinginkan menunjukkan arus gate mengalir. Jika FET tersebut merupakan FET insulated-gate, itu artinya FET tersebut rusak. Hal itu terjadi jika sambungan pada FET rusak, atau diberi trigger maju pada gate-source. Periksa tegangan V_{GS} 0.6V.



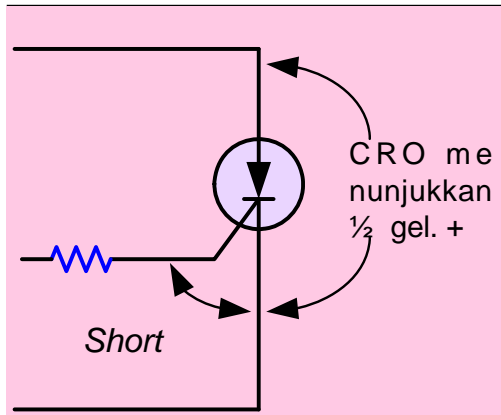
Daniel L. Metzger, 1981, 468

Gambar 2.57: Pengetesan FET

- Tes beda phase dapat digunakan Gambar 2.56 (f) .
- Junction FET dapat dites di luar rangkaian dengan ohm meter antara gate dan source (R kecil pada satu polaritas dan R besar jika sebaliknya). Dengan menghubungkan singkatkan gate-source, resistansi beberapa ratus ohm antara drain-source, polaritas manapun.
- FET insulated-gate dapat diperiksa untuk *substratesource* dan untuk resistansi *gate-source*. Resistansi *drain-source* (*gate* dihubungkan ke *source*) harus berkisar dari beberapa ratus ohm untuk jenis depletion dan tak hingga untuk jenis *enhancement*.

2.6.4. S C R

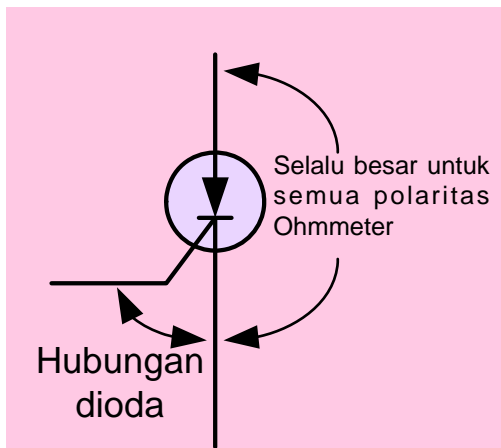
- SCR yang ON harus menunjukkan tegangan 0,1V hingga 1,5V antara anoda dan katodanya atau ketika konduksi anoda-katoda positif. SCR rusak hubung singkat bila tegangannya mendekati nol.
- V_{GK} seharusnya tidak pernah di atas +1,2V saat ada tegangan kerja. Jika terjadi, berarti *gate* rusak terbuka.
- Terjadinya hubung singkat antara gate-katoda menyebabkan SCR tetap ditrigger, melewati tegangan positif dari anoda-katoda seperti pada gambar 2.58. Jika tegangan positif tidak muncul saat diberi sinyal sinus antara anoda dan katodanya, berarti beban terbuka atau SCR yang hubung singkat.



Daniel L. Metzger, 1981, 468

Gambar 2.58: Pengetesan SCR

- Dengan Ohmmeter seharusnya SCR menunjukkan hubungan seperti sebuah dioda antara gate-katoda (satu polaritas hambatannya kecil dan sebaliknya), dan hambatan amat besar (terbuka) untuk kedua polaritas anoda-katoda. Lihat gambar 2.59.



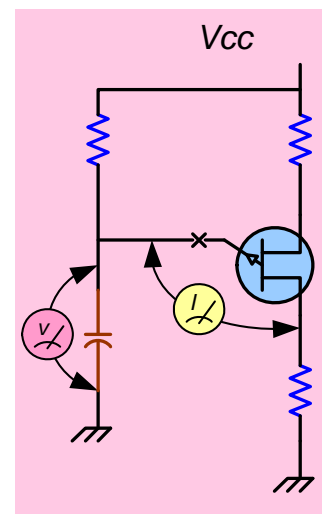
Gambar 2.59: Pengetesan SCR dengan Ohmmeter

Dengan Ohmmeter dapat juga dilakukan sebagai berikut: polaritas + Ohmmeter ke anoda SCR dan satunya lagi ke katoda menunjukkan harga besar sekali, kemudian dalam kondisi demikian hubung-

Kan sebentar colok pada anoda (tanpa terlepas dari anodanya) ke gate, maka penunjukan Ohmmeter akan kecil (beberapa puluh Ohm).

2.6.5. UJT

- Biasanya rusak karena tegangan emiter tidak dapat mencapai tingkat penembakan atau karena rangkaian pengisian memberi terlalu banyak arus sehingga UJT menahannya.
- Sebaiknya kaki emiter tidak disolder dan ukur V_C seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.60. Jika tegangan tersebut tidak lebih dari $0,85V_{B2}$ periksa rangkaian pengisian dan C. Selanjutnya, hubungkan milliammeter dari C ke B1. Jika arus melebihi spesifikasi arus lembah UJT, maka rangkaian pengisian memberi banyak arus, sehingga UJT on.



Daniel L. Metzger, 1981, 468

Gambar 2.60: Rangkaian osilator sebagai pengetes UJT.

2.7. Pengecekan dan Pengujian Rangkaian

2.7.1. Pengujian Kesenambungan

- Sejumlah masalah dapat diketahui dengan pemeriksaan jalur PCB memiliki resistansi mendekati nol. Ohmmeter dengan skala Rx1 dapat digunakan untuk ini.
- Dengan alat penguji yang dapat didengar seperti gambar 2.61 maka dapat terus mengawasi rangkaian. Gunakan penunjuk jarum untuk menembus lapisan oksida yang membentuk isolator, dan pastikan bahwa instrumen yang diuji sedang mati.

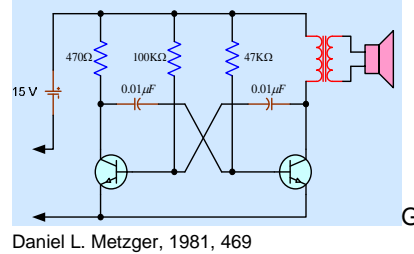
Berikut adalah beberapa kemungkinan tempat-tempat untuk merusakkan kesenambungan :

- ✓ Dua ujung kabel (konduktor atau konektor yang patah).
- ✓ Kaki IC dan jalur rangkaian pada PCB menjadikan koneksi yang tidak baik, terutama jika IC menggunakan soket.
- ✓ Dua ujung jalur yang panjang dan tipis pada PCB.
- ✓ Kontak saklar atau relay yang diam atau bergerak (kontak saklar yang bengkok, patah atau berkarat).

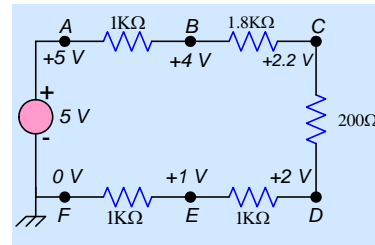
2.7.2. Hubung Singkat dan Terbuka

Gambar 2.61(a) sampai (c) menunjukkan distribusi tegangan pada rangkaian seri di bawah keadaan normal, kondisi hubung singkat, dan terbuka.

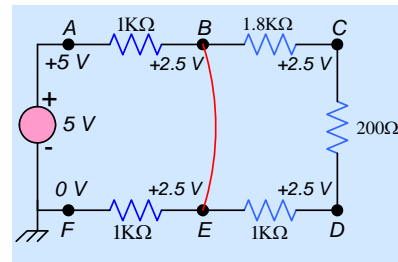
- Untuk mengetrace rangkaian seri yang hubung singkat atau terbuka, dengan osiloskop atau voltmeter dari ground ke A, gerakkan ke B, C, D, E, dan F. Tegangan yang mengedrop hingga menuju tegangan nol diamati pada titik F.



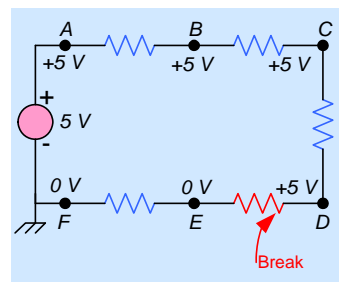
Gambar 2.61: Alat Tester Kesenambungan Dengan Audio



- a. Rangkaian seri normal dan tegangan ke ground



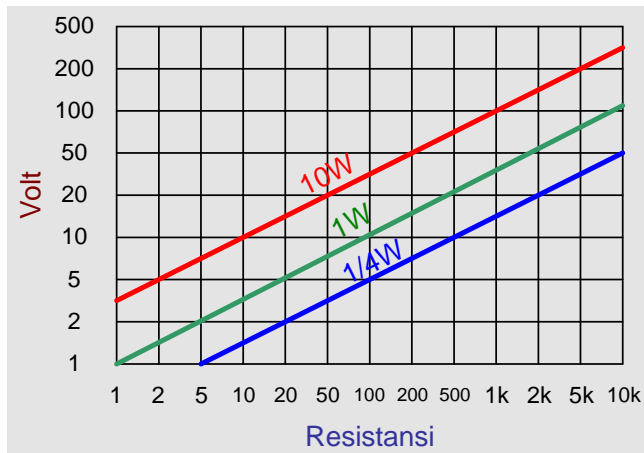
- b. Rangkaian di hubung singkat menunjukkan tidak ada tegangan yang melewati elemen yang dihubungkan singkat



- c. Rangkaian terbuka mendrop semua tegangan yang melewati rangkaian yang diputus

Jika tidak ada drop tegangan melalui beberapa elemen hingga tegangan yang masuk didrop, mungkin ada suatu retakan di rangkaian, antara D dan E pada gambar 2.61(c).

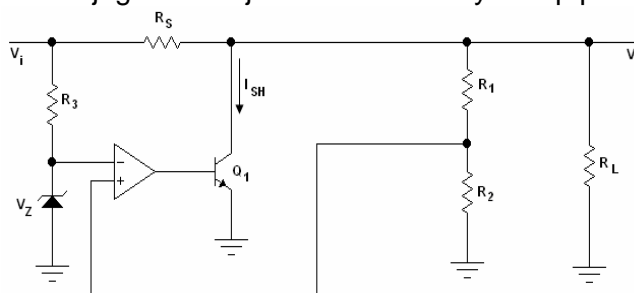
- Gambar 2.61.d: menunjukkan tegangan yang menghasilkan daya pada resistansi. Resistor yang ditemukan untuk mendissipasikan daya yang lebih, maka menjadi hubung singkat. Dissipasi resistor daya yang kurang dari $\frac{1}{4}$ nilai dayanya kemungkinan besar adalah rangkaian yang terbuka.



d. Grafik Untuk Menentukan Daya Resistor Secara Cepat.

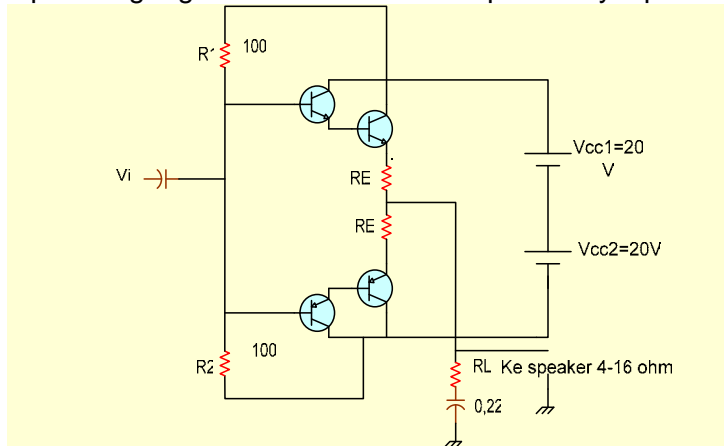
Jika satu atau lebih elemen memiliki tegangan yang kecil / nol, maka dicurigai hubung singkat, tapi tak berlaku untuk :

- ✓ Elemen sekering, thermistor dan koil menunjukkan tegangan drop yang sangat kecil, karena mempunyai resistansi sangat rendah.
- ✓ Resistor yang bernilai kecil akan menedrop tegangan yang kecil, tapi nilai pada range 100Ω biasanya digunakan secara seri pada input dan output amplifier frekuensi tinggi untuk mencegah osilasi. Hal ini menunjukkan tidak ada tegangan drop pada frekuensi sinyal dan dc. Resistor decoupling catu daya (gambar 2.62) pada range 100Ω hingga $1K\Omega$ juga menunjukkan tidak adanya drop pada dc.



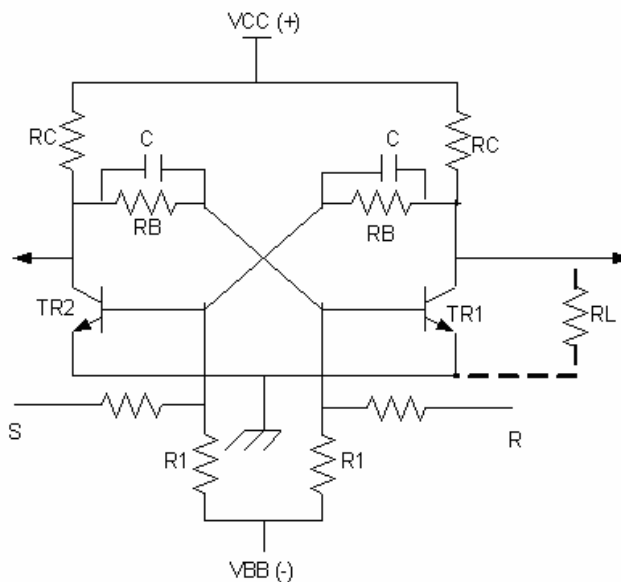
Gambar 2.62: R_s Sebagai Resistor *Decoupling* Pada Catu Daya

- ✓ Resistor tertentu tidak ada tegangan di bawah kondisi sinyal tertentu tetapi menunjukkan tegangan di bawah kondisi yang lain. Misalnya: resistor emiter pada penguat daya *komplementary-simetris* (gambar 2.63) atau penguat *pushpull* kelas B tidak ada drop, tapi akan menge-drop pada tegangan satu volt atau lebih pada sinyal penuh.



Gambar 2.63: Re Pada Penguat *Komplementary-Simetris*

Schmitt trigger, *one shot*, dan *flip-flop* (gambar 2.64) akan menunjukkan tidak ada drop yang melewati resistor kolektor ketika drop hampir sebesar V_{CC} melewati yang lainnya.



Gambar 2.64: Rc Pada *Flip-Flop*

Rangkuman

- Bagian pemeliharaan sangat diperlukan untuk:
 - Menjaga agar peralatan tetap dalam kondisi kerja yang baik
 - Menjaga kelangsungan suatu perusahaan
 - Ikut berperan mencapai keuntungan yang diharapkan oleh perusahaan.
- Pemeliharaan harus direncanakan dengan baik, tapi juga harus ditunjang dengan ketrampilan sumber daya manusia dan kelengkapan peralatan.
- Pengetahuan spesifikasi sangat penting untuk membuat dalam hal membuat suatu alat atau menjaga alat tersebut, sehingga dihasilkan suatu alat yang cukup handal dan kita bisa memeliharanya dengan baik serta benar.
- Kalibrasi ulang suatu peralatan perlu dilakukan terhadap peralatan ukur, untuk mencegah kerusakan atau kesalahan ukur alat tersebut tadi, kalibrasi ulang dimaksudkan untuk meningkatkan keandalan juga.
- Keandalan adalah kemampuan suatu item untuk melaksanakan suatu fungsi yang disyaratkan (tanpa kegagalan) di bawah kondisi yang ditentukan dalam periode waktu tertentu.
- Kegagalan adalah akhir kemampuan suatu item untuk melaksanakan fungsi yang disyaratkan.
- Laju Kegagalan (FR) = $\frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Jumlah jam komponen}}$ (per jam)
- MTTF (*Mean Time To Failure*) ini menunjukkan lamanya pemakaian komponen sampai dicapai kegagalan, MTTF ini untuk item yang tidak dapat direparasi.
- $MTTF = 1 / FR$ (jam)
- MTBF (*Mean Time Between Failure*) menunjukkan lamanya pemakaian suatu sistem dan biasanya untuk item yang dapat direparasi.
- $MTBF = 1 / FR_{\text{total}}$ (jam)
- Apabila berlaku kecepatan kegagalan yang konstan yaitu kegagalan-kegagalannya random, maka berlaku rumus:
$$R = e^{-t/m} \text{ atau } R = e^{-\lambda t}$$
Dimana R = keandalan / reliabilitas, m = MTBF dan $\lambda = FR_{\text{total}}$
Ketidak reliabilitasnya $Q = 1 - R = 1 - e^{-t/m}$.
- Hukum Hasil Kali Reliabilitas. Untuk unit-unit yang berada pada posisi **seri**, kegagalan dari satu bagian berarti kegagalan seluruh sistem.
$$R_s = R_x \cdot R_y \cdot \dots \cdot R_n$$
- **Redudancy** : dipergunakan untuk memperbaiki reliabilitas sistem dengan menempatkan secara **paralel**.
$$R_p = 1 - Q_p$$
Dengan Q_p adalah ketidak reliabilitas sistem paralel

$$Q_p = Q_A \cdot Q_B \cdot \dots \cdot Q_n$$

Untuk hal yang khusus, dua buah unit paralel:

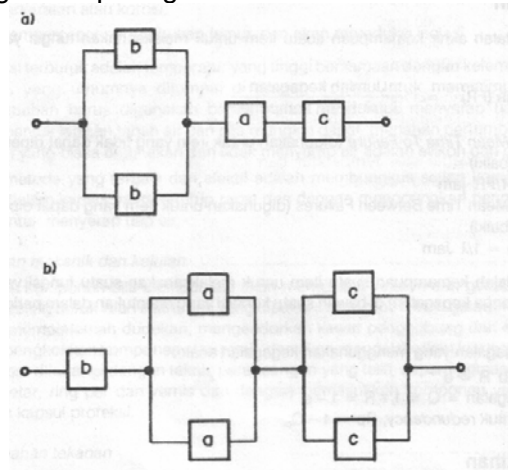
$$R_p = R_x + R_y - R_x \cdot R_y$$

- Faktor-faktor yang mempengaruhi Reliabilitas:
Rancangan dan pengembangan: pemilihan komponen, derating, tata letak mekanik, tes prototipe.
Produksi: ketrampilan, kerjasama dan pelatihan tenaga kerja, perlengkapan produksi, lingkungan kerja yang nyaman (ventilasi dan penerangan), peralatan tes otomatis.
Penyimpanan dan pengiriman: pengepakan, penyimpanan dan cara pengiriman.
Operasi: kondisi lingkungan yang cocok, cara pengoperasian yang benar.
- Lingkungan yang mempengaruhi keandalan : temperatur, tekanan, kelembaban, oksidasi, getaran / kejutan, radiasi sinar, jamur dan insek.
- *Availability* (keberadaan) = $MTBF / (MTBF + MTTR)$
- Banyak metoda untuk melacak kerusakan dari yang paling sederhana sampai suatu sistem yang kompleks, dan ini harus dipilih secara tepat sehingga kecepatan dan tingkat keberhasilannya tinggi.
- Pengujian komponen aktif secara sederhana harus dapat kita lakukan, demikian juga untuk pengujian dan pengecekan terbuka atau hubung singkatnya suatu rangkaian.

Soal latihan Bab 2

1. Apakah perbedaan perbedaan pemeliharaan dengan perbaikan? Beri contohnya!
2. Sebutkan pentingnya pemeliharaan di suatu industri!
3. Sebutkan pentingnya pemeliharaan disuatu tempat pelayanan umum!
4. Sebutkan keuntungan pemeliharaan yang direncanakan, beri contoh nyata!
5. Sebutkan langkah-langkah pemeliharaan yang terprogram!
6. Apakah spesifikasi itu?
7. Sebutkan pentingnya kita mengetahui spesifikasi suatu peralatan ukur bila kita sebagai:
 - a. perusahaan.
 - b. pembeli.
8. Sebutkan pentingnya kita mengetahui kalibrasi untuk suatu peralatan ukur dan beri contohnya!
9. Apa yang dimaksud dengan kalibrasi ulang itu!
10. Sebuah pesawat televisi yang sedang beroperasi/bekerja, tiba-tiba suaranya hilang, tetapi gambar masih tampak normal. Setelah diperiksa ternyata IC pada bagian penguat audionya rusak. Termasuk jenis kegagalan apakah kejadian tersebut diatas dilihat dari:

- a. Tingkat Kegagalan. b. Sebab kegagalan. c. Waktu kegagalan
11. Apa yang saudara ketahui tentang
 - a. Keandalan
 - b. Kegagalan catastrophic
 - c. MTBF
 - d. Random Failure Period
 12. Keandalan tiga buah unit peralatan masing-masing sbb: $R_a = 0,75$; $R_b = 0,9$; $R_c = 0,85$. Carilah keandalan total, bila masing-masing dihubungkan seperti gambar di bawah ini:



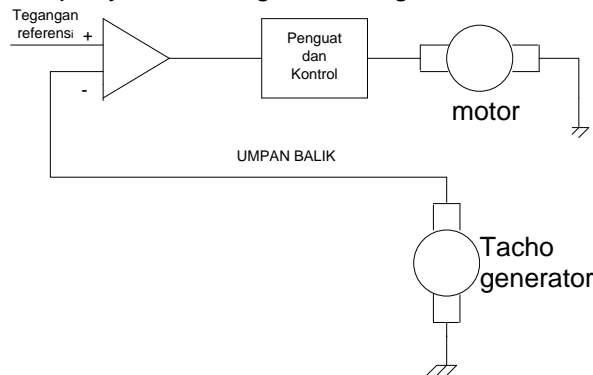
13. Hitung MTBF suatu unit elektronika yang terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

| | Jumlah | FR($\times 10^{-6}$ per jam) |
|------------|--------|-------------------------------|
| Resistor | 200 | 0.004 |
| Transistor | 300 | 0.05 |
| IC | 290 | 0.02 |
| Thyristor | 4 | 0.5 |
| Capacitor | 20 | 0.02 |
| Hubungan | 1000 | 0.001 |

14. Sebuah instrumen elektronik mempunyai laju kegagalan total (FR total) = 2.5×10^{-6} per jam. Hitung MTBF dan keandalannya bila dioperasikan 10.000 jam.
15. Sebutkan macam-macam metoda mencari kerusakan yang anda ketahui!
16. Jelaskan dengan singkat apa perbedaan metode aktif dan pasif *signal tracing*. Berikan masing-masing satu contoh!
17. Sebutkan langkah-langkah praktis mencari kerusakan tanpa menggunakan alat ukur!
18. Bila anda mempunyai alat pembagi frekuensi yang terdiri dari blok-blok frekuensi yang berurutan, metode apa saja yang paling sesuai

untuk mencari kerusakannya bila alat ini mengalami gangguan atau kerusakan ?

19. Suatu rangkaian sistem pengaturan kecepatan motor otomatis mempunyai blok diagram sebagai berikut :



Bila terjadi kerusakan pada alat, misalnya alat tiba-tiba tidak bekerja, langkah apa yang paling tepat untuk mendeteksi kerusakan, sebelum langkah-langkah perbaikan ditempuh?

20. Apa maksud pemeriksaan kondisi statis? Kapan hal ini harus dilakukan?
21. Jelaskan kapan anda menggunakan metoda dibawah ini untuk mencari kerusakan, dan apa syaratnya, sebutkan bila ada.
- Metoda membandingkan
 - Metoda resistansi dan tegangan
 - Metoda analisis kesalahan
 - Metoda analisis logika
 - Metoda diagnosa rutin

Tugas Kelompok

Cobalah buat beberapa kelompok dalam satu kelas (misal 5 anak perkelompok) dan kerjakanlah bahan-bahan di bawah ini.

- Jika anda mendapati sebuah kapasitor elektrolit, tuliskan apa saja spesifikasi yang anda ketahui tentang kapasitor tersebut.
- Amatilah peralatan-peralatan elektronik disekitar anda, catatlah beberapa peralatan tersebut (minimum 5 buah). Menurut anda manakah yang lebih andal? Mengapa? Manakah pula peralatan yang memerlukan biaya perawatan lebih besar untuk memperoleh kualitas yang sama ?
- Carilah peralatan elektronik disekitar anda terutama yang tidak berfungsi dengan baik. Buatlah daftar untuk mengidentifikasi kerusakannya. Kemudian tulislah langkah apa saja yang akan anda lakukan untuk mencari kerusakan, alat apa saja yang anda perlukan. Konsultasikan dengan instruktur atau pembimbing praktikum.

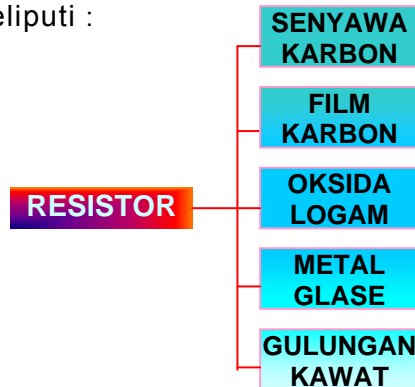
3. MENGENALI KERUSAKAN KOMPONEN ELEKTRONIKA

3.1. Pendahuluan

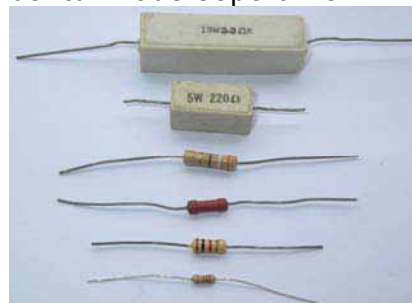
Jika anda memahami dengan baik tentang komponen dan keterbatasan-keterbatasannya ini adalah bagian yang penting dalam mencari kerusakan rangkaian elektronika. Misalnya: mengetahui bahwa pada umumnya sangat **tidak mungkin** sebuah **resistor** dari jenis manapun mempunyai kerusakan **sambung singkat**, sehingga bila ada kecurigaan kerusakan sambung-singkat tak perlu lagi mencek resistor-resistor pada rangkaian tersebut. Segi lain yang perlu diperhatikan, bahwa banyak kerusakan komponen disebabkan oleh kesalahan pemakaian (orangnya), diperkirakan 40% kerusakan karena salah pemakaian biasanya disebabkan saat mengoperasikan komponen diluar batas kemampuan komponen tersebut atau penanganan yang buruk pada komponen.

3.2. Resistor Tetap

Berbagai tipe resistor tetap meliputi :



Ada juga nilai dan toleransi resistor dicetak pada badan resistor kadang-kadang dinyatakan langsung, misalnya 1,82k 1% (1820 ohm \pm 1%) atau dalam bentuk kode seperti 1821 F.



Gambar 3.1: Jenis-Jenis Resistor Tetap

Gambarnya dapat dilihat pada Gambar 3.1. Jenis film-logam, oksida logam, atau cermet (*metal glase*) banyak dipilih dalam pemakaian, karena tipe-tipe itu mempunyai stabilitas yang baik, dalam penyimpanan maupun dalam kondisi beroperasi.

Perhatikan bahwa resistor-resistor yang toleransi 5, 10, atau toleransi 20% diberi kode warna dengan dua ban signifikan, diikuti oleh sejumlah bannol (atau pelipat desimal) dan ban toleransi (lihat tabel 3.1).

Nilai diatas 100 ohm, ditunjukkan tiga buah digit diikuti oleh digit ke empat yang menyatakan banyaknya nol yang mengikutinya. Untuk nilai-nilai dibawah 100 ohm huruf R menyatakan titik desimal dengan semua digit signifikan. Sesudah kode nilai, ditambahkan sebuah huruf untuk menyatakan toleransi :

F = \pm 1%, G = \pm 2%, J = \pm 5%, K = \pm 10%, M = \pm 20%

Contohnya:

R 33 M = 0.33 ohm \pm 20%

4701 F = 4700 ohm \pm 1%

6804 M = 6.8 M ohm \pm 20%

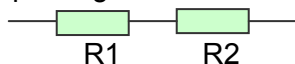
2202 K = 22000 ohm \pm 10%

Tabel 3.1: Signifikasi Angka-Angka Warna Umum Resistor

| Warna | Pengali Resistor | Toleransi Resistor | | Singkatan | | |
|-------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|
| | | MIL resistor (\pm)% | EIA resistor (\pm)% | MIL- STD | EIA 3 huruf | EIA alternatif |
| HITAM | 1 | 20 | | BLK | Blk | BK |
| COKLAT | 10 | 1 | 1 | BRN | Brn | BR |
| MERAH | 10^2 | 2 | 2 | RED | Red | R, RD |
| ORANGE | 10^3 | | | ORN | Orn | O, OR |
| KUNING | 10^4 | | | YEL | Yel | Y |
| HIJAU | 10^5 | | 0,5 | GRN | Grn | GN, G |
| BIRU | 10^6 | | 0,25 | BLU | Blu | BL |
| UNGU | 10^7 | | 0,1 | VIO | Vio | V |
| ABU- ABU | | | 0,05 | GY | Gra | GY |
| PUTIH | | | | WHT | Wht | WH, W |
| EMAS | 10^{-1} | 5 | 5 | (a) | Gld | |
| PERAK | 10^{-2} | 10 | 10 | SIL | Sil | |

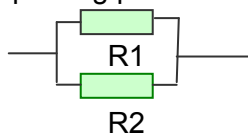
Pemasangan resistor dan perhitungannya adalah:

- Dipasang seri:



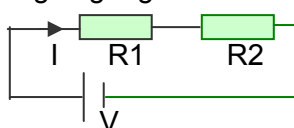
$$R_s = R_1 + R_2$$

- Dipasang paralel:



$$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2$$

- Pada **Hukum Ohm** dan pembagian tegangan:



$$I = V / (R_1 + R_2)$$

$$V_{R1} = R_1 \cdot V / (R_1 + R_2)$$

3.3 Kegagalan- Kegagalan pada Resistor Tetap

Setiap resistor ketika beroperasi akan mendisipasikan dayanya. Kenaikan temperatur yang disebabkan oleh daya yang didisipasikan akan maksimum ditengah-tengah badan resistor, ini disebut "**Hot spot temperature**".

Harus ditekankan disini, bahwa resistor pada umumnya menunjukkan kecepatan kegagalan yang rendah atau resistor itu sangat dapat diandalkan (*reliable*).

Kegagalan dan penyebab-penyebabnya terdapat dalam tabel 3.2.

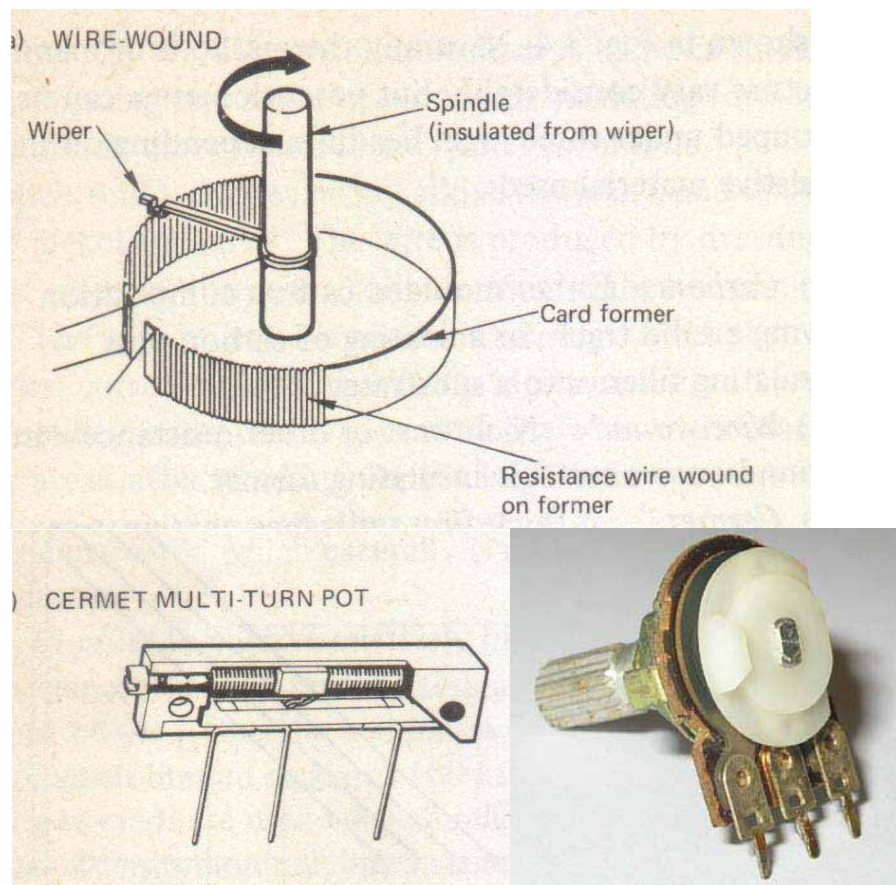
| Tipe Resistor | Kegagalan | Kemungkinan Penyebab |
|---------------|-----------|----------------------|
|---------------|-----------|----------------------|

3.4. Resistor *Variable* (Potensiometer)

Potensiometer dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok utama bergantung pada bahan resistif yang dipergunakan, yaitu:

- Karbon senyawaan**, karbon yang dituang berbentuk jalur padat atau lapisan karbon ditambah zat pengisi. dituang pada suatu substrat atau dasar.
- Gulungan kawat Nikhrom** atau kawat resistansi lainnya yang digulung pada sebuah bentuk isolasi biasanya berbentuk pipa kecil.
- Cermet** suatu lapisan film tebal pada sebuah substrat atau dasar keramik.

Potensiometer yang dijual umum ada dua tipe, yaitu: **tipe A** yang perubahan resistansinya bersifat **logaritmis** bila diputar dan **tipe B** yang perubahan resistansinya bersifat **linier** bila diputar.



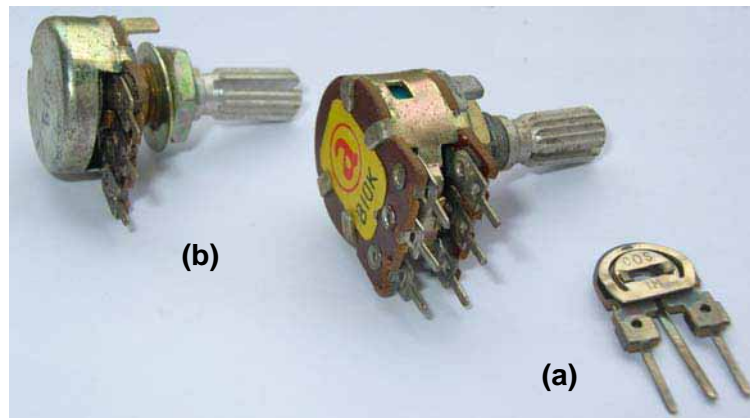
GC Loveday, 1980, 40

Gambar 3.2: Konstruksi Dasar Potensiometer

Pada umumnya persyaratan potensiometer berada dalam tiga kategori:

- Preset atau trimmer (gambar 3.3.a)
- Kontrol kegunaan umum (gambar 3.3.b)
- Kontrol presisi

Contoh-contoh dengan persyaratannya diberikan pada Tabel 3.3.



Gambar 3.3: Bentuk Potensiometer

Tabel 3.3: Aplikasi Resistor Variabel

| Tipe | Contoh Aplikasi | Toleransi | Kelinieran | Stabilitas | Putaran yang diharapkan | Gulungan |
|---|--|------------|-------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Preset atau Trimmer | pengaturan lebar pulsa yang tetap dari mono stabil | $\pm 20\%$ | Tak penting | Tinggi $\pm 2\%$ | Kurang dari 50 | Tunggal atau banyak |
| Kontrol kegunaan umum (pasang pada panel) | Kontrol kecemerlangan pada osiloskop | $\pm 20\%$ | $\pm 10\%$ | Medium $\pm 10\%$ | 10.000 | Tunggal |
| Kontrol kepresisian (pasang pada panel) | Tegangan Output yang terkalibrasi dari sebuah catu daya laboratorium | $\pm 3\%$ | $\pm 0.5\%$ | Tinggi $\pm 0.5\%$ | 50.000 | Tunggal atau banyak |

3.5. Kegagalan- Kegagalan pada Resistor *Variable*

Kecepatan kegagalannya lebih tinggi dari pada jenis resistor tetap, untuk potensiometer mempunyai kecepatan kegagalan kira-kira 3×10^{-6} perjam sudah umum, tetapi angka-angka itu berubah bergantung pada metode yang digunakan oleh pabriknya. Kerusakan yang terjadi pada sebuah potensiometer bisa sebagian atau total.

Kerusakan sebagian :

- Kenaikan resistansi kontak menimbulkan kenaikan noise kelistrikan.
- Kontak yang terputus-putus, ini dapat disebabkan oleh partikel-partikel debu, minyak gemuk (pelumas) atau bahan-bahan ampelas yang terkumpul antara kontak geser dan jalur.

Gangguan tadi dapat dihilangkan dengan bahan pembersih seperti contact cleaner.

Kerusakan total :

- Merupakan sirkit terbuka dian tara jalur dan sambungan ujung-ujungnya atau antara kontak geser dan jalur.

Hal ini dapat disebabkan oleh perkaratan bagian-bagian logam karena kelembaban, atau pembengkakan logam-logam / plastik yang terjadi saat penuangan jalur yang menggunakan temperatur tinggi.

3.6. Kapasitor

Sebuah kapasitor terdiri dari dua pelat konduktor yang terpisah oleh suatu isolator dielektrika. Rumus terkenal untuk kapasitansi C adalah :

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

Dengan :

ϵ_0 adalah permitivitas mutlak

ϵ_r adalah konstanta dielektrika

A adalah luas plat (m^2)

d adalah jarak antara plat-plat, yaitu tebal dielektrika (m)

Luas plat, konstanta dielektrika harus tinggi, dan tebal dielektrika yang kecil untuk mendapatkan C yang cukup besar. Ukuran efisiensi sebuah kapasitor ditentukan oleh muatan listrik ($Q=C.V$) total yang dapat disimpan.

Jenis-jenis kapasitor dapat dilihat pada gambar 3.4. Pada baris teratas adalah kapasitor elektrolit termasuk jenis polar (mempunyai kutub + dan -), sedang baris kedua adalah kapasitor plastik film dan baris ketiga adalah kapasitor keramik. Kedua-duanya termasuk jenis kapasitor non polar (pemasangannya bebas karena tak ada kutub-kutubnya). Besar harga sebuah kapasitor terbaca pada badan kapasitor.



Gambar 3.4: Macam-Macam Kapasitor Tetap dan *Variable*

Ingat rumus perhitungan C seri dan C paralel terbalik dengan rumus pada resistor (lihat Hal. 3-2).

3.7. Kegagalan pada Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen yang dapat diandalkan, menunjukkan kegagalan yang rendah terutama bila diderating (lihat Bab 2.3.7). Umur kapasitor dapat diperpanjang dengan cara:

- Dioperasikan dibawah batas tegangan yang diperbolehkan.
- Dioperasikan pada temperatur ambient yang rendah, dengan menurunkan temperatur 10°C dapat melipatkan umurnya dua kali lebih panjang.

Kerusakan yang mungkin terjadi :
Katastrofik (mendadak & total):

- Hubung singkat : tembus dielektriknya
- Sirkuit terbuka : kerusakan pada penyambung ujungnya.

Degradasi (berangsur-angsur dan sebagian) :

- Penurunan resistansi dari isolasi atau kenaikan arus bocor pada jenis elektrolit secara berangsur-

angsur.

- Kenaikan resistansi seri, yaitu suatu kenaikan faktor disipasi .

Beberapa penyebab kerusakan adalah:

- Kerusakan ketika fabrikasi :
kontaminasi chloride pada elektrolit, akan menimbulkan perkaratan pada sambungan internal, kerusakan mekanis pada ujung dari kapasitor berlapis logam, menimbulkan panas berlebih dan sirkuit terbuka.
- Salah pakai:
Kapasitor digunakan melebihi tegangan yang tertulis, atau teknik assembling yang jelek menimbulkan tekanan mekanis terhadap penyambung-penyambung ujung dan selubung (Seal).
- Lingkungan :
Kejut-an-kejut-an mekanik, getaran mekanik, temperatur tinggi / rendah, dan kelembaban.

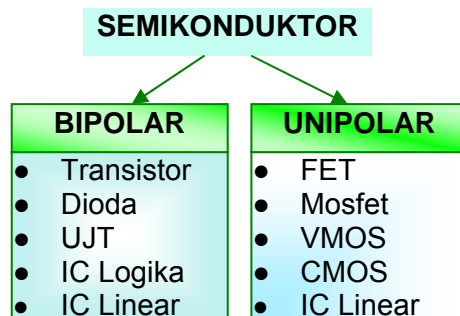
Daftar kerusakan dan kemungkinan penyebab untuk beberapa jenis kapasitor terlihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3: Kerusakan Kapasitor dan Penyebabnya

| JENIS C | KERUSAKAN | KEMUNGKIN PENYEBABNYA |
|----------------------|--|---|
| Kertas | <ul style="list-style-type: none"> Kering bahan rendah, menimbulkan sambung singkat Sirkuit terbuka. | <ul style="list-style-type: none"> Kebocoran seal. Kejut-an mekanik, termal atau perubahan-perubahan tekanan. Kejut-an mekanik / thermal. |
| Keramik | <ul style="list-style-type: none"> Sambung singkat Sirkuit terbuka Perubahan-perubahan kapasitansi | <ul style="list-style-type: none"> Pecahnya dielektrika karena kejut-an atau getaran Pecahnya sambungan Elektroda perak tidak melekat benar pada perak |
| Film plastik | <ul style="list-style-type: none"> Sirkuit terbuka | <ul style="list-style-type: none"> Kerusakan pada semprotan diujung, ketika fabrikasi atau assembling. |
| Alumunium Elektrolit | <ul style="list-style-type: none"> Sambung singkat, karena bocor. Kapasitansi mengecil. Sirkuit terbuka | <ul style="list-style-type: none"> Hilangnya dielektrika. Temperatur tinggi. Hilangnya elektrolit karena tekanan, kejut-an mekanik atau temperatur. Pecahnya sambungan internal. |
| Mika | <ul style="list-style-type: none"> Sambung singkat Sirkuit terbuka. | <ul style="list-style-type: none"> Perpindahan perak disebabkan oleh kelembaban yang tinggi. Perak tidak menempel ke mika. |

3.8. Piranti-Piranti Semikonduktor

Klasifikasi semikonduktor:



3.9. Kerusakan pada Semikonduktor

Kedua semikonduktor ini mudah rusak kalau mendapat beban lebih.

Kemungkinan kerusakan yang terjadi adalah:

- Hubung singkat: pada junction BE, BC atau CE.
- Terbuka: pada junction BE atau BC.

Beberapa penyebab kerusakan semikonduktor adalah :

KERUSAKAN MEKANIS SAAT FABRIKASI :

- Proses-proses difusi
- Proses Metalisasi
- Proses Mekanis



SALAH PEMAKAIAN

- Melewati tegangan catu, arus dan daya maksimumnya
- Memasukan / mencabut IC saat tegangan hidup

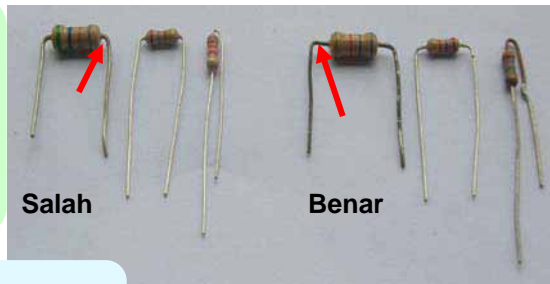
BAHAYA LINGKUNGAN

- Interferensi kelistrikan
- Kejutan tegangan oleh mesin atau relay
- Medan magnetik

3.10. Pencegahan-Pencegahan Ketika Menangani dan Mentest Komponen-Komponen

Membengkokkan kawat penghubung:

- Jangan berkali-kali
- Jangan terlalu dekat dengan badan komponen (3-5 mm)



Kejutkan Mekanis

- Jatuhnya komponen semikonduktor
- Memotong kawat penyambung
- Mengerik permukaan komponen

Kejutkan termal

- Solder 20-50 Watt
- Suhu solder maksimum 300°-400°C
- Lama menyolder 5 detik
- Gunakan "Solder Wick" atau "Atraktor" untuk melepas komponen dengan menggunakan solder.



Gambar 3.5: Gelang Anti Statik

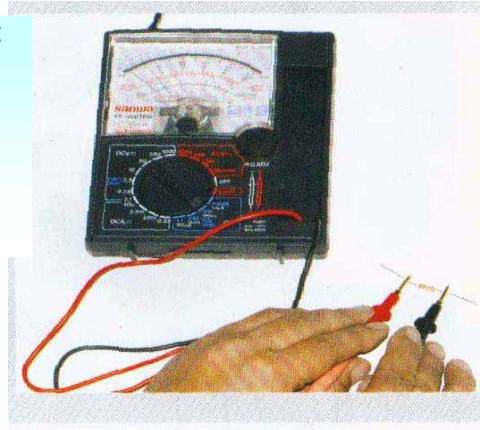
Kejutkan elektrostatis (juga pada MOS)

- Gunakan tes probe yang kecil
- Pemasangan komponen MOS paling akhir
- Pucuk solder harus tak bertegangan.
- Jangan memasukkan / melepas komponen semikonduktor saat catu daya hidup
- Hindari tegangan kejut dari relay atau saat saklar on.
- Sinyal tak terpasang ke input saat catu daya padam.
- Gunakan gelang / pakaian anti static (di pabrik) saat memasang IC MOS (gambar 3.5).

3.11. Rangkaian Test untuk Komponen-Komponen

Verifikasi(pembuktian kembali):

- mengukur resistor dengan menggunakan Ohmmeter.
- Mencek apakah transistor yang satu-rasi menjadi tidak konduk kalau *junction basis-emiter* disambung singkat.



Test Go atau No-go :

menentukan beberapa parameter atau karakteristik sebuah komponen berada dalam batas-batas spesifikasi.

Pengukuran yang relatif akurat pada parameter komponen:

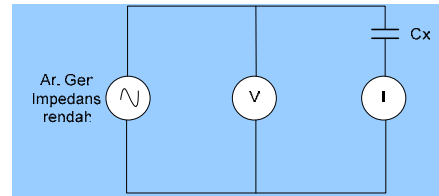
Biasanya dilakukan di Laboratorium-laboratorium untuk pengujian ketahanan sebuah komponen yang akan dipergunakan pada sebuah produk yang baru akan diluncurkan. Agar benar-benar dihasilkan rangkaian / peralatan yang sesuai dengan yang diharapkan. Hampir semua parameter / karakteristik komponen tersebut diuji disini.

Catatan : Biasanya pada perkakas test dan servis, tujuannya adalah untuk mencari kesalahan secara cepat, dan karena itu metoda pertama dan kedua digunakan lebih sering dari pada yang ketiga.

3.12 Pentesan Komponen Sederhana

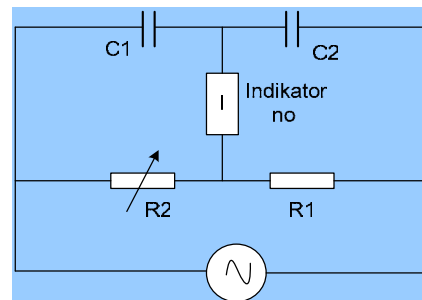
Test untuk menentukan suatu sirkit sambung singkat ataupun sirkit terbuka, dipergunakan fungsi ohm pada sebuah multimeter, tetapi untuk memeriksa sirkit terbuka perlu melepaskan solderan satu ujung kawat penyambung komponen dan diangkat dari lubang kemudian baru diukur, jika tidak demikian, komponen-komponen yang tersambung paralel dengan komponen yang dicurigai akan memberikan hasil pengukuran resistansi yang salah. Suatu alternatif lain yang dipakai untuk mengecek suatu resistor sirkit terbuka (putus) ialah dengan menjembatani resistor yang dicurigai dengan resistor yang diketahui nilainya kemudian cek kembali resistansi sirkitnya. Kapasitor bocor juga dapat dites menggunakan ohm meter, sekali lagi dengan melepaskan sambungan satu ujung kapasitor itu dari sirkitnya. Sebuah kapasitor elektrolit harus menunjukkan resistansi rendah mula-mula, ketika kapasitor itu mengisi muatan listriknya, tetapi resistansinya harus dengan cepat kembali mencapai nilai tak terhingga. Kapasitor yang putus atau sirkit terbuka, dapat ditentukan dengan memasang kapasitor lain secara paralel dan melakukan pengecekan sirkit dalam keadaan beroperasi, atau terlepas kapasitor itu dan melakukan pengetesan pada sebuah susunan pentest yang sederhana seperti pada gambar 3.6 dengan mempergunakan sebuah audiogenerator 1 kHz dan dua buah meter.

Dalam hal ini $C_x = \frac{1}{2} \pi f V_o$ dengan ketelitian $\pm 10\%$ untuk nilai-nilai kapasitif 1000pF sampai 1 uF.



Gambar 3.6: Rangkaian sederhana untuk mengukur kapasitansi.

Cara yang lebih baik ialah dengan mempergunakan sebuah jembatan ac seperti pada gambar 3.7 untuk membandingkan kapasitor yang tak diketahui nilainya dengan sebuah kapasitor standar.

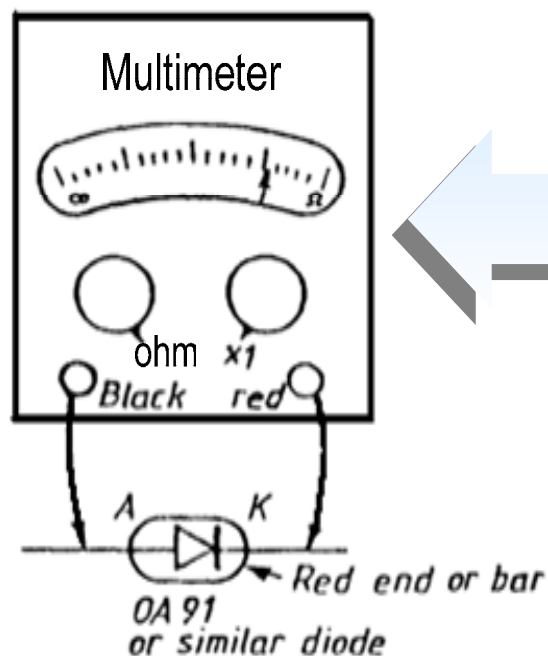


Gambar 3.7: Jembatan kapasitansi (indikator nol dapat osiloskop atau meter ac yang peka)

Pada keadaan setimbang berlaku: $C_1 = (R_2/R_1)C_2$

Mentest dioda, transistor dan semikonduktor lainnya dapat pula dilakukan dengan menggunakan fungsi ohm dari multimeter. Yang penting adalah mengetahui kedudukan polaritas baterai dalam meter, dalam sebuah meter tertentu terminal persesekutuannya (ditandai dengan hitam) mempunyai tegangan positif pada fungsi ohm.

Jika kalian tidak mengetahui sambungan baterai dalam meter yang kalian pakai, polaritasnya dapat kalian tentukan dengan menyambungkan multimeter lain pada fungsi tegangan, atau dengan mengukur resistansi arah maju atau arah balik sebuah semikonduktor, dioda atau transistor yang diketahui polaritasnya lihat gambar 3.8. Sesudah kalian menentukan polaritas ohm meter, kalian dapat mengukur / menentukan banyak hal tentang transistor.

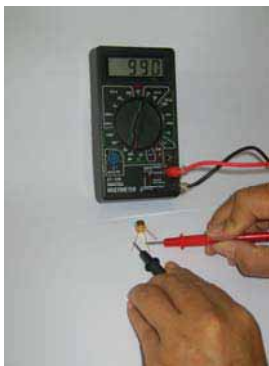


Gambar 3.8: Pemakaian dioda semikonduktor untuk menentukan polaritas multimeter pada fungsi ohm. Meter menunjukkan resistansi rendah, berarti bahwa terminal hitamnya berhubungan dengan terminal positif baterai didalamnya.

Langkah-langkah mentes sebuah Transistor dengan menggunakan multimeter (Ohmmeter) adalah:



Gambar 3.9: Mengukur resistansi junction sebuah transistor npn mempergunakan multimeter. Bias arah maju pada basis-emiter, harus menunjukkan resistansi rendah. Biasanya kurang dari 1 k ohm.



Gambar 3.10: Bias arah maju pada basis kolektor harus menunjukkan resistansi rendah (kurang dari 1 k ohm)



Gambar 3.11: Bias arah balik pada emiter basis harus menunjukkan resistansi tinggi (lebih besar dari 100 k ohm)



Gambar 3.12: Bias arah balik pada kolektor basis harus menunjukkan resistansi tinggi (lebih besar dari 100 k ohm).

Mengenal Kerusakan Komponen Elektronik

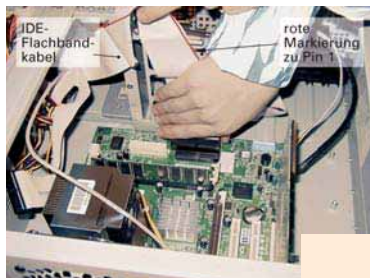
Apabila melakukan pengetesan komponen, dan dilakukan terhadap transistor, FET dan IC maka seharusnya :

INGAT-INGAT !

Periksa catu daya dekat pada komponen-komponen yang sebenarnya, dan untuk IC langsung pada pin-pin yang bersangkutan.

Jangan mempergunakan *test probe* yang besar, karena *test probe* yang terlalu besar mudah menimbulkan hubung singkat

Hindarilah pemakaian panas yang berlebihan ketika melepas solderan komponen dan jangan melepaskan ketika unit hidup catu dayanya



Klaus Tkotz, 2006

Jangan sekali-kali melepaskan atau memasukkan piranti tanpa terlebih dulu mematikan catu daya. Komponen-komponen dapat rusak dengan mudah, karena adanya kejutan arus yang berlebihan

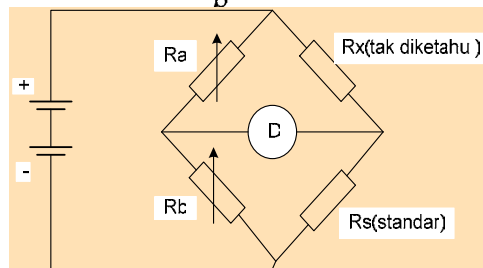
3.13. Pengukuran Akurat Komponen

Pada suatu saat diperlukan pengukuran yang akurat atau teliti tentang data suatu komponen atau piranti, dan perlu dipahami prinsip-prinsip umum yang bersangkutan. Untuk ketelitian yang baik ($\pm 0,1\%$) metoda jembatanlah yang dipergunakan untuk membandingkan yang tidak diketahui dengan yang standar. Susunan jembatan Wheatstone (gambar 3.13) dapat dipergunakan untuk pengukuran resistansi dan ada dalam keadaan setimbang bilamana $R_a/R_b = R_x/R_s$. Penunjukkan detektor D adalah minimum. Hal ini dikarenakan tegangan jatuh pada ujung-ujung R_b sama dengan tegangan jatuh pada R_s . Titik balans (setimbangnya tidak, bergantung pada nilai tegangan catu dan setiap indikator nol yang peka dapat digunakan. Ketelitiannya bergantung pada toleransi dan stabilitas dari resistor pembanding R_a , R_b dan resistor standar R_s . Pada keadaan setimbang, ketika R_a dan R_b telah distel pada penunjukkan nol.

$R_a/R_b = R_x/R_s$

Berarti bahwa

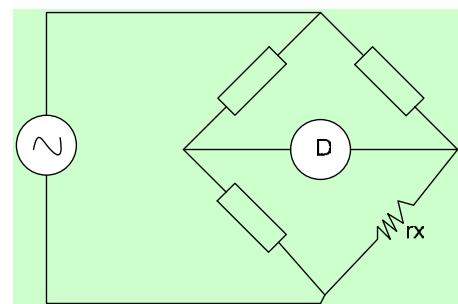
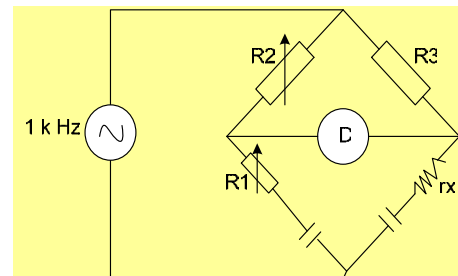
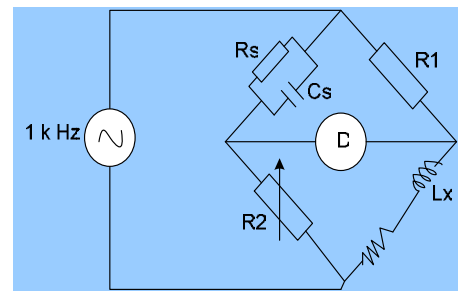
$$R_x = R_s \cdot \frac{R_a}{R_b}$$



GC Loveday, 1980, 59

Gambar 3.13: Jembatan Wheatstone

Pada jembatan RCL universal dan komersial, dipergunakan tiga buah sirkit jembatan (gambar 3.14). Frekuensi catu daya untuk jembatan biasanya 1 kHz, dan detektor ac yang sangat sensitif biasanya dipergunakan sebuah penguat yang ditala pada 1 kHz dengan outputnya mencatu sebuah meter kumparan putar lewat penyearah. Dalam keadaan *balance* (setimbang) nilai komponen dinyatakan dalam bentuk digital agar mudah dibaca.



GC Loveday, 1980, 59

Gambar 3.14: Sirkit AC untuk L, C, R

Untuk sebuah contoh yang spesifik buat jembatan pemakaian umum adalah :

| | |
|----------------------------------|--------------------------|
| Induktansi | 1 hH sampai 100 H |
| Kapasitansi | 1 pF sampai 1000 μ F |
| Resistansi | 10 m ohm sampai 10 M ohm |
| Faktor Q(kumparan) | 0 sampai 10 pada 1 kHz |
| Faktor Disipasi (Kondensator) | 0 sampai 0,1 pada 1 kHz |
| Ketelitian pada semua pengukuran | 0,5% |

Terlepas dari jembatan yang tidak sering diperlukan dalam situasi servis, ada beberapa metoda yang baik dan cepat untuk pengukuran komponen.

Dua hal perlu diperhatikan :

- Efek setiap arus pengukuran atau tegangan pengukuran terhadap komponen, jika arus pengukuran terlalu tinggi akan menimbulkan disipasi daya yang terlalu besar dalam piranti yang diukur atau suatu tegangan test akan menimbulkan kerusakan tembus (jebol).
- Sumber kesalahan yang terdapat dalam pengukuran yaitu kesalahan-kesalahan seperti ketidak telitian meter dan efek pembebanan, induktansi kawat penyambung, kapasitansi kawat penyambung, resistansi kawat penyambung. Pada umumnya test lead harus sependek mungkin, terutama jika nilai-nilai rendah diukur, dan lebih-lebih kalau pengukuran itu dilakukan pada frekuensi tinggi.

Peralatan yang dijual dipasaran untuk mengukur kapasitansi dan induktansi juga termasuk akurat walau harus secara manual, dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15: Kapasitansi / Induktansi Meter.

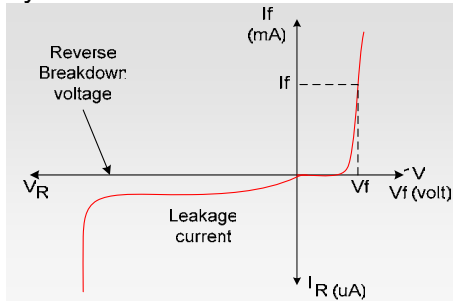
3.14. Pengukuran Komponen Aktif

Untuk berbagai semikonduktor diskrit parameter-parameter yang terpenting diberikan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5: Parameter-Parameter Penting Semikonduktor Diskrit

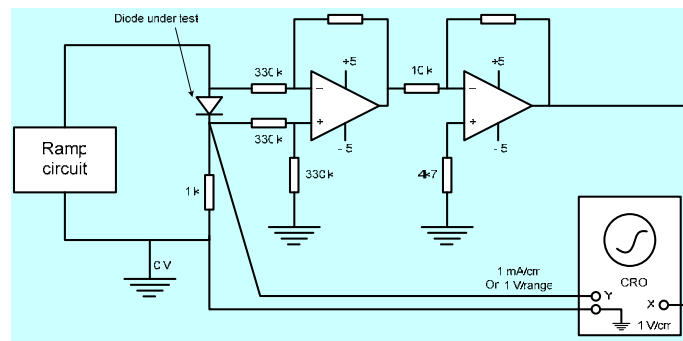
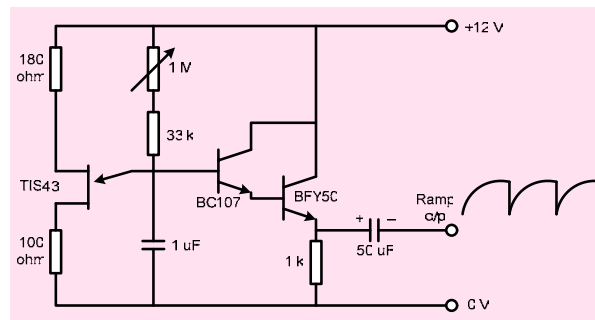
| DIODA | Zener atau dioda Referensi | Transistor Bipolar | FET | SCR |
|--|--|---|---|--|
| V_F tegangan jatuh arah maju I_R arus bocor arah balik $V_{(BR)}$ tegangan tembus arah balik | V_Z tegangan tembus Z_Z Impedansi dinamis | h_{FE} penguatan arus dc. $V_{CE(sat)}$ saturasi kolektor-emiter $V_{(BR)CEO}$ tegangan tembus kolektor-emiter (basis sirkit terbuka) | Y_{fs} transkonduktansi $V_{GS(off)}$ tegangan gerbang-source yang mengonduksi pengukuran praktis dari pinch-off(V_p). | V_T tegangan jatuh arah maju. I_{GT} arus pacu gerbang V_{GT} tegangan pacu gerbang I_H arus hold |
| Menswitch dioda: t_{rr} recovery time arah balik | | I_{CBO} arus bocor (Emiter sirkit terbuka) | I_{DSS} arus drain dengan $V_{GS}=0$ | V_{DRM} repetitive peak off-state voltage |
| | | I_{CEO} arus bocor (basis sirkit terbuka) | $I_{DS(on)}$ resistansi drain ke source dengan $V_{GS}=0$ | I_R arus arah balik |

Test sederhana dioda untuk memeriksa apakah nilai-nilai V_F dan $V_{(BR)}$ berada dalam batas-batasnya, dapat dilakukan dengan mempergunakan **sumber arus konstan**. hampir pada seluruh pengukuran jenis ini, arusnya harus diusahakan konstan untuk menghindari panas berlebihan dan kemungkinan kerusakan komponen. Sebuah karakteristik dioda misalnya 5 mA, dilakukan pada sebuah dioda dan V_F terbaca dengan Voltmeter ternyata off.



Gambar 3.16: Karakteristik Dioda Semikonduktor

Jikalau karakteristik I_F/V_F diperlukan, sebuah sirkit dapat digunakan untuk memperagakannya, pada osiloskop dan harus mempergunakan ramp generator, itu dapat dilihat pada gambar 3.17.

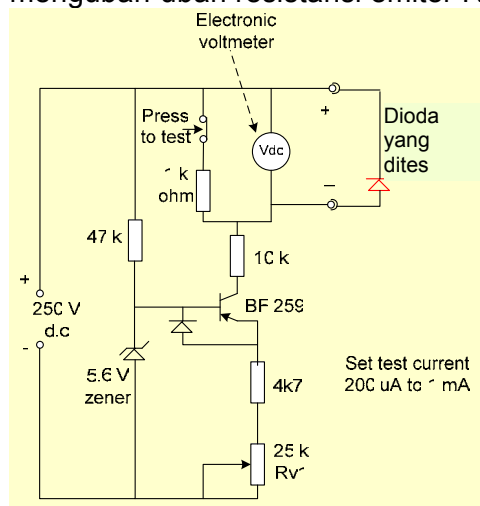


GC Loveday, 1980, 64

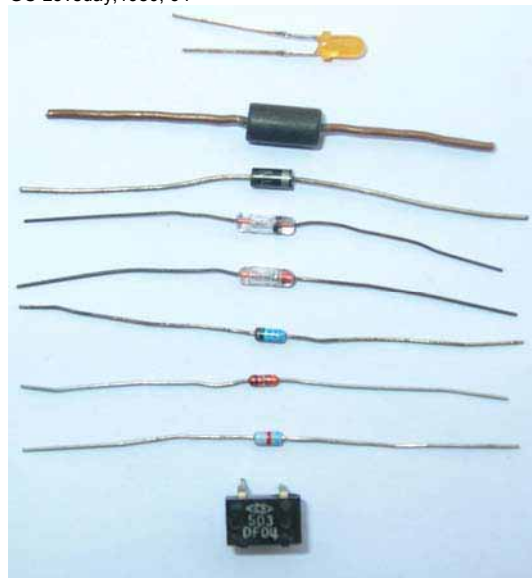
Gambar 3.17: Sirkit RAMP untuk Sirkit TEST, dan Menggunakan CRO untuk Memperagakan Karakteristik Dioda Arah Maju.

Tegangan tembus semikonduktor harus selalu juga diukur dengan sumber arus konstan. Pada keadaan tembus, yang umumnya merupakan "*avalanche effect*", kenaikan arus yang cepat terjadi bila tegangan naik. Sebuah sirkit pentest "*Break down*"(tembus) pada gambar 3.18 dapat dipergunakan tanpa merusak dioda yaitu untuk $V_{(BR)}$, V_Z , $V_{(BR)CEO}$ dan sebagainya. Sirkit itu sesungguhnya sebuah pembangkit arus konstan yang dihasilkan oleh sirkit Q1.

Basis Q1 dipertahankan pada tegangan 5,6 V oleh dioda zener, sehingga V_E kira-kira 5V. Arus emiter dan arus kolektor, dapat distel dengan mengubah-ubah resistansi emiter RV1



GC Loveday, 1980, 64



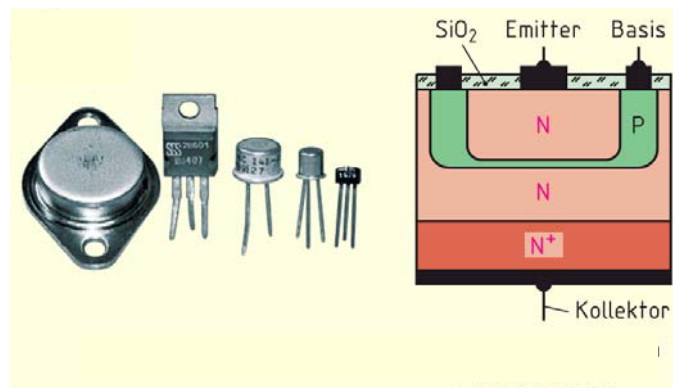
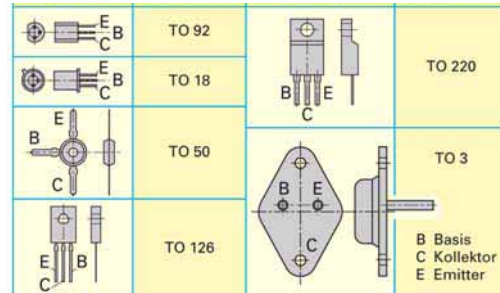
Gambar 3.18: Rangkaian Penguji Tembus Arah Balik Dioda dan Macam-Macam Dioda

Arus akan cukup konstan sepanjang perubahan-perubahan tegangan kolektor dari 10V sampai 200V. Perhatikan bahwa arus maksimum kira-kira 1 mA, cukup rendah dan tidak menimbulkan kerusakan. Kalau sebuah komponen diperiksa batas tembusnya, switch test ditekan dan tegangan pada ujung-ujung komponen akan naik sampai nilai tembusnya dimana arusnya dibatasi. Tegangan pada ujung-ujung piranti yang dites dapat dibaca dengan multimeter.

Pengujian dioda tembus arah balik ini dapat dilakukan untuk semua jenis dioda yang tersedia, dari dioda penyearah, LED maupun dioda zener seperti gambar disamping. Hanya harus disediakan catu daya DC dengan tegangan yang dapat diatur dan tegangan yang tersedia minimum 250 Volt DC.

Mengenal Kerusakan Komponen Elektronik

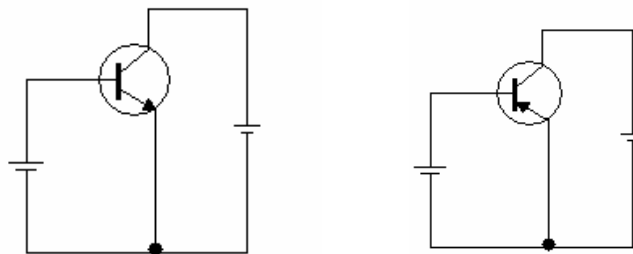
Dilihat bentuk fisiknya, transistor mempunyai berbagai macam bentuk. Gambar 3.19 menunjukkan bentuk transistor yang sering dijumpai di pasaran.



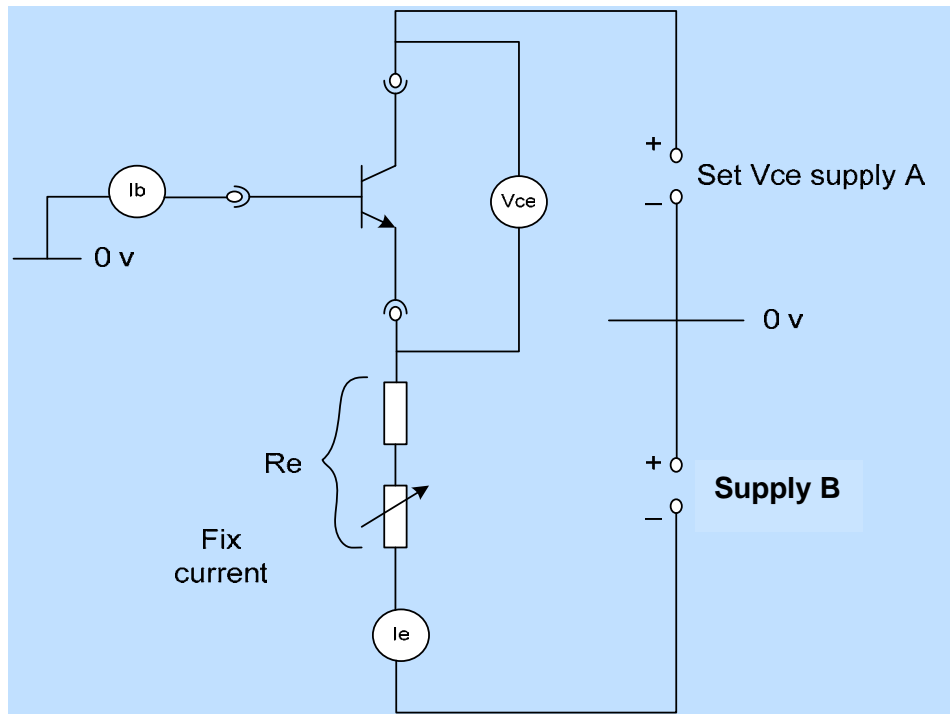
Klaus Tkotz, 2006

Gambar 3.19: Berbagai-bentuk Transistor

Transistor beroperasi secara normal bila antara emitter dan basis diberi tegangan maju (*forward*), sedang antara kolektor dan emitemnya diberi tegangan mundur (*reverse*). Dalam rangkaian sederhana digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.20: Tegangan Kerja Normal Transistor NPN dan PNP



GC Loveday, 1980, 65

Gambar 3.21: Rangkaian untuk Mengukur $h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \approx \frac{I_E}{I_B}$

Pentestan-pentestan h_{FE} pada umumnya digunakan sebagai petunjuk operasi transistor dan sebuah rangkaian sederhana untuk mengukur itu ditunjukkan pada gambar 3.21. perhatikan bahwa h_{FE} adalah sinyal dc yang besar penguatan "Common emitter atau emitter terbumi :

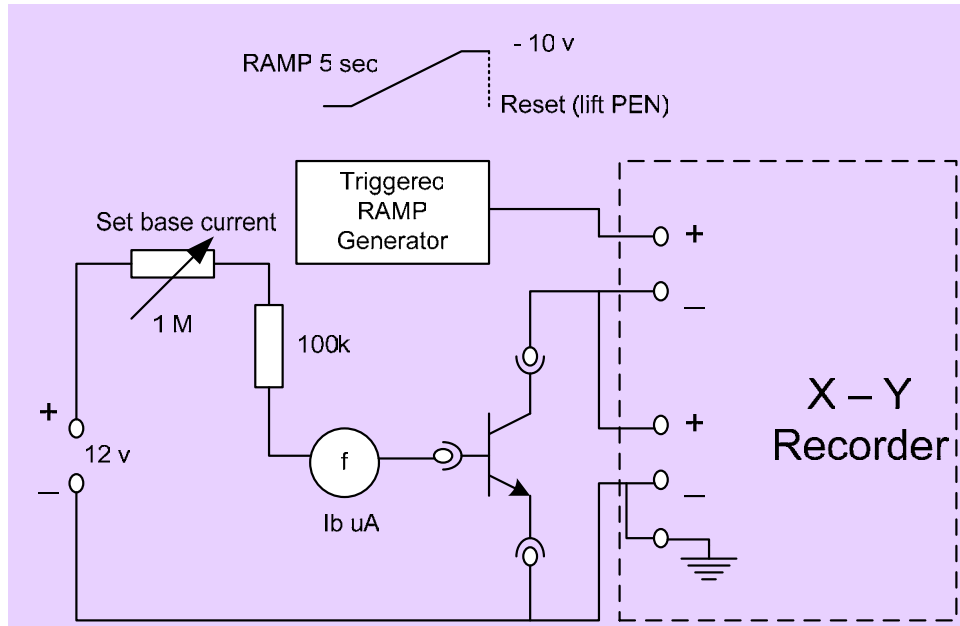
$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

Pada nilai-nilai tertentu dari V_{CE} dan I_C .

Berbagai sirkit dapat dibangun untuk mengukur dengan tepat, misalnya h_{FE} , h_{fe} maupun parameter-parameter h yang lainnya, tetapi merupakan pertanyaan.

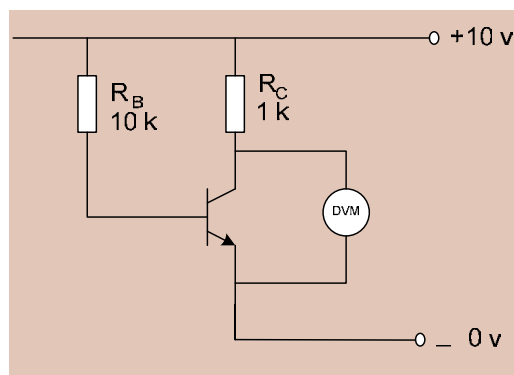
Barangkali lebih baik, jika kita membuat kurva karakteristik menggunakan misalnga "XY plotter" untuk secara otomatis menghasilkan kurva (gambar 3.22).

$V_{CE(sat)}$ biasanya ditentukan dengan $I_C/I_B = 10 : 1$. Jadi untuk men-switch transistor-transistor sebuah sirkit pentest *go/no-go* seperti pada Gambar 3.23 dengan mudah dapat dibuat dan nilai-nilai $V_{CE(sat)}$ pada nilai-nilai I_C tertentu diukur dengan voltmeter digital.



GC Loveday, 1980, 66

Gambar 3.22: Pemakaian XY Plotter untuk Mendapatkan Karakteristik Transistor.



GC Loveday, 1980, 66

Gambar 3.23: Pengukuran $V_{CE(sat)}$

$I_C = 10 \text{ mA}$ perhatikan bawah $R_B : R_C = 10 : 1$

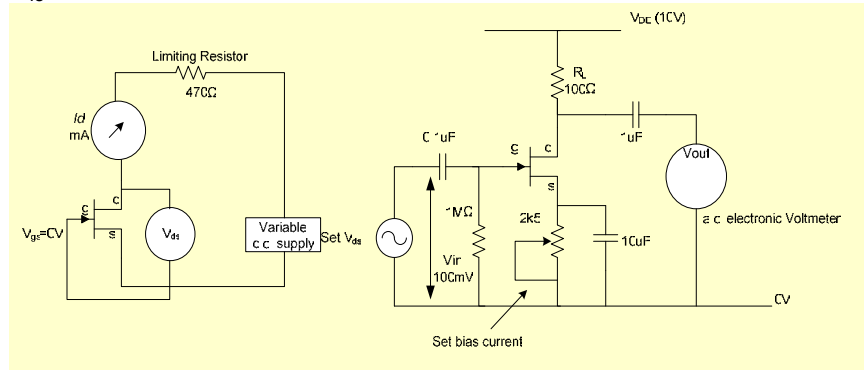
Pengukuran $V_{CE(sat)}$ pada nilai-nilai I_C diperoleh dengan mengubah-ubah nilai R_B dan R_C .

Untuk FET, parameter-parameter dapat dibuktikan kembali

$$Y_{fs} \approx \frac{\Delta I_D}{\Delta I_{GS}} \dots \text{dengan} \dots V_{DS} \dots \text{kons tan}$$

I_{DSS} , arus drain dengan $V_{GS} = 0$ dan $V_{DS} = V_P$

Sirkuit untuk memeriksa nilai-nilai tersebut diatas ditunjukkan pada gambar 3.24. Untuk Y_{fs} (atau juga disebut g_m) transkonduktansi, sirkuit itu mempunyai taraf bias tetap yang diset sedemikian rupa sehingga dapat ditetapkan suatu titik kerja. Kemudian V_{GS} divariasikan oleh sinyal dari sumber ac dan perubahan yang dihasilkan pada arus drain dicatat. Harga Y_{fs} akan sebesar 2 milliSiemen.



GC Loveday, 1980, 66

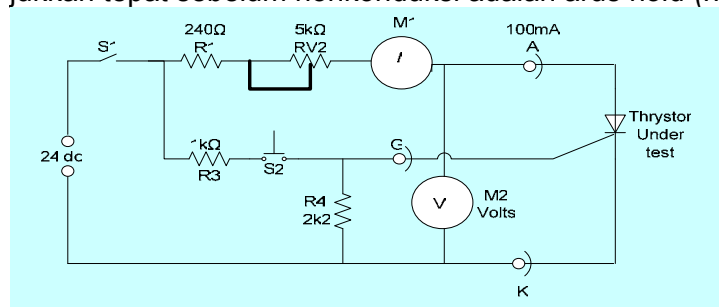
a) Pengukuran I_{dss}

b) Mengukur Y_{fs} atau g_m

Gambar 3.24: Pengukuran FET

$$Y_{fs} = \frac{V_{out}}{V_{in} \cdot R_L}$$

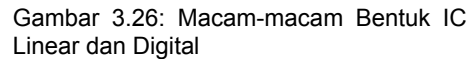
Akhirnya untuk komponen diskrit thyristor ditunjukkan sebuah sirkuit pen-test pada gambar 3.25. Sirkuit ini dapat memeriksa benar tidaknya operasi FET dengan memasang nilai-nilai khusus dari I_{GT} dan V_{GT} ke gerbang thyristor. Mula-mula R2 diset pada minimum, S1 ditutup arus meter I harus rendah (50u A) dan voltmeter harus menunjukkan 24 V. Ini disebabkan oleh karena thyristor memblok arah maju, jadi nonkonduksi. M1 harus menunjukkan kira-kira 100 mA, dan M2 menunjukkan kira-kira 1V. Selanjutnya bila R2 dinaikkan nilai arusnya berangsur-angsur menurun sampai tercapai suatu titik nonkonduksi dari thyristor itu. Arus yang ditunjukkan tepat sebelum nonkonduksi adalah arus hold (*holding current*) I_H .



GC Loveday, 1980

Gambar 3.25: Rangkaian untuk Menguji Thyristor

AL 9000 series
Microfilm Ref. 2



The figure contains two circuit diagrams. The left diagram, titled 'Good IC with Oscillate', shows a 74C14 hex inverter configured as an oscillator. It has a 2M Ω resistor and a 100k Ω resistor connected to its input, which is also connected to a 10pF capacitor. The output of the inverter is connected to an LED through a 68k Ω resistor. The right diagram, titled 'Good IC with Oscillate', shows a more complex circuit using three 74C14s and a BC107 transistor. The first 74C14 is configured as an oscillator with a 1K Ω resistor and a 10pF capacitor. Its output is connected to the input of the second 74C14. The second 74C14's output is connected to the input of the third 74C14. The third 74C14's output is connected to the base of a BC107 transistor through a 10K Ω resistor. The transistor's emitter is connected to ground, and its collector is connected to an LED through a 33k Ω resistor. Both diagrams are powered by a 5V V_{DD} supply.

GC Loveday, 1980, 67

a) Rangkaian Test IC OP-AMP (b) Rangkaian tes CMOS NAND CD 4011

III

3.15. Komponen Elektronika Optik

Suatu hal yang sangat menarik buat kalian di dalam mempelajari komponen elektronika adalah mendalami tentang komponen elektronika optik, yang lebih dikenal dengan istilah optoelektronik. Mengapa demikian ?

Karena semua komponen optoelektronik selalu berhubungan dengan cahaya, baik komponen tersebut bekerja karena ada cahaya, atau menghasilkan cahaya atau mengubah cahaya.

Baik sebagai pengingat kembali kita mulai dari pengertiannya lebih dahulu, bahwa komponen optoelektronik adalah komponen-komponen yang dipengaruhi sinar (optolistrik), komponen-komponen pembangkit cahaya (*light-emitting*) dan komponen-komponen yang mempengaruhi atau mengubah sinar.

Komponen optolistrik dapat dikategorikan sebagai:

- **Foto emisi:** disini radiasi yang mengenai katoda menyebabkan elektron-elektron diemisikan dari permukaan katoda itu, contohnya: tabung pengganda foto, LED (*Light Emitting Diode*), LCD (*Liquid Crystal Dinamic*) dan dioda laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)
- **Foto konduktif:** disini bila komponen disinari maka resistansi bahan berubah, contohnya: dioda foto (diberi tegangan mundur) dan LDR.
- **Foto voltaik:** komponen ini akan membangkitkan tegangan pada output yang sebanding dengan kekuatan radiasi, contohnya: dioda foto (tanpa diberi tegangan), *solar cell*, transistor foto, darlington foto, FET foto dan *opto electronic coupler*.

Semua jenis **foto emisi** biasanya menghasilkan sinar, perpendaran (menjadi cemerlang) sampai menghasilkan sinar yang amat kuat yang dapat mengelas logam. Pada LED akan menghasilkan sinar yang bermacam-macam warnanya tergantung dari jenis semikonduktor yang digunakan dan komponen ini umurnya panjang dan kuat sehingga saat ini banyak digunakan sebagai pengganti lampu rem pada mobil atau sepeda motor. Sedangkan perkembangan LCD sangat pesat dan banyak digunakan sebagai pengganti layar tabung monitor komputer atau TV. Pada sinar laser banyak digunakan juga pada kedokteran, pengukuran yang presisi pada industri dan lain-lain.

Untuk **foto konduktif** komponen ini akan mempunyai resistansi sangat besar (di atas 100 K Ohm) saat tidak disinari dan hanya beberapa ratus ohm saat disinari, biasanya digunakan pada lampu taman otomatis. Coba **sebagai tugas:** buat / cari rangkaian taman otomatis dengan menggunakan LDR dimana saat mulai senja maka lampu ditaman atau diteras rumah mulai menyala secara otomatis. Terangkan cara kerja rangkaian tersebut mengapa bisa demikian.

Untuk komponen **foto voltaik** akan menghasilkan tegangan / arus jika disinari, yang paling banyak digunakan saat ini adalah *solar cell* dipakai sebagai penghasil tegangan untuk pengisian baterai sebagai pengganti sumber daya saat listrik AC padam. Coba kalian cari tahu tentang hal itu.

Rangkuman

- Untuk mengurangi kemungkinan sebuah komponen rusak maka kita harus memahami keterbatasan masing-masing komponen tersebut.
- Kegagalan resistor tetap maupun variabel bisa terjadi secara berangsur-angsur dan berubah nilainya menjadi besar ataupun secara tiba-tiba terputus karena penggunaan yang salah, tetapi resistor tetap mempunyai laju kegagalan yang rendah sekali (sangat andal) dibandingkan dengan resistor variabel maupun komponen lainnya.
- Kegagalan pada kapasitor bisa terbuka atau hubung-singkat dan masing-masing jenisnya kemungkinan penyebabnya dapat berbeda-beda.
- Pada komponen semikonduktor tingkat kegagalannya cukup tinggi terutama pada saat fabrikasi, karena banyak proses yang harus dijalani yang cukup rumit.
- Kegagalan pada komponen semikonduktor bisa terbuka maupun hubung-singkat, dan komponen ini lebih peka bila dibandingkan dengan komponen pasif, jadi penanganannya harus lebih hati-hati.
- Pencegahan agar komponen tidak cepat rusak saat digunakan perlu diketahui dan diperhatikan, sehingga komponen tidak rusak dahulu sebelum dipergunakan.
- Komponen perlu juga diuji untuk meyakinkan keberadaannya, apakah masih dapat dipakai atau tidak. Pengujian dapat dilakukan secara sederhana maupun secara lebih akurat lagi dengan menggunakan rangkaian sederhana yang dapat kita rangkai sendiri.
- Komponen elektronika optik adalah komponen-komponen yang dipengaruhi sinar (optolistrik), komponen-komponen pembangkit cahaya (*light-emitting*) dan komponen-komponen yang mempengaruhi atau mengubah sinar. Terdiri dari tiga kategori, yaitu: foto emisi, foto konduksi dan foto *voltaik*.

Soal latihan Bab 3

1. Mengapa kita perlu memahami keterbatasan sebuah komponen? Berilah contohnya!
2. Sebutkan kegagalan yang dapat terjadi pada resistor tetap, dan apa penyebabnya!
3. Berilah penjelasan mengapa pada potensiometer dapat terjadi kegagala sebagian!
4. Sebutkan penyebab terjadinya kerusakan, baik terbuka maupun hubung-singkat pada kapasitor elektrolit yang banyak kita gunakan!
5. Sebutkan penyebab kegagalan pada semikonduktor saat fabrikasi secara singkat!

6. Apa yang perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan ketika kita sedang menangani komponen terutama komponen semikonduktor!
7. Sebutkan hal-hal penting apa saja yang perlu kita lakukan saat menangani komponen MOS!
8. Pengujian komponen dibagi dalam tiga bidang utama, sebutkan!
9. Buatlah rangkaian yang dapat memperagakan karakteristik dioda arah maju! Terangkan secara singkat bagaimana kerjanya!

Tugas Kelompok

Coba anda rancang secara berkelompok (maksimum 3 orang) tugas di bawah ini:

Buatlah sebuah rangkaian TEST JIG untuk IC Op-Amp, dan terangkan dengan singkat bagaimana kerjanya!

Setelah kelompok anda yakin dengan rancangan tersebut, bisa anda realisasikan saat pelajaran praktek dengan bantuan instruktur praktek yang ada.

4. PEMELIHARAAN MOTOR dan GENERATOR LISTRIK

4.1. Mesin Listrik

4.1.1. Pengertian Mesin Listrik

Di bidang listrik, mesin merupakan sebuah perangkat berupa **motor-generator**. Perbedaan istilah tersebut dibuat berdasarkan perbedaan fungsi operasinya. **Motor** ialah alat yang **mengubah energi listrik menjadi energi mekanik putaran**. Sedangkan **generator** adalah alat yang **mengubah energi mekanik menjadi energi listrik**. Jadi, sebuah mesin listrik dapat difungsikan sebagai generator, atau sebagai motor.

Terdapat dua jenis motor:

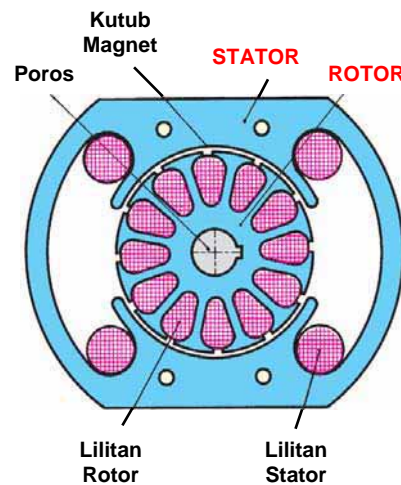
- 1) motor DC,
- 2) motor AC

Demikian pula dengan generator. Terdapat dua jenis generator:

- 1) generator AC,
- 2) generator DC

4.1.2. Konstruksi Dasar Mesin Listrik

Bagian utama mesin listrik terdiri dari dua bagian: yaitu bagian bergerak yang disebut **Rotor**, dan bagian diam yang disebut **Stator**. Masing-masing bagian mempunyai lilitan kawat. Pada Stator, lilitan kawat berfungsi sebagai pembangkit medan magnet, sedangkan pada Rotor, lilitan berfungsi sebagai pembangkit gaya gerak listrik.



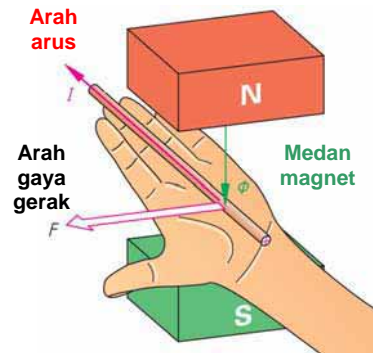
Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 427

Gambar 4.1: Konstruksi Dasar Mesin Listrik

4.1.3. Prinsip Kerja Motor dan Generator

Prinsip Arah Putaran Motor

Untuk menentukan arah putaran motor, digunakan kaedah Fleming tangan kiri. Kutub-kutub magnet akan menghasilkan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika medan magnet ini memotong sebuah kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gaya gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut gaya **Lorentz**, yang besarnya sama dengan F .



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 92

Gambar 4.2: Hukum tangan kiri untuk motor

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

Prinsip motor: aliran arus di dalam penghantar yang berada di dalam pengaruh medan magnet akan menghasilkan gerakan

F = Arah gaya penghantar (Newton)

B = kerapatan flux magnet (weber)

ℓ = panjang kawat penghantar (meter)

I = Arus DC (Ampere)

z = Jumlah penghantar

Besarnya gaya pada penghantar akan bertambah besar jika arus yang melalui penghantar bertambah besar.

Contoh 4-1: sebuah motor DC mempunyai kerapatan medan magnet 0,8T. Dibawah pengaruh medan magnet terdapat 400 kawat penghantar dengan arus 10 A. Jika panjang penghantar seluruhnya 150 mm, tentukan gaya yang ada pada anker.

Jawab:

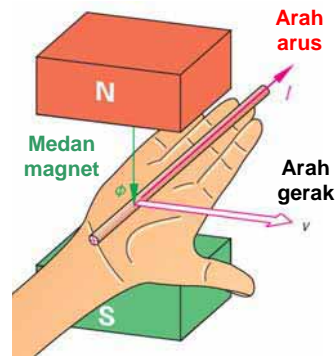
$$\begin{aligned} F &= B \cdot I \cdot \ell \cdot z = 0,8 \text{ (Vs/m}^2\text{)} \cdot 10\text{A} \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 400 \\ &= 480 \text{ (Vs.A/m)} \\ &= 480 \text{ (Ws/m)} = 480 \text{ N.} \end{aligned}$$

Prinsip Pembangkitan Tegangan pada Generator

Sepotong penghantar yang dialiri arus dan bergerak dengan kecepatan v dalam pengaruh medan magnet, akan menimbulkan tegangan induksi sebesar V .

Untuk menentukan besarnya tegangan induksi yang ditimbulkan oleh arah gerakan penghantar tersebut digunakan kaedah Flamming tangan kanan.

Medan magnet mempunyai arah dari kutub utara ke kutub selatan. Arus di dalam penghantar searah dengan empat jari, sedangkan arah gerakan searah dengan ibu jari, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 95

Gambar 4.3: Hukum tangan kanan untuk generator

- V = tegangan induksi (volt)
- B = kerapatan flux magnet (weber)
- ℓ = panjang kawat penghantar (meter)
- z = jumlah penghantar
- v = kec. gerak kawat (m/s)

$$V = B \cdot \ell \cdot v \cdot z \text{ (volt)}$$

Prinsip generator: Medan magnet dan gerakan sepotong penghantar yang dialiri arus akan menimbulkan tegangan

Contoh 4-2. Kerapatan magnet sebuah generator diketahui = 0.85 T dipotong oleh 500 kawat penghantar, dan bergerak dengan kecepatan 5 m/s. Jika panjang penghantar keseluruhan adalah 100 mm, berapaakah besarnya tegangan induksi yang dihasilkan?

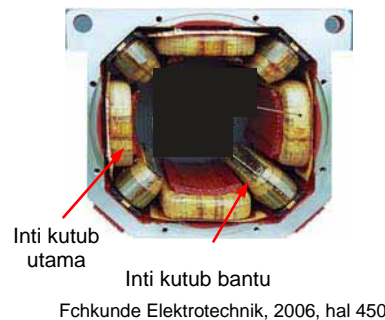
Jawab:

$$V = B \cdot \ell \cdot v \cdot z = 0.85 \text{ T} \cdot 0.1 \text{ m} \cdot 5 \text{ m/s} \cdot 500 \\ = 212.5 \text{ Volt}$$

4.2. Mesin-mesin DC

Sebuah mesin DC terdiri dari bagian **stator**, yang terdiri dari set-magnet dengan cincin baja dan lilitan kawat yang menonjol dengan **inti kutub utama**, sepatu kutub yang terbuat dari lempeng-elektro serta lilitan kawat penguat eksitasi seperti, dan inti-kutub bantu seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4. Konstruksi ini biasanya terdapat pada mesin DC berdaya maksimum 20 kW. Mesin jenis ini akan bekerja sepanjang ada magnetisasi. Untuk mesin dengan daya hingga 1 kW, terdiri dari sebuah komutator berkutub utama, yang terbuat dari baja atau lempeng elektro dengan lilitan kawat. Sepatu-sepatu kutub dari kutub utama terdapat lilitan kompensasi.

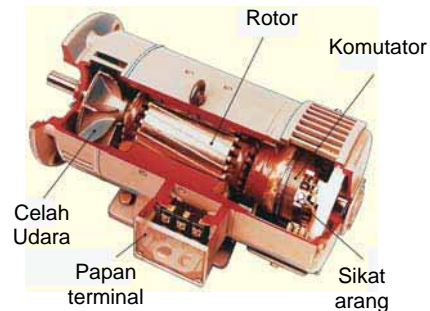
Bagian **rotor** (pada mesin DC seringkali disebut **jangkar**) terbuat dari poros baja beralur dan lilitan kawat pada alur-alur tersebut. Gambar 4.4 menunjukkan potongan sebuah mesin DC, dengan komutator di ujung motor. Sikat arang (*carbon brush*) adalah bagian dari stator. Sikat ini ditahan oleh pemegang sikat (*brush holder*)



Fchkunde Elektrotechnik, 2006, hal 450

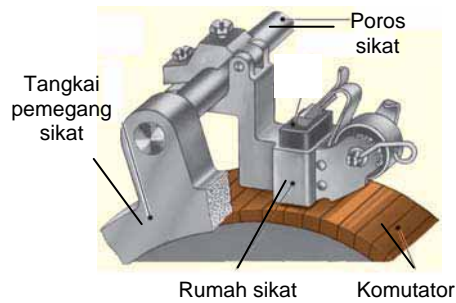
Gambar 4.4: Stator Mesin DC,

Sebuah **komutator** terdiri dari segmen-segmen tembaga, dimana setiap ujungnya disambungkan dengan ujung lilitan rotor. Komutator adalah bagian mesin listrik yang perlu sering dirawat dan dibersihkan. Bagian ini bersinggungan dengan sikat arang untuk memasukkan arus dari jala-jala ke rotor. Gambar 4.6 menunjukkan bagian dari sebuah komutator dan bagian lain yang saling berkaitan.



Fchkunde Elektrotechnik, 2006, hal 450

Gambar 4.5: Potongan Mesin DC



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 450

Gambar 4.6: Komutator & Pemegang Sikat

Salah satu kelemahan dari mesin DC adalah kontak mekanis antara komutator dan sikat arang yang harus terjaga dan secara rutin dilakukan pemeliharaan. Tetapi mesin DC juga memiliki keunggulan khususnya untuk mendapatkan pengaturan kecepatan yang stabil dan halus. Motor DC banyak dipakai di industri kertas, tekstil, kereta api diesel elektrik dan sebagainya.

4.3. Generator

Tipe Genetaor

Generator merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator digunakan di bidang yang sangat luas: di banda udara, di rumah sakit, di transportasi, komputer, di bidang konstruksi, proses industri, dan lainnya.

Pada dasarnya terdapat dua macam generator, yaitu generator AC dan DC. Pada dasarnya terdapat dua macam generator, yaitu generator AC dan generator DC. Karena generator AC menghasilkan arus AC, maka sering juga disebut sebagai alternator. Generator DC menghasilkan arus DC

4.3.1. Generator DC

Generator DC dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker).

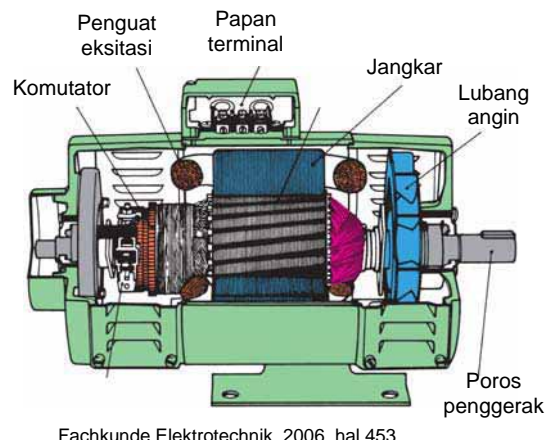
Tipe generator DC:

1. Generator penguat terpisah
2. Generator *shunt*
3. Generator kompon

1). Konstruksi Generator DC

Pada umumnya generator dibuat dengan menggunakan magnet permanen dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, startor eksitasi, penyearah, *bearing* dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor. Gambar 4.7 menunjukkan gambar potongan melintang konstruksi generator DC Generator DC terdiri dua bagian, yaitu **stator**, yaitu bagian mesin DC yang diam, dan bagian **rotor**, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri atas : rangka motor, belitan stator, sikat arang, beraing, terminal box. Bagian rotor terdiri : komutator, belitan rotor, kipas rotor, poros rotor.

Bagian yang harus menjadi perhatian untuk perawatan secara rutin adalah sikat arang yang akan memendek dan harus diganti secara periodik. Komutator harus dibersihkan dari kotoran sisa sikat arang yang menempel dan serbuk arang yang mengisi celah-celah komutator, gunakan amplas halus untuk membersihkan noda bekas sikat arang.



Fachkunde Elektrotechnik 2006 hal 453

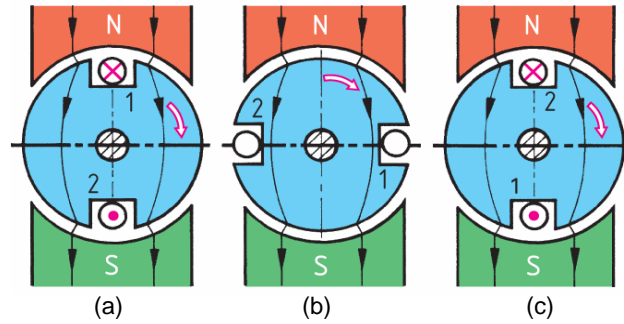
Gambar 4.7: Konstruksi Generator DC

2). Prinsip kerja Generator DC

Pembangkitan tegangan induksi oleh sebuah generator diperoleh melalui dua cara:

- 1) dengan menggunakan cincin-seret;
- 2) dengan menggunakan komutator.

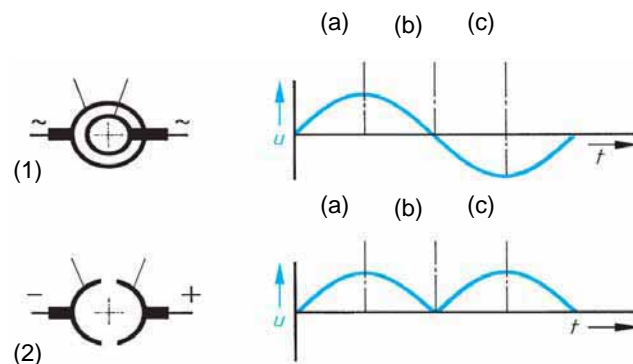
Cara 1) menghasilkan tegangan induksi bolak-balik. Sedangkan cara 2) menghasilkan tegangan DC. Proses pembangkitan tegangan-tegangan induksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 451

Gambar 4.8: Pembangkitan Tegangan Induksi

Jika rotor diputar dalam pengaruh medan magnet, maka akan terjadi perpotongan medan magnet oleh lilitan kawat pada rotor. Hal ini akan menimbulkan tegangan induksi. Tegangan induksi terbesar terjadi saat rotor menempati posisi seperti Gambar 4.8 (a) dan (c). Pada posisi ini terjadi perpotongan medan magnet (oleh penghantar) maksimum. Sedangkan posisi jangkar pada Gambar 4.8.(b), akan menghasilkan tegangan induksi nol. Hal ini karena tidak adanya perpotongan medan magnet dengan penghantar pada jangkar atau rotor. Daerah medan ini disebut daerah netral.



Fachkunde Elektrotechnik. 2006. hal 451

Gambar 4.9: Tegangan Rotor yang dihasilkan melalui cincin-seret dan komutator

Jika ujung belitan rotor dihubungkan dengan *slipring* berupa dua cincin (ini disebut cincin seret), seperti ditunjukkan Gambar 4.9.(1), maka dihasilkan listrik AC berbentuk sinusoidal.

Bila ujung belitan rotor dihubungkan dengan komutator satu cincin Gambar 4.9.(2) dengan dua belahan, maka dihasilkan listrik DC dengan dua gelombang positif

Rotor dari generator DC akan menghasilkan tegangan induksi bolak-balik. Sebuah komutator berfungsi sebagai penyearah tegangan AC

Besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sebuah generator DC sebanding banyaknya putaran dan besarnya arus eksitasi (arus penguat medan).

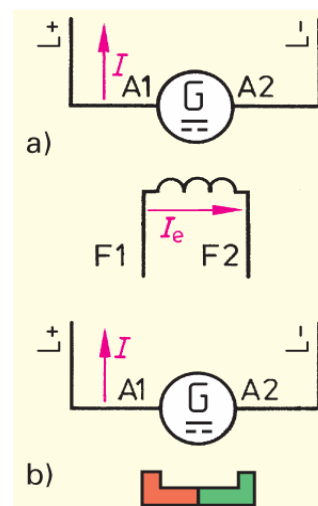
4.3.2. Generator Penguat Terpisah

Pada generator terpisah, belitan eksitasi (penguat eksitasi) tidak terhubung menjadi satu dengan rotor.

Terdapat dua jenis generator penguat terpisah:

- 1) Penguat elektromagnetik (Gambar 4.10.a);
- 2) Magnet permanen (Gambar 4.10.b).

Energi listrik yang dihasilkan oleh penguat elektromagnet dapat diatur melalui pengaturan tegangan eksitasi. Pengaturan dapat dilakukan secara elektronik atau magnetik. Generator ini bekerja dengan catu daya DC dari luar yang dimasukkan melalui belitan F1-F2.

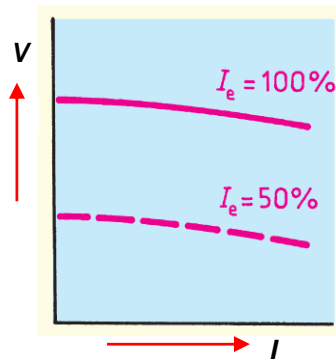


Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 452

Gambar 4.10: Generator Penguat Terpisah

Penguat dengan magnet permanen menghasilkan tegangan output generator yang konstan dari terminal rotor A1-A2. Karakteristik tegangan V relatif konstan dan tegangan akan menurun sedikit ketika arus beban I dinaikkan mendekati harga nominalnya.

Gambar 4.11 menunjukkan karakteristik generator penguat terpisah saat eksitasi penuh (I_e 100%) dan saat eksitasi setengah penuh (I_e 50%). I_e adalah arus eksitasi, I adalah arus beban. Tegangan output generator akan sedikit turun jika arus beban semakin besar. (2) Kerugian tegangan akibat reaksi jangkar; (3). Perurunan tegangan akibat resistansi jangkar dan reaksi jangkar, selanjutnya mengakibatkan turunnya pasokan arus penguat ke medan magnet sehingga tegangan induksi menjadi kecil.

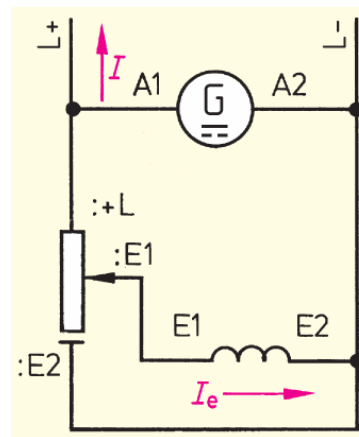


Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 452

Gambar 4.11: Karakteristik Generator Penguat Terpisah

4.3.3. Generator Shunt

Pada generator *shunt*, penguat eksitasi E1-E2 terhubung paralel dengan rotor (A1-A2). Tegangan awal generator diperoleh dari magnet sisa yang terdapat pada medan magnet stator. Rotor berputar dalam medan magnet yang lemah, dihasilkan tegangan yang akan memperkuat medan magnet stator, sampai dicapai tegangan nominalnya. Pengaturan arus eksitasi yang melewati belitan *shunt* E1-E2 diatur oleh tahanan geser. Makin besar arus eksitasi *shunt*, makin besar medan penguat *shunt* yang dihasilkan, dan tegangan terminal meningkat sampai mencapai tegangan nominalnya. Diagram rangkaian generator *shunt* dapat dilihat pada Gambar 4.12.

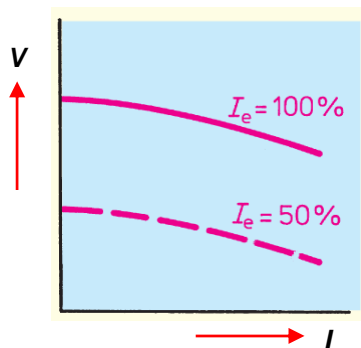


Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 542

Gambar 4.12: Diagram Rangkaian Generator Shunt

Karakteristik Generator *Shunt*.

Generator *shunt* mempunyai karakteristik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12. Tegangan output akan turun lebih banyak dibandingkan output generator terpisah untuk kenaikan arus beban yang sama. Sebagai sumber tegangan, karakteristik ini tentu kurang baik. Seharusnya generator-generator tersebut diatas mempunyai tegangan output konstan.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 452

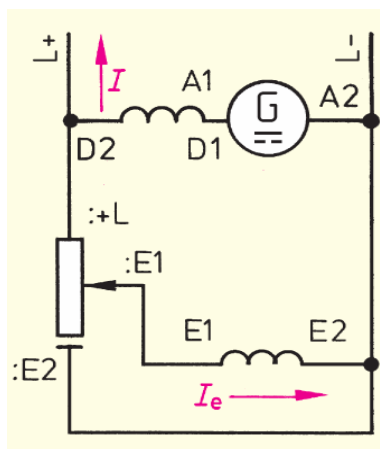
Gambar 4.13: Karakteristik Generator *shunt*

Jika generator *shunt* tidak mendapatkan arus eksitasi, maka sisa magnetisasi tidak akan ada, atau jika belitan eksitasi salah sambung atau jika arah putaran terbalik, atau rotor terhubung-singkat, maka tidak akan ada tegangan atau energi listrik yang dihasilkan oleh generator tersebut.

4.3.4. Generator Kompon

Kelemahan dari kedua tipe generator diatas (tegangan output akan turun jika arus beban naik), diperbaiki dengan menggunakan generator kompon.

Generator kompon mempunyai dua penguat eksitasi pada inti kutub utama yang sama. Satu penguat eksitasi merupakan penguat *shunt*, dan lainnya merupakan penguat seri. Diagram rangkaian generator kompon ditunjukkan pada Gambar 4.14. Pengatur medan magnet (D1-D2) terletak di depan belitan *shunt*.

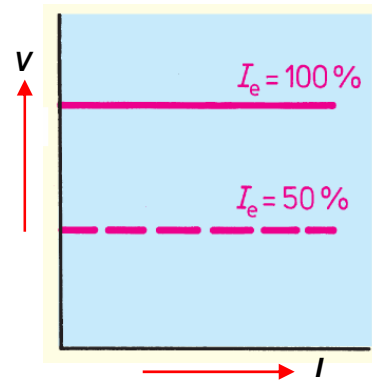


Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 452

Gambar 4.14: Diagram Rangkaian Generator kompon

Karakteristik Generator Kompon.

Gambar 4.15 menunjukkan karakteristik generator kompon. Tegangan output generator terlihat konstan dengan pertambahan arus beban, baik pada arus eksitasi penuh maupun eksitasi 50%. Hal ini disebabkan oleh adanya penguatan lilitan seri, yang cenderung naik tegangannya jika arus beban bertambah besar. Jadi ini merupakan kompensasi dari generator *shunt*, yang cenderung turun tegangannya jika arus bebannya naik.



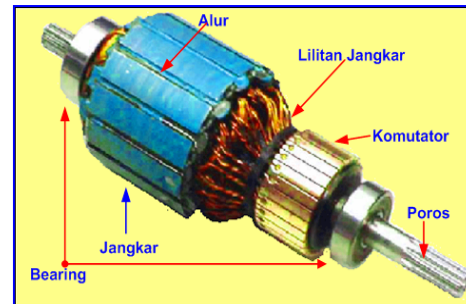
Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 452

Gambar 4.15: Karakteristik Generator Kompon

4.3.5. Jangkar Generator DC

Jangkar adalah tempat lilitan pada rotor yang berbentuk silinder beralur. Belitan tersebut merupakan tempat terbentuknya tegangan induksi. Pada umumnya jangkar terbuat dari bahan yang kuat mempunyai sifat feromagnetik dengan permeabilitas yang cukup besar.

Permeabilitas yang besar diperlukan agar lilitan jangkar terletak pada daerah yang induksi magnetnya besar, sehingga tegangan induksi yang ditimbulkan juga besar. Belitan jangkar terdiri dari beberapa kumparan yang dipasang di dalam alur jangkar. Tiap-tiap kumparan terdiri dari lilitan kawat atau lilitan batang.

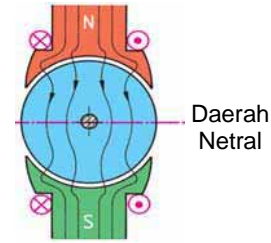


Gambar 4.16: Jangkar Generator DC

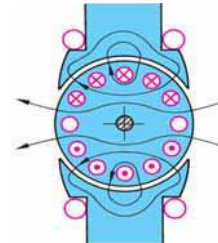
4.3.6. Reaksi Jangkar

Fluks magnet yang ditimbulkan oleh kutub-kutub utama dari sebuah generator saat tanpa beban disebut **Fluks Medan Utama** (Gambar 4.17).

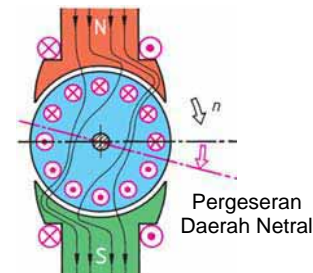
Fluks ini memotong lilitan jangkar sehingga timbul tegangan induksi. Bila generator dibebani maka pada penghantar jangkar timbul arus jangkar. Arus jangkar ini menyebabkan timbulnya fluks pada penghantar jangkar tersebut dan biasa disebut **Fluks Medan Jangkar** (Gambar 4.18). Munculnya medan jangkar akan memperlemah medan utama yang terletak disebelah kiri kutub utara, dan akan memperkuat medan utama yang terletak di sebelah kanan kutub utara. Pengaruh adanya interaksi antara medan utama dan medan jangkar ini disebut **reaksi jangkar**. Reaksi jangkar ini mengakibatkan medan utama tidak tegak lurus pada garis netral n , tetapi bergeser sebesar sudut α . Dengan kata lain, garis netral akan bergeser. Pergeseran garis netral akan melemahkan tegangan nominal generator. Untuk mengembalikan garis netral ke posisi awal, dipasangkan medan magnet bantu (interpole atau kutub bantu), seperti ditunjukkan pada Gambar 4.20(a). Lilitan magnet bantu berupa kutub magnet yang ukuran fisiknya lebih kecil dari kutub utama. Dengan bergesernya garis netral, maka sikat yang diletakkan pada permukaan komutator dan tepat terletak pada garis netral n juga akan bergeser. Jika sikat dipertahankan pada posisi semula (garis netral), maka akan timbul percikan bunga api, dan ini sangat berpotensi menimbulkan kebakaran atau bahaya lainnya. Oleh karena itu, sikat juga harus digeser sesuai dengan pergeseran garis netral. Bila sikat tidak digeser maka komutasi akan jelek, sebab sikat terhubung dengan penghantar yang mengandung tegangan.



Gambar 4.17: Medan Eksitasi Generator DC

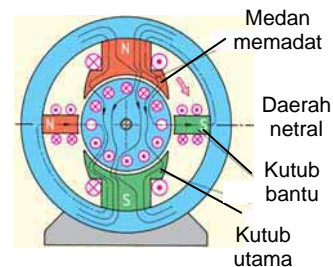


Gambar 4.18: Medan Jangkar dari Generator DC



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 454

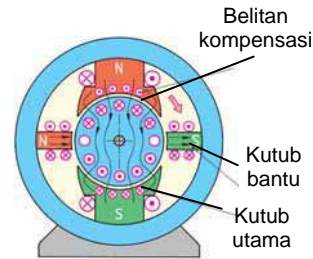
Gambar 4.19: Reaksi Jangkar



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 455

Gambar 4.20(a): Generator dengan Kutub Bantu

Reaksi jangkar ini dapat juga diatasi dengan kompensasi yang dipasang pada kaki kutub utama baik pada lilitan kutub utara maupun kutub selatan. Kini dalam rangkaian generator DC memiliki tiga lilitan magnet, yaitu lilitan magnet utama, lilitan magnet bantu (interpole) dan lilitan magnet kompensasi. Gambar 4.20 (a) dan (b) menunjukkan generator dengan komutator dan lilitan kompensasinya.



Gambar 4.20(b): Generator Kutub Utama, Kutub Bantu, Belitan Kompensasi

4.4. Motor DC

4.4.1. Tipe Motor DC

Sebuah motor listrik adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Konstruksi motor dan generator pada dasarnya adalah sama. Motor DC mengembangkan momen yang besar dan memungkinkan pengaturan jumlah putaran tanpa tahapan. Jumlah putaran motor dapat melebihi medan putarnya.

Berdasarkan sumber arus kemagnetan untuk kutub magnet, maka motor listrik dibedakan menjadi dua tipe, yaitu:

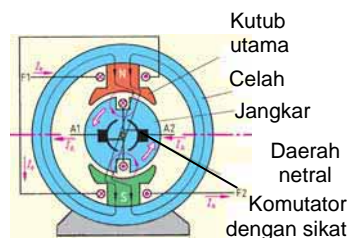
- 1) **Motor DC dengan penguat terpisah**, bila arus untuk lilitan kutub magnet berasal dari sumber arus searah yang terletak di luar motor.
- 2) **Motor DC dengan penguat sendiri**, bila arus untuk lilitan kutub magnet berasal dari motor itu sendiri.

Sedangkan berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar untuk motor dengan penguat sendiri dapat dikelompokkan menjadi :

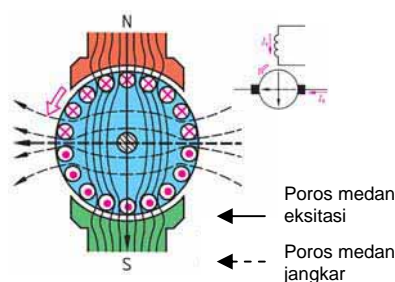
- 1) Motor *Shunt*
- 2) Motor *Seri*

4.4.2. Prinsip Kerja Motor DC

Secara umum konstruksi motor dan generator DC adalah sama, yaitu terdiri dari stator dan rotor. Motor-motor DC pada awalnya membutuhkan momen gerak (gaya torsi) yang besar dan tidak memerlukan kontrol kecepatan putar. Kecepatan putar motor selanjutnya akan dikontrol oleh medan magnet. Pada motor DC dengan penguat terpisah, sumber eksitasi didapat dari luar, misalnya dari aki. Terjadinya gaya torsi pada jangkar disebabkan oleh hasil interaksi dua garis medan magnet. Kutub magnet menghasilkan garis medan magnet dari utara-selatan melewati jangkar. Lilitan jangkar yang dialiri arus listrik DC menghasilkan magnet dengan arah kekiri ditunjukkan anak panah (Gambar 4.22).



Gambar 4.21: Medan Eksitasi dan Medan Jangkar



Fachkunde Elektrotechnik, 2006

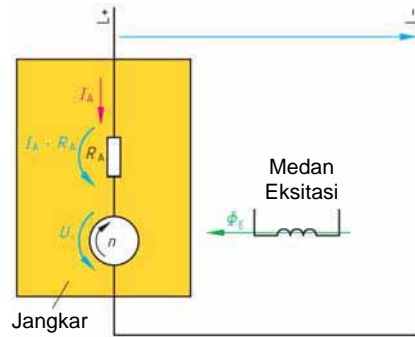
Gambar 4.22: Medan Eksitasi dan Medan Jangkar

Interaksi kedua magnet berasal dari stator dengan magnet yang dihasilkan jangkar mengakibatkan jangkar mendapatkan gaya torsi putar berlawanan arah jarus jam. Untuk mendapatkan medan magnet stator yang dapat diatur, maka dibuat belitan elektromagnet yang dapat diatur besarnya arus eksitasinya.

Mesin DC dapat difungsikan sebagai generator DC maupun sebagai motor DC. Saat sebagai generator DC fungsinya mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Sedangkan sebagai motor DC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

4.4.3. *Starting* dan Kontrol Kecepatan Motor DC

Motor-motor DC mempunyai resistansi jangkar sangat kecil. Jika motor ini seketika dihubungkan pada tegangan yang besar, maka arus yang mengalir pada resistansi jangkar (R_A) akan sangat besar, dan ini akan menimbulkan hentakan. Oleh karena itu, pada motor-motor DC yang besar diperlukan *starting* resistansi (R_v) yang digunakan untuk menghambat arus *starting*. Besarnya $R_v = R - R_A$, dimana R = resistansi total pada jangkar.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 458

Gambar 4.23. Rangkaian Ekuivalen Jangkar

Contoh 4-3. Sebuah motor DC mempunyai resistansi jangkar 0.5Ω . Arus jangkar I_A terukur 10 A pada tegangan jangkar 220 V . Jika besarnya kelipatan arus jangkar adalah $1.5 I_A$, berapakah resistansi *starting* yang diperlukan?

Jawab:

$$\text{Resistansi total jangkar, } R = \frac{V_A}{1.5 \cdot I_A} = 220 \text{ V} / (1.5 \cdot 10 \text{ A}) = 14.7 \Omega$$

$$\text{Resistansi starting yang diperlukan: } R_v = R - R_A = 14.7 - 0.5 = 14.2 \Omega$$

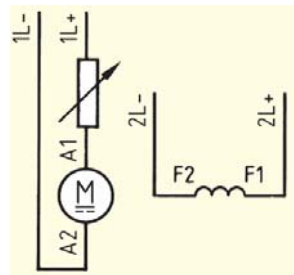
4.4.4. Karakteristik Motor DC

a). Karakteristik Motor Penguat Terpisah

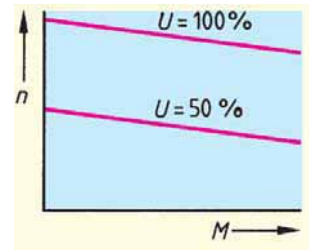
Pada motor dengan penguat terpisah, arus eksitasinya tidak tergantung dari sumber tegangan yang mencatunya. Putaran jangkar akan turun dengan naiknya momen torsi, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.25b.

b). Karakteristik Motor Shunt

Rangkaian eksitasi motor shunt terletak paralel dengan jangkar. Putaran akan turun dengan naiknya momen torsi. Pada kondisi tanpa beban, karakteristik motor shunt mirip dengan motor dengan penguat terpisah.

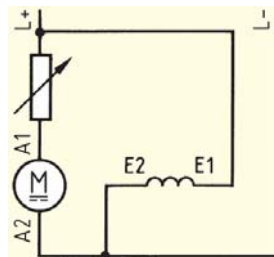


a. Rangkaian Ekuivalen Motor Penguat Terpisah

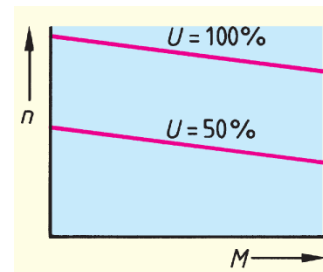


b. Karakteristik Motor Penguat Terpisah

Gambar 4.24. Karakteristik Motor Penguat Terpisah



a. Rangkaian Ekuivalen Motor Penguat *Shunt*



b. Karakteristik Motor Penguat *Shunt*

Fachkunde Elektrotechnik, 2206, hal 460

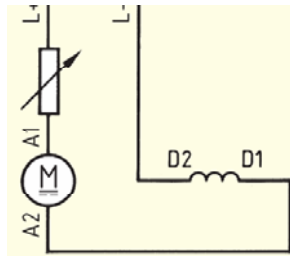
Gambar 4.25. Karakteristik Motor *Shunt*

c). Karakteristik Motor Seri.

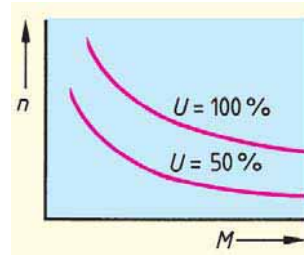
Rangkaian eksitasi motor seri dipasang secara seri terhadap jangkar. Diantara jenis motor DC lainnya, motor seri memerlukan momen torsi awal paling besar. **Hal yang perlu diperhatikan, bahwa motor seri tidak boleh dioperasikan dalam kondisi tanpa beban.**

d). Karakteristik Motor Kompon

Pada motor kompon, kutub utama berisi rangkaian seri dan paralel. Dalam kondisi tanpa beban, motor kompon mempunyai sifat seperti motor shunt. Pada kondisi beban terpasang, dengan momen torsi yang sama, akan didapat putaran sedikit lebih tinggi.

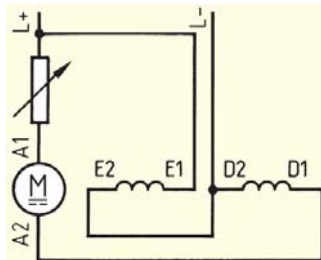


a). Rangkaian Ekuivalen Motor Seri

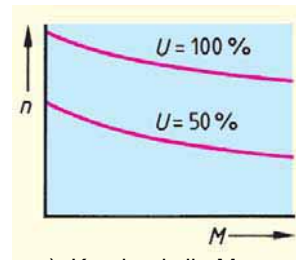


a). Karakteristik Motor Seri

Gambar 4.26. Karakteristik Motor Seri



a). Rangkaian Ekuivalen Motor Kompon



a). Karakteristik Motor Kompon

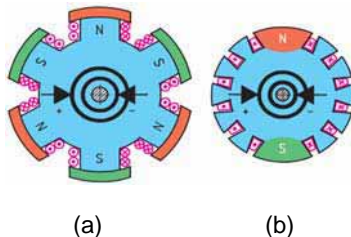
Fachkunde Elektrotechnik, 2206, hal 460

Gambar 4.27. Karakteristik Motor Kompon

4.5. Generator (AC) Sinkron

Generator sinkron merupakan mesin yang menghasilkan energi listrik AC. Seperti halnya motor, generator juga mempunyai konstruksi yang terdiri dari bagian yang diam (stator) dan Bagian yang bergerak (rotor). Gambar 4.23 adalah rotor dari generator sinkron.

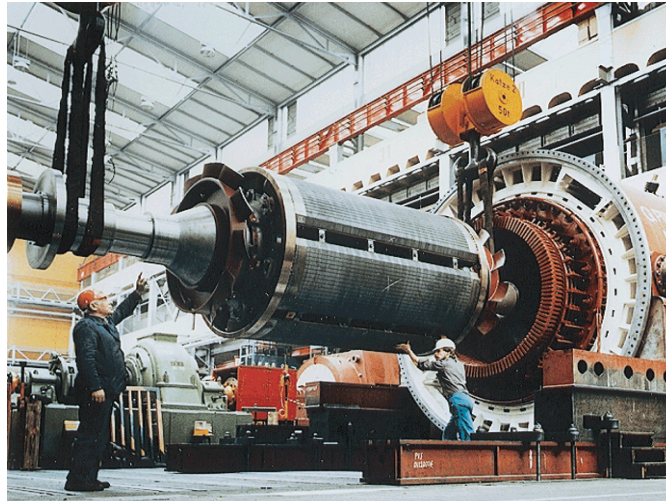
Tegangan induksi yang dihasilkan oleh generator sinkron tergantung pada arus eksitasi dan jumlah putaran. Frekuensi tegangan AC yang dihasilkan tergantung dari jumlah putaran radial kutub. Tegangan dapat diatur melalui pengaturan arus eksitasi.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 448

Gambar 4.28: Tipe Rotor dari Generator Sinkron, (a) 3-kutub, (b) 1-kutub

Besarnya tegangan AC yang dihasilkan oleh generator sinkron ditentukan oleh jumlah putaran rotor dan oleh besarnya arus eksitasi. Sedangkan frekuensi tegangan AC ditentukan oleh jumlah putaran radial rotor.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 448

Gambar 4.29. Generator Sinkron 6 Kutub

Generator-Sinkron *Shunt*

Sebuah generator (AC) sinkron dapat disambungkan secara paralel ke generator sinkron lainnya atau ke tegangan jala-jala jika tegangan sesaat (tegangan ac) keduanya sama dengan tegangan generator yang disambungkan. Dengan generator yang tersambung paralel, maka generator-generator tersebut akan mempunyai tegangan dengan fase sama, frekuensi sama dan nilai efektif yang sama pula.

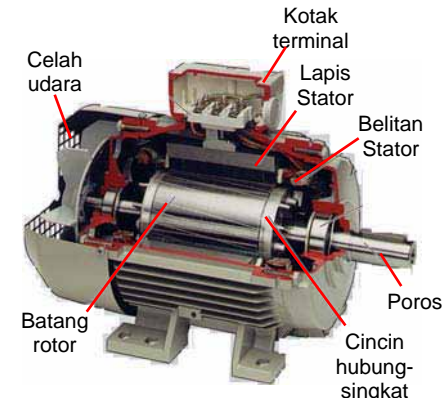
4.6. Motor Induksi Tiga Fasa

Motor-motor induksi merupakan motor asinkron. Motor asinkron adalah motor yang paling penting. Stator medan putar akan menginduksi rotor dengan suatu nilai tegangan. Melalui tegangan tersebut rotor dapat berputar. Tipe motor asinkron dibedakan berdasarkan konstruksi rotornya.

Motor-motor asinkron adalah motor induksi. Arus rotor didapatkan dari induksi lilitan stator

4.6.1. Konstruksi Motor dengan Rotor Terhubung-singkat.

Sebuah motor induksi secara umum terdiri dari bagian stator dan Rotor. **Bagian stator** terdiri dari rumah stator dan lilitan stator. Konstruksi stator berlapis-lapis dan membentuk alur untuk lilitan kawat. Ujung kumparan dihubungkan ke terminal untuk memudahkan penyambungan dengan sumber tegangan. Setiap lilitan stator mempunyai beberapa kutub. Jumlah kutub akan menentukan kecepatan motor. **Bagian rotor** terdiri dari sangkar beralur dan lapisan lilitan yang terpasang menyatu. Rotor terbuat dari aluminium atau tembaga.



Fachkunde Elektrotechnik 2006 hal 428

Gambar 4.30: Gambar Potongan Arus Putar-Rotor dari Motor Terhubung-singkat

4.6.2. Prinsip Kerja

Prinsip kerja motor induksi atau terjadinya putaran pada motor, bisa dijelaskan sebagai berikut :

- Bila kumparan stator diberi suplai tegangan tiga fasa , maka akan terjadi medan putar dengan kecepatan $N_s = \frac{120.f}{P}$
 N_s = jumlah putaran atau kecepatan motor (rpm)
 f = frekuensi sumber daya (Hz)
 P = jumlah kutub-magnet
- Medan putar stator tersebut akan menginduksi penghantar yang ada pada rotor, sehingga pada rotor timbul tegangan induksi.
- Tegangan yang terjadi pada rotor menyebabkan timbulnya arus pada penghantar rotor.
- Selanjutnya arus di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.

- Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk menanggung kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
- Supaya timbul tegangan induksi pada rotor, maka harus ada perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (N_s) dengan kecepatan putar rotor (N_r). Perbedaan kecepatan antara N_r dengan N_s disebut Slip (S), dan dinyatakan dengan persamaan

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$$

$$S = \text{Slip}$$

$$N_s = \text{jumlah putaran motor atau kecepatan motor}$$

$$N_r = \text{jumlah putaran stator}$$
- Bila $N_r = N_s$ tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, sehingga tidak dihasilkan kopel. Kopel pada motor akan terjadi bila N_r lebih kecil dari N_s .

Contoh 4-4. Sebuah motor putar 4-kutub untuk frekuensi 50 Hz, mempunyai kecepatan putar 1440 1/mnt. Berapakah besarnya slip?

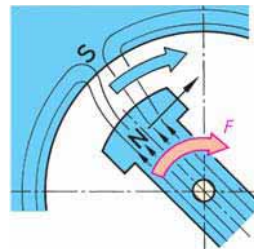
Jawab: $n_s = f/p = (50 \text{ Hz})/2 = 25 \text{ 1/s} = 1500 \text{ 1/mnt}$

$$s = (n_s - n)/n_s \times 100\% = (1500 - 1440)/1500 \times 100\% = 4\%$$

Motor-motor asinkron memerlukan slip untuk membangkitkan induksi arus pada rotornya.

4.7. Motor Sinkron

Konstruksi motor sinkron adalah sama dengan motor asinkron. Di dalam stator terdapat lilitan arus putar untuk membangkitkan medan-putar magnet. Rotor dengan kepingan-kepingan inti kutub berisi lilitan eksitasi melalui cincin-seret arus searah. Rotor ini akan menjadi elektro-magnet (radial-kutub). Jumlah kutub sama besarnya dengan jumlah lilitan stator kutub tersebut.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 439

Gambar 4.31: Pemberian Daya pada Rotor

Keunggulan dari motor sinkron ialah bila diputar menjadi generator sinkron. Untuk mulai berputar, sebuah motor sinkron memerlukan bantuan putaran awal.

4.8. Pemeliharaan Motor dan Generator

4.8.1. Pemeliharaan Motor

Saat mendeteksi kerusakan pada motor, penting bagi seorang teknisi untuk mengikuti prosedur, sehingga akan menghemat waktu perbaikan, pengecekan, dan penggantian suku cadang. Kerusakan pada motor biasanya mudah diketahui melalui pengecekan komponen secara sederhana. Untuk itu seorang teknisi harus mengerti betul fungsi-fungsi dari setiap komponen sehingga ia dapat menganalisis dan memperbaiki kerusakan motor tersebut.

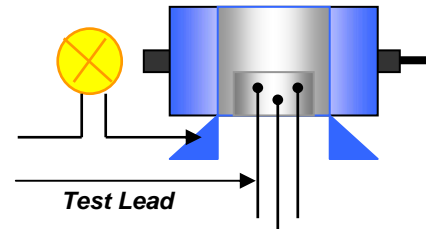
Analisis kerusakan motor sebaiknya diawali dengan mendengar atau **inspeksi visual**. Pertama, periksalah motor dari kerusakan yang mudah terlihat, misalnya pecahnya bel, cangkang motor, lubang tangkai rotor yang menciut atau membeku, atau belitan kawat yang terbakar. Semua problem ini dapat segera diatasi dengan mengisolasi bagian yang rusak. Suara berisik motor atau lubang tangkai rotor yang membeku biasanya menjadi tanda-tanda utama dari kerusakan *bearing*. Periksa motor dari adanya kerusakan *bearing* dengan cara memutar tangkai rotor, kemudian cobalah untuk menggerakkan tangkai rotor tersebut naik turun. Tangkai rotor yang tidak berputar, terasa seret, atau bermasalah saat bergerak mungkin mengindikasikan adanya kerusakan *bearing*.

Teknik dasar yang digunakan dalam pemeriksaan kerusakan motor listrik meliputi:

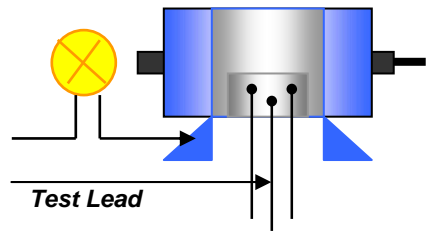
- 1). *Test lamp*
- 2). Pengukuran arus,
- 3). *Growler*, dan
- 4). Megohmeter.

1). Pengujian *Test-Lamp*

Sebelum teknisi mencoba menjalankan motor, ia sebaiknya mengetes terlebih dahulu motornya untuk men-cek kerusakan rangkaian seperti rangkaian yang mengalami *ground*, hubungan pendek, dan rangkaian terbuka. Dalam penjelasan sebelumnya, hasil *ground* dari *winding* membuat kontak elektrikl dengan semua bagian berbahan metal di motor tersebut. Hasil *ground* yang buruk akan menginsulasi hubungan kawat antara stator dan bel peringatan. Motor yang mempunyai *ground winding* mungkin disebabkan oleh reaksi se-ker-ing, panas berlebih, atau kekurangan daya. *Shock* dapat disebabkan oleh motor yang mengalami pentanahan (*grounded*). Oleh karena itu, perawatan harus sering dilakukan saat pengecekan *grounded* motor.



Gambar 4.32: Pengecekan Motor untuk Pentanahan (*ground*) dengan *test-lamp*



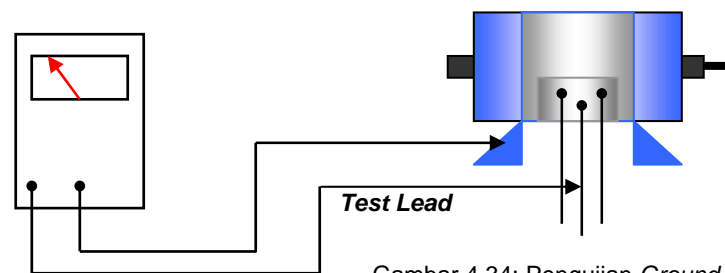
Gambar 4.33: *Test-lamp* (*open circuit test*)

Untuk mengecek motor dari pentanahan, hubungkan sebuah *lead tes lampu* dengan salah satu dari *lead* motor. Kemudian, sambungkan *test lamp* yang lain (teknik *test lamp*) ke stator atau rangka motor. Lampu menyala mengindikasikan motor dalam keadaan terhubung ke *ground*. Gambar 4.33 mengilustrasikan prosedur pengecekan ini. Rangkaian terbuka menyebabkan berhentinya pergerakan motor karena aliran arus terhenti. Motor tidak akan berjalan dengan rangkaian terbuka. Biasanya, jika salah satu dari tiga fasa terbuka maka motor tidak akan bergerak. Untuk menentukan apakah ada rangkaian terbuka di motor tersebut hubungkan test lamp lead ke kawat lead motor. Jika lampu tidak menyala, itu berarti ada rangkaian terbuka di dalam motor. Namun jika lampu menyala, maka rangkaian tertutup dengan baik. Gambar 4.34 mengilustrasikan prosedur ini. Sirkuit pendek di motor disebabkan oleh kerusakan di motor karena dua kawat di motor terhu-bung dan menyebabkan hubungan arus pendek (*korsleting*). Jika bacaan di amperage melebihi ampere yang tertera di plat nama mo-tor, motor mungkin mengalami *korsleting*. Tetaplah mempertimbang-kan faktor-faktor lain seperti *low-line voltage*, kerusakan laker, atau motor mengalami beban yang terlalu berat, dapat menyebabkan motor menarik arus berlebih.

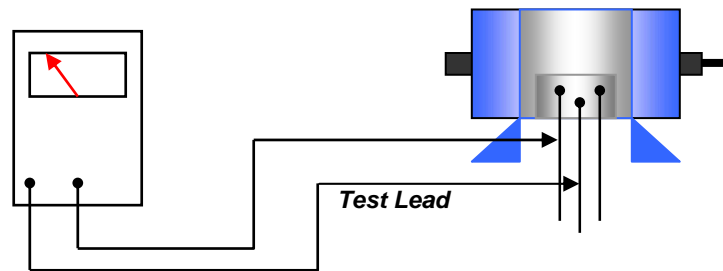
Motor berasap dikarenakan suhu tinggi menyebabkan korsleting pada fasa. Motor dengan sirkuit pendek dapat mengalami kenaikan suhu, panas motor, gagal dihidupkan, atau berjalan pelan. Suara gerungan kerap ada pada motor kecil. Jika *power* dialirkan ke motor satu fasa dan saat itu motor menggerung, putarlah *shaft* dengan tangan anda. Jika motor mulai berputar, maka masalah ada pada rangkaian untuk *starting*. Jika motor bergerak tidak teratur, bergerak pelan, kemudian mulai lagi, problem berasal dari sirkuit penggerak.

2). Pengujian Megohmmeter

Selain dengan cara-cara tersebut, pengecekan motor paling baik dilakukan dengan megohmmeter (gambar 4.28). Untuk pengecekan motor yang mengalami *ground*, hubungkan salah satu ujung megohmmeter ke rangka motor (*motor frame*) dan ujung lainnya ke salah satu terminal motor. Motor yang mengalami *ground* akan terbaca sebagai nol atau sekitar nol di penunjuk megohmmeter. Untuk pengecekan rangkaian terbuka hubungkan megohmmeter ke setiap bagian fasa motor. Motor yang mengalami rangkaian terbuka akan menunjukkan angka tinggi di megohmmeter. Ohmmeter juga dapat digunakan untuk pengecekan motor *ground* dan rangkaian terbuka.



Gambar 4.34: Pengujian *Ground* dengan Megohmmeter



Gambar 4.35: Pengujian *open circuit* dengan Megohmmeter

Cara lain untuk mengecek *field windings* untuk hubungan pendek adalah membongkar motor dan memberikan voltasi kecil ke *stator winding*. Setiap koil sekarang berfungsi sebagai elektromagnet. Tempatkan gagang obeng di setiap koil dan tariklah keluar secara perlahan dengan memperhatikan tarikan magnetik yang ditimbulkan. Setiap koil seharusnya memiliki besar tarikan magnet yang sama. Koil yang tarikan magnetnya paling rendah mungkin mengalami hubungan pendek. Jika anda menyentuh setiap koil dan menemukan bahwa salah satunya lebih panas dari yang lain, maka koil terpanas itu mungkin mengalami hubungan pendek.

Sebelum membongkar motor, tandai dua *end bell* dan rangka sebagai referensi untuk yang lainnya. Biasanya, dua tanda ini satunya mengindikasikan bagian depan motor, dan satunya lagi mengindikasikan bagian belakang motor. Menandai motor akan memudahkan teknisi memasang kembali bagian-bagian dari motor tersebut. *Shaft* bagian depan juga sebaiknya diberi tanda. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan tanda X pada ujung *shaft*. Bodi juga harus diberi tanda sebagai referensi pada bagian depan motor. Banyak teknisi menggoreskan tanda di *shaft* rotor dengan menggunakan pisau atau kikir kecil, mengindikasikan posisi sebenarnya dari rotor. Tanda ini biasanya ditempatkan di bagian depan *shaft* yang lebih dekat dari bagian belakang *bell*.

Untuk memeriksa pentanahan (*ground*) pada motor, biasanya kita perlu membongkar motor dan mencatat lilitan untuk meletakkan bagian dari rangkaian yang berhubungan dengan metal-metal pada motor. Setelah menempatkan dan mengoreksi masalah, bersihkan lilitan jika kotor atau berarang. Bersihkan lilitan dengan cairan pelarut (*solvent*). Penginsulasian kembali lilitan dengan menyemprotkan *coat epoxy* atau air-drying lain yang menginsulasi enamel. Jika *coat epoxy* tampak, berarti motor tersebut lembab. Keringkan dengan *warm oven* atau kipas angin.

Sumber penyebab rangkaian terbuka antara lain cacat saklar atau sentrifugal saklar yang tidak sempurna, cacat kapasitor, atau kerusakan kawat di rangkaian motor. Dalam penempatan rangkaian terbuka di motor yang memiliki kapasitor, periksalah terlebih dahulu kapasitornya. Ada beberapa cara untuk mengecek kondisi kapasitor. Pertama, dengan cara mengganti kapasitor tersebut dengan kapasitor baru yang mempunyai rating yang sama. Jika rangkaian terbuka tidak berfungsi, berarti kapasitor yang digunakan salah. Cara lain untuk mengetes kapasitor adalah dengan *spark test*. Hubungkan kapasitor melewati terminal yang dialiri tegangan jala-jala 115 V selama sedetik.



Daniel R.Tomal, 1993, hal 75

Gambar 4.36: Pengujian Hubung-singkat untuk stator

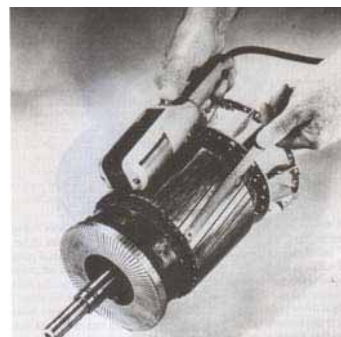
Setelah memindahkan tegangan 115 V, gunakan ujung obeng untuk menghubungkan dua terminal di kapasitor tersebut.

Kapasitor yang baik akan menunjukkan gemercik api. Ketiadaan gemercik api mengindikasikan kecacatan kapasitor.

Lamp test dapat digunakan untuk mengecek pentanahan kapasitor. Hubungkan salah satu dari *lead test lamp* ke salah satu terminal kapasitor. Hubungkan *test lamp* yang lain dengan *metal case* kapasitor. Jika lampu menyala berarti kapasitor berada dalam keadaan *ground* sehingga tidak bisa digunakan. Metode lain yang digunakan untuk pengecekan kapasitor bisa juga menggunakan ohmmeter, tester kapasitor, dan kombinasi ammeter dan voltmeter. Sentrifugal saklar kadang-kadang menyebabkan motor satu fasa terbuka. Saklar harus dicek terlebih dahulu untuk melihat apakah kontak bisa menutup atau tidak. Jika kontak terbuka, washer mungkin perlu ditambahkan ke shaft rotor. Periksa juga kondisi saklar sentrifugal, karena mungkin saja saklar sentrifugal mengalami kerusakan dan perlu diganti.

Lilitan motor seharusnya juga diperiksa dari kemungkinan kerusakan. Kerusakan kawat sebanyak satu atau bahkan lebih dapat menyebabkan rangkaian terbuka. Jika lilitan terbakar, atau rusak dan membutuhkan perbaikan, sebaiknya dilakukan penggantian lilitan pada motor tersebut.

Hubungan di lilitan stator dapat dicek dengan *internal growler*. Tempatkan *growler* pada laminasi stator dan bagian belakang koil. Saat itu *growler* dan koil berfungsi sebagai transformer. *Growler* yang memiliki ujung peraba *built-in*, akan bergetar kencang saat ditempatkan di koil yang bermasalah (gambar 4.30). Saat terdapat indikasi tersebut, segera ganti lilitan statornya. Kerusakan koil dari armatur biasanya ditandai dengan perubahan warna dan kerusakan insulasi.



Daniel R.Tomal, 1993, hal 77

Gambar 4.37: Pengujian Hubung-singkat untuk Jangkar

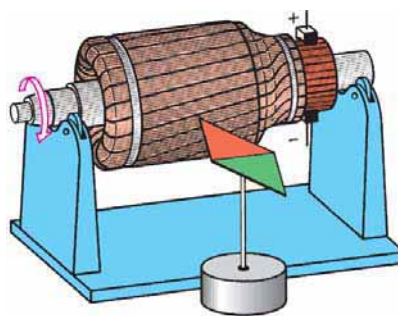
Jangkar (armatur) motor dapat diperiksa kerusakannya dengan menggunakan internal growler. Tempatkan jangkar (armatur) pada *growler* dengan strip metalnya ditempatkan di bagian atas jangkar (armatur). Putarlah jangkar (armatur) tersebut. Jika strip metal bergetar dengan cepat, menandakan jangkar (armatur) tersebut mengalami kerusakan. Gambar 4.31 mengilustrasikan prinsip penggunaan *internal growler* dan *hacksaw blade*.

Pengecekan *ground* terhadap jangkar (armatur) dapat dilakukan dengan *test lamp*. Hubungkan salah satu ujung *test lamp* pada komutator dengan ujung Motor yang mengalami kerusakan jangkar (armatur) bertenaga buruk, bergetar, menderum, tidak berfungsi, atau memancarkan fusi. lainnya pada *shaft* jangkar (armatur). Jika lampu menyala, berarti jangkar (armatur) dalam keadaan *ground*.

3). Pengujian Lilitan Jangkar

Percobaan untuk mengecek apakah lilitan jangkar berfungsi dengan baik, tidak ada yang putus atau hubungsingkat dengan inti jangkarnya, periksa Gambar 4-32. Poros jangkar ditempatkan pada dudukan yang bisa berputar bebas.

Alirkan listrik DC melalui komutator, dekatkan sebuah kompas dengan jangkar, lakukan pengamatan jarum kompas akan berputar kearah jangkar. Hal ini membuktikan adanya medan elektromagnet pada jangkar, artinya lilitan jangkar berfungsi baik. Tetapi jika jarum kompas diam tidak bereaksi, artinya tidak terjadi elektromagnet karena belitan putus atau hubung-singkat ke inti jangkar.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 457

Gambar 4.38: Pengujian Hubungsingkat pada Jangkar

4.8.2. Pemeliharaan Generator

Pemeliharaan dan perbaikan generator hampir sama dengan pemeliharaan motor listrik. Masalah utama pada generator ialah terbakarnya sekering, regulator tidak bekerja, output tegangan rendah atau tinggi, tegangan yang tidak stabil (berfluktuasi). Prosedur pertama lakukan pemeriksaan visual terhadap konektor, terminal-terminal terhadap karat, atau terkontaminasi dengan cairan, debu, dan lain-lain.



Daniel R.Tomal, 1993, hal 83

Gambar 4.39: Prosedur untuk Pengukuran Rugi-rugi Inti

1). Pengujian hubung singkat

Dapat dilakukan dengan mematikan catu daya, ukur resistansi terminal-terminal yang dicurigai. Jika nilai resistansi nol, maka terjadi hubung singkat, sebaliknya jika nilai resistansi sangat besar, maka ini berarti sambungan tersebut terbuka.

2). Pengujian Regulator

Jika regulator tidak bekerja.

Lakukan pengaturan. Jika tetap tidak bekerja maka ganti dengan yang baru. Masalah yang ada pada umumnya adalah ketika beban dipasangkan pada generator dan tegangan output terlalu rendah atau berfluktuasi, maka akan menyebabkan kerusakan pada regulator. Dengan asumsi bahwa alat ukur yang digunakan baik, akurat dan tidak ada sambungan yang terputus, maka mungkin generator perlu dibongkar, lalu dites komponennya.



Daniel R.Tomal, 1993, hal 84

Gambar 4.40: Pembongkaran Exciter (Penguat Eksitasi) dengan Derek dan Tali Pengikat

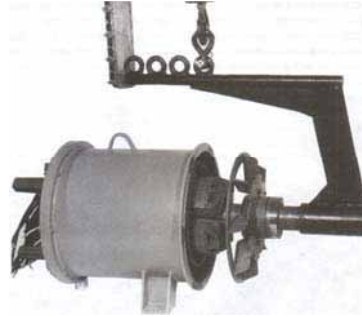
3). Prosedur membongkar dan memeriksa generator.

- Matikan sumber daya
- Beri tanda dan identifikasikan semua kabel dan bagian yang dibongkar agar nanti mudah memasangnya.
- Gunakan derek dan tali pengikat yang sesuai
- Lepaskan semua pengikat dan semus bagian atau komponen yang terkait untuk menghindari kerusakan yang lebih luas, khususnya untuk generator ukuran besar dan berat.
- Periksa stator dari kemungkinan terlepas, terurai, atau belitan yang terbakar
- Ukur resistansi antar *lead*, cocokkan dengan data dari pabrik. Misalnya untuk nilai 20 ohm mungkin masih bagus. Jika nilai resistansinya nol, maka terdapat hubung singkat pada lilitannya, dan jika nilainya tak terhingga maka belitan terbuka.
- Lakukan uji pentanahan antara kerangka dan lilitan dengan menggunakan megohmmeter.

Kerusakan juga sering terjadi pada diode generator. Oleh sebab itu, lakukan juga pengecekan resistansi pada diode. Jika rusak (terbakar/ terhubung singkat/ terbuka) ganti dengan yang baru.

Pemobongkaran Rotor

Untuk membongkar rotor dari generator yang besar dan berat, gunakan kombinasi derek dan pembongkar khusus, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.35. Lepaskan rotor dengan hati-hati, tanpa menyentuh bagian-bagian yang terkait untuk mencegah kerusakan pada rotor atau lilitannya. Pada umumnya kerusakan terjadi pada diode. Pengujian diode dapat dilakukan dengan metode uji resistansi, dengan menggunakan ohmmeter. Resistansi diode harus terbaca besar dari satu arah pengukuran, dan terbaca kecil pada arah pengukuran sebaliknya



Daniel R.Tomal, 1993, hal 85

Gambar 4.41: Pembongkaran Penguat Eksitasi Menggunakan Derek dan Pembongkar Khusus

4). Perawatan *Bearing*

Periksa secara periodik kondisi *bearing*. Jika rusak ganti dengan yang baru. Gunakan cakram pencabut *bearing* yang sesuai. Ganti pelumas di dalam *bearing* dengan yang baru. Isikan pelumas yang baru melalui lubang tutup. Pengisian hendaknya jangan melebihi lubang tutup ini. .



Daniel R.Tomal, 1993, hal 86

Gambar 4.42: Melepas *Bearing* dengan Pencabut dan Pemanas.

4.8.3. Pemeliharaan Preventif

Pemeliharaan terhadap kotoran atau debu.

Usia mesin-mesin listrik ditentukan oleh cara pemeliharaannya. Pemeliharaan yang kurang baik ditandai dengan adanya debu tebal, karatan, atau adanya bekas tertempel cairan atau bahan kimia lainnya, dan sebagainya.

Pemeliharaan preventif, seperti pemeriksaan berkala, pencatatan dan servis komponen, penggantian *bearing*, pembersihan motor, penggantian oli dan sebagainya akan mengurangi biaya dan waktu perbaikan. Semua kegiatan pemeliharaan tersebut sebaiknya dicatat dalam buku catatan pemeliharaan yang disebut *logbook* atau *backlog*.

Debu, karat atau kontaminasi benda lainnya dapat mengakibatkan tertutupnya lubang angin pada generator, dan ini dapat mengakibatkan komutator konduksi. Cipratan air dapat mengakibatkan belitan terhubung singkat atau jangkar tersambung pada *ground*, sehingga motor menjadi *break-down*.

Untuk motor-motor repulsif, perlu dilakukan pemeliharaan sikat dan komutator secara periodik. Periksa ketegangan sikat, lalu atur sikat dan pemegangnya.

Pemeriksaan poros.

Poros rotor harus diperiksa secara berkala. Periksa derajat kelurusan poros dengan dial indikator. Bersihkan semua kontak dan saklar dengan kertas amplas halus atau dengan *contact cleaner*.

Pemeriksaan mur dan baut.

Lakukan pemeriksaan semua baut dan mur, kencangkan jika ada yang kendur, jika ada yang pecah atau retak, maka ganti dengan yang baru. Periksa juga semua isolasi lilitan. Perbaiki jika ada yang rusak.

Rangkuman

- **Mesin-mesin listrik** terdiri dari mesin statis (**transformator**) dan mesin dinamis (**motor dan generator**). Dalam pembahasan buku ini, yang dimaksud dengan mesin listrik adalah generator atau motor.
- Konstruksi motor dan generator pada dasarnya adalah sama, yaitu terdiri dari **Stator** (bagian yang tidak bergerak atau diam), dan **Rotor** (bagian yang bergerak).
- Prinsip kerja motor mengikuti hukum tangan kiri Flamming, yaitu jika medan magnet yang dihasilkan oleh kutub utara-selatan magnet dimotong oleh kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gaya gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut gaya **Lorentz**, yang besarnya sama dengan F [Newton]. Sedangkan generator pada dasarnya bekerja sesuai dengan hukum tangan kanan Flamming, yaitu jika sepotong penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari tangan memotong medan magnet yang dihasilkan kutub utara-selatan, maka akan menimbulkan gerakan searah dengan ibu jari.

- Pada dasarnya terdapat dua macam generator, yaitu generator DC dan generator AC. Demikian pula dengan motor, terdapat motor DC dan motor AC.
- Terdapat dua jenis motor DC, yaitu: motor penguat terpisah, dan motor penguat sendiri. Motor penguat sendiri meliputi: motor seri, motor *shunt* dan motor kompon yang merupakan kombinasi antara motor seri dan motor shunt. Sedangkan generator pada dasarnya adalah sama, tetapi yang sering digunakan adalah jenis generator terpisah.
- Karakteristik Motor Penguat Terpisah: arus eksitasinya tidak tergantung dari sumber tegangan yang mencatunya. Putaran jangkar akan turun jika momen torsi naik.
- Karakteristik Motor *Shunt*: Rangkaian eksitasi motor *shunt* terletak paralel dengan jangkar. Putaran akan turun dengan naiknya momen torsi. Pada kondisi tanpa beban, karakteristik motor *shunt* mirip dengan motor dengan penguat terpisah.
- Karakteristik Motor Seri: Rangkaian eksitasi motor seri dipasang secara seri terhadap jangkar. Diantara jenis motor DC lainnya, motor seri memerlukan momen torsi awal paling besar. **Hal yang perlu diperhatikan, bahwa motor seri tidak boleh dioperasikan dalam kondisi tanpa beban.**
- Karakteristik Motor Kompon. Pada motor kompon, kutub utama berisi rangkaian seri dan paralel. Dalam kondisi tanpa beban, motor kompon mempunyai sifat seperti motor shunt. Pada kondisi beban terpasang, dengan momen torsi yang sama, akan didapat putaran sedikit lebih tinggi.
- Pemeliharaan mesin-mesin listrik pada umumnya ditujukan untuk memperpanjang usia pakai mesin. Ini dapat dilakukan melalui pemeliharaan preventif. Untuk industri berskala besar, pemeliharaan telah dianggap sebagai suatu investasi perusahaan, sehingga masalah pemeliharaan perlu direncanakan dan dibuatkan sistem secara khusus. Hal-hal yang dapat dilakukan dalam pemeliharaan Preventif antara lain: pembersihan mesin dari kotoran debu, karat, dan sebagainya; pengecekan sambungan-sambungan kabel atau lilitan kawat penghantar, sikat arang dan sambungan lainnya; pengecekan tahanan isolasi; pemeriksaan *bearing*, poros, pemeriksaan mur-baut, dan sebagainya.
- Teknik dasar yang digunakan dalam pemeriksaan kerusakan motor listrik meliputi:
 - 1). *Test lamp*
 - 2). Pengukuran arus,
 - 3). *Growler*, dan
 - 4). Megohmeter.

Latihan Soal

1. Sebutkan apa saja yang termasuk dalam mesin-mesin listrik?
2. Sebutkan bagaimana bunyi kaedah tangan kiri Flamming? Dan sebutkan pula bagaimana kaedah tangan kanan Flamming?
3. Jelaskan prinsip kerja sebuah motor! Jelaskan pula prinsip kerja sebuah generator!
4. Gambarkan konstruksi dasar sebuah motor listrik yang Anda ketahui. Apakah ada perbedaan antara konstruksi dasar motor dan generator? Jika ada sebutkan!
5. Jelaskan bagaimana karakteristik dari mesin-mesin listrik berikut ini: motor shunt, motor seri dan motor kompon!
6. Apa gunanya *test lamp* pada motor? Jelaskan prosedur untuk pengujian motor dengan *test lamp*.
7. Apa gunanya pengujian megohm? Bagaimana prosedur pengujian motor dengan megohm?
8. Jelaskan bagaimana prosedur pengujian lilitan jangkar pada motor?

Tugas Kelompok:

Buatlah kelompok belajar yang terdiri dari 3-5 orang per kelompok. Masing-masing kelompok mencari sebuah kasus kerusakan dari sebuah mesin listrik (misalnya trafo, kipas angin, hair dryer, mesin cuci, dan lain-lain). Cari manual peralatan yang rusak tersebut. Dengan pengawasan guru, lakukan pengetesan dan pengukuran, sehingga Anda mengetahui penyebab kerusakan mesin tersebut.

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
Rountine 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 Ekvivalen Jangkar | |
| 4.24 | a) Rangkaian Ekvivalen Motor Penguat Terpisah b) Karakteristik Motor Penguat Terpisah | |
| 4.25 | a) Rangkaian Ekvivalen Motor Shunt b) Karakteristik Motor Shunt | |
| 4.26 | a) Rangkaian Ekvivalen Motor Seri b) Karakteristik Motor Seri | |
| 4.27 | a) Rangkaian Ekvivalen 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.



ISBN 978-979-060-111-6
ISBN 978-979-060-112-3

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 13.090,00