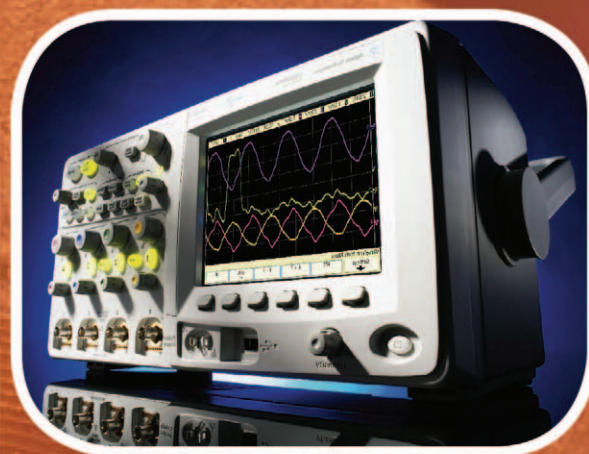


Peni Handayani, dkk.

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 2

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 2

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 2 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, 145 hlm
Daftar Pustaka : Lampiran. A
Daftar Vendor : Lampiran. B
Daftar Tabel : Lampiran. C
Daftar Gambar : Lampiran. D
ISBN : 978-979-060-111-6
ISBN : 978-979-060-113-0

Diterbitkan oleh

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

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

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

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

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

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

PENGANTAR

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

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

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

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

Penulis

TEKNIK PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN PERALATAN DAN SISTEM ELEKTRONIKA

PRAKATA

DAFTAR ISI

Kata Sambutan Direktur Pembinaan SMK	
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii

JILID 1

1. PEMELIHARAAN, PERBAIKAN, KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

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

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

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

3. MENGENALI KERUSAKAN KOMPONEN ELEKTRONIKA

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

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

4. PEMELIHARAAN MOTOR dan GENERATOR LISTRIK

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

JILID 2

5. PELACAKAN KERUSAKAN RANGKAIAN DIGITAL

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

6. PELACAKAN KERUSAKAN SISTEM ANALOG

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

7. PELACAKAN KERUSAKAN ALAT KONTROL INDUSTRI

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

JILID 3

8. PEMELIHARAAN SISTEM PENGAWATAN PERANGKAT INDUSTRI

8.1. Pengelompokan Pengawatan	292
8.2. Kelistrikan Lokomotif	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 :

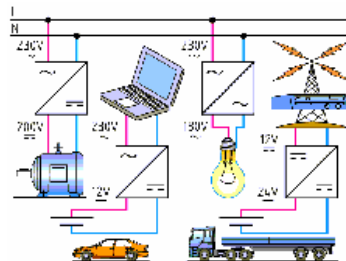
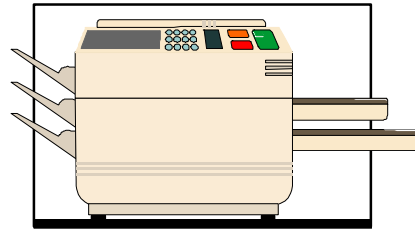
DAFTAR PUSTAKA	A
DAFTAR VENDOR DAN CMMS	B
DAFTAR TABEL	C
DAFTAR GAMBAR	D
RIWAYAT PENULIS	E

5. PELACAKAN KERUSAKAN RANGKAIAN DIGITAL

5.1. Pendahuluan

Anda tahu bahwa IC digital banyak dipergunakan di semua cabang elektronika, mulai dari perhitungan hingga pada kontrol Industri, instrumen-instrumen elektronik dan sistem komunikasi (lihat gambar 5.1). Pada kenyataannya, seolah-olah tidak ada suatu bidangpun dalam elektronika yang tidak menggunakan rangkaian *digital*. Alasan utama dari hal ini, adalah rangkaian-rangkaian digital bekerja dari level-level logik yang didefinisikan. Dengan kata lain dari suatu sinyal, jika tinggi biasanya disebut logik 1 dan jika rendah disebut logik 0. Hal ini mengurangi ketidak-tentuan hasil keluaran dari suatu rangkaian. Sebagai contoh dalam kontrol industri, untuk menjaga keselamatan suatu mesin saat keadaan menutup ataupun membuka, tidak pernah mendekati setengah tertutup atau setengah terbuka.

Elemen dasar dari rangkaian-rangkaian digital adalah pintu-pintu logik yang melaksanakan operasi-operasi logik pada masukan-masukannya (Lihat Bab 11.2.4). Untuk menguraikan operasi-operasi ini dipergunakan aljabar Boolean. Aljabar Boolean berdasarkan pada pernyataan-pernyataan logik yang menyatakan benar atau salah, sehingga dengan demikian merupakan alat yang amat berguna dalam perancangan dan *troubleshooting* rangkaian-rangkaian logik digital.



Gambar 5.1: Contoh Berbagai-Macam Peralatan Digital

5.2. Karakteristik dari Keluarga IC Digital

Sudah tahukah anda ciri/tipe dari IC digital itu ? Dalam hal memperbaiki kesalahan pada rangkaian digital, membutuhkan pengetahuan tentang karakteristik-karakteristik dari jenis komponen yang dipakai, dan pemilihan teknik-teknik pengukuran yang dapat menghasilkan hasil yang tercepat. Dalam hal ini, anda akan diberikan berbagai singkatan bagi keluarga-keluarga logik beserta dengan beberapa keterangannya mengenai pemakaiannya pada saat ini.

- **RTL (*Resistor Transistor Logic*)**

RTL ini tidak dibuat dalam bentuk IC monolitik. Bagaimanapun juga blok-blok rangkaian diskrit tersedia bagi keperluan-keperluan industri yang membutuhkan kekuatan tertentu serta tidak membutuhkan kecepatan yang tinggi (gambar 5.2).

- **DCTL (*Direct Coupled Transistor Logic*)**

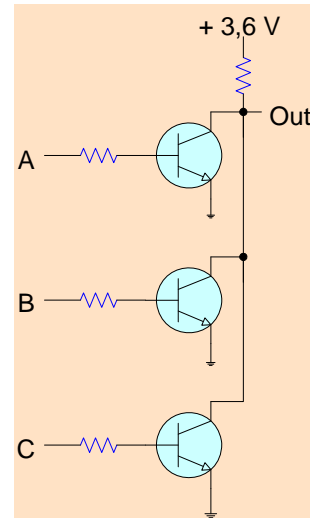
DCTL ini merupakan jenis pertama yang dibuat seperti sebuah IC. Bagaimanapun juga DCTL ini mempunyai beberapa masalah dengan *watching (current hogging)* dan segera diganti dengan jenis yang lebih baru.

- **DTL (*Diode Transistor Logic*)**

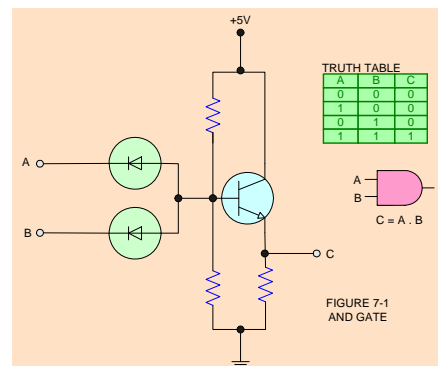
DTL ini merupakan keluarga logik IC komersil I yang tersedia dipasaran (seri 53/73). Sekarang tipe ini digantikan oleh TTL dan CMOS akan tetapi beberapa pabrik masih memproduksi DTL ini (gambar 5.3).

- **TTL (*Transistor-Transistor Logic*)**

Jenis ini merupakan keluarga logik yang amat sukses dengan daerah fungsi yang amat lebar. Seri 54/74 merupakan tipe standar (gambar 5.4).



Gambar 5.2: Contoh Rangkaian RTL



Gambar 5.3: Contoh Rangkaian DTL

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

- **ECL (Emitter Coupled Logic)**
ECL ini merupakan tipe tak jenuh dari logik transistor yang bekerjanya amat cepat (seri 10.000).gambar5.5

- **CMOS (Complementary Metal Oxide Logic)**

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

- **LOC MOS (Locally Oxidized CMOS)**

Jenis ini merupakan jenis yang unjuk kerjanya telah disempurnakan jika semua keluaran disangga (*buffer*). Nomor-nomor tipenya sama seperti CMOS (gambar 5.6).

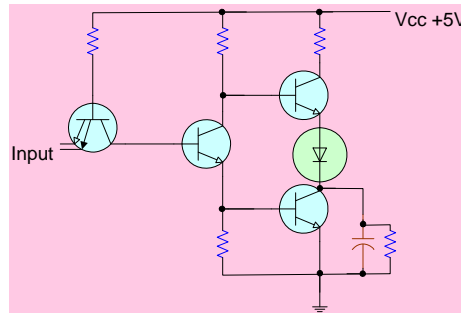
- **PMOS (MOS Saluran p)**
Banyak dipakai untuk peralatan LSI

- **NMOS (MOS Saluran n)**

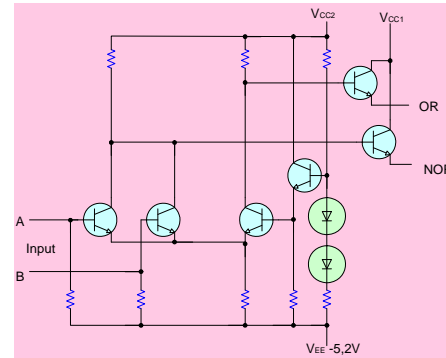
Dipakai untuk peralatan LSI

- **I²L (Integrated Injection Logic)**
Jenis ini merupakan pengembangan DCTL yang memungkinkan dipakai teknologi bipolar bagi peralatan-peralatan LSI (gambar 5.7).

- **SSI (Small Scale Integration)**
Merupakan tipe IC yang mempunyai hingga 12 pintu ekuivalen perpaket IC.

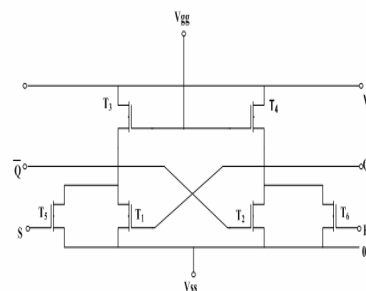


Gambar 5.4: Contoh Rangkaian TTL



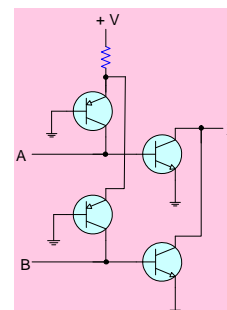
GC Loveday, 1980, 82

Gambar 5.5: Contoh Rangkaian ECL



GC Loveday, 1980, 87

Gambar 5.6: Contoh Rangkaian MOS



Gambar 5.7: Contoh Rangkaian I²L

- MSI (Medium Scale Integration)**

Beberapa IC digital yang ada di pasaran saat ini adalah:

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

Jenis-jenis inilah yang akan lebih banyak dibicarakan pada bagian berikutnya.
- LSI (Large Scale Integration)**

Merupakan tipe IC yang mempunyai pintu ekivalen antara 12 sampai 100 per-paket IC.

Jenis ini merupakan jenis IC yang mempunyai pintu ekivalen yang lebih besar dari 100 per-paket IC.

IC digital harus bekerja bersama dalam rangkaian yang kompleks, dan masalahnya adalah penggabungan dari tingkatan logika, tegangan aktual yang membedakan logik 0 dan 1. Tabel 5-1 menunjukkan beberapa karakteristik dari empat tipe gabungan logik.

Tabel 5-1: Karakteristik Beberapa Gabungan IC Logik

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

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

Tabel 5-1 menunjukkan IC CMOS secara umum adalah yang paling lambat dan IC ECL adalah IC tercepat. Dalam pencacah tipe frekuensi tinggi kita akan menemukan tahapan frekuensi tinggi, di atas 150 MHz, diimplementasikan dalam ECL sementara frekuensi rendah diimplementasikan dalam MOS atau CMOS atau kadang-kadang TTL logik. IC digital yang banyak digunakan, biasanya adalah keluarga logika dari 54-74 dari IC TTL logik dan 45C -74C keluarga CMOS.

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

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

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

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

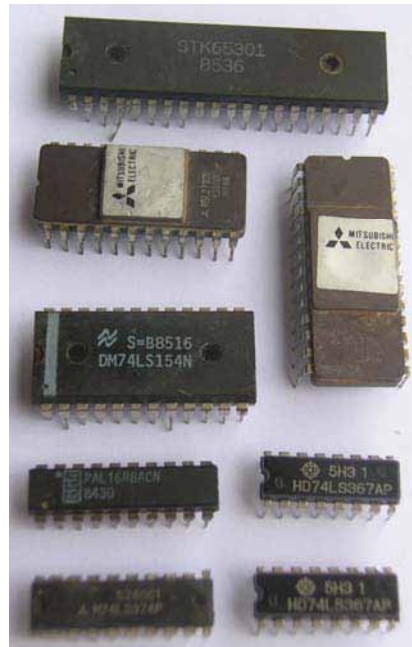
Contoh dari identifikasi nomor pada sebuah IC adalah sebagai berikut SN74LS20N. SN mengindikasikan pembuatan dari texas instrumen, 74 mengindikasikan IC komersial. LS mengindikasikan untuk Shottky berdaya rendah dan 20 mengindikasikan IC berfungsi sebagai 4 input NAND circuit. Huruf N yang terakhir mengindikasikan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

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

- Untuk tipe 54/74 standar mempunyai waktu tunda 18 nanosekon pergerbang,dengan disipasi daya 10 mWatt pergerbang.
- Untuk tipe kecepatan tinggi mempunyai waktu tunda 12 ns dan disipasi daya 23 mWatt.

- Untuk tipe Daya rendah mempunyai waktu tunda 66 ns tapi disipasi daya hanya 1 mWatt.
- Untuk tipe Schottky mempunyai waktu tunda 6 ns dan disipasi daya 19 mW, tetapi untuk daya rendah Schottky (LS) mempunyai waktu tunda 19 ns dan disipasi daya hanya 2mW.

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

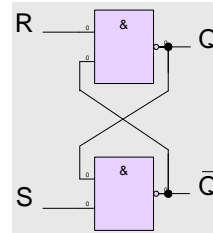
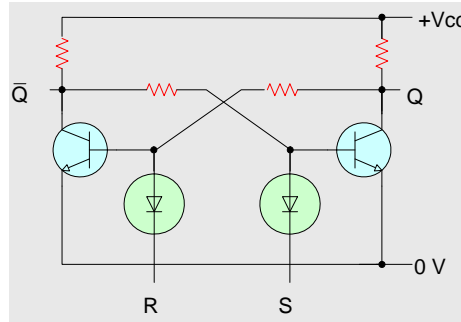


Gambar 5.8: Macam Bentuk IC

5.3. Rangkaian- Rangkaian Bistable, Counter dan Register

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

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



GC Loveday,1980,83

Gambar 5.9 : Bistable R-S

Tabel 5.2:Tabel Kebenaran R-S FF (Menggunakan Gerbang NAND)

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

Tabel 5.3:Tabel Kebenaran R-S FF (Menggunakan Gerbang NOR)

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

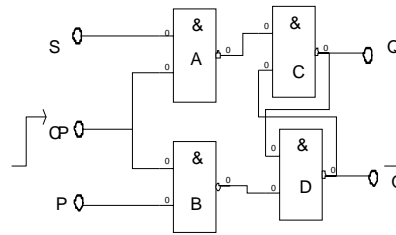
jika kedua S dan R dibuat menjadi logik 0 secara serentak. Sebenarnya R-S merupakan suatu rangkaian memori dan ini juga dapat diuraikan oleh tabel kebenaran (tabel 5.2). Begitu keadaan-keadaan masukan (R dan S) diperhitungkan tabel harus mencakup keadaan keluaran Q sebelum diterapkannya sinyal masukan. Hal ini ditulis sebagai Q_n . Keadaan keluaran Q setelah penerapan suatu masukan ditulis sebagai Q_{n+1} , yang merupakan keadaan akhir dari *flip-flop*.

Jika suatu RS FF dibuat dengan cara melakukan cross-coupling dari dua buah gerbang NOR, maka level keluaran yang akan mengubah keadaan haruslah logik 1. Hal ini disebabkan level 1 yang ada di tiap masukan gerbang NOR akan mengakibatkan keluaran menjadi 0.

Tabel kebenaran untuk Bistable R-S yang menggunakan pintu NOR dapat dilihat pada tabel 5.3.

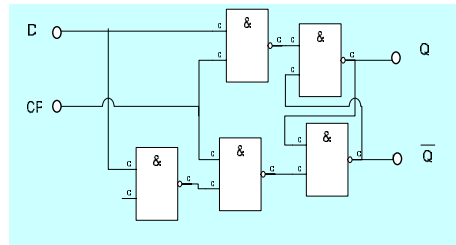
Dengan kedua *flip-flop* yang sederhana di atas suatu perubahan keadaan dikeluarkan akan terjadi beberapa nanodetik setelah berubahnya data masukan. Peristiwa ini disebut **asinkron**.

Jika suatu clock input ditambahkan pada Gambar 5.10 akan tercapai peristiwa **sinkron**, karena data dimasukkan – masukan hanya dapat dipindahkan pada set atau reset dari bistable pada saat sinyal clock tinggi. Operasi sinkron ini adalah penting, karena berguna untuk mengontrol operasi suatu sistem digital lengkap dari sebuah generator pulsa clock sentral dan juga untuk menghindari terbentuknya penundaan (*delay*)



GC Loveday, 1980, 83

Gambar 5.10 : Bistable R-S Clock

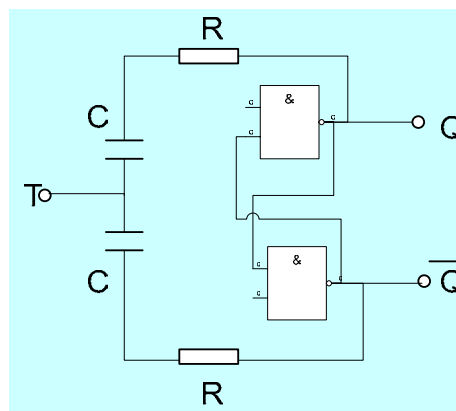


GC Loveday, 1980, 84

Gambar 5.11: Bistable D

Tabel 5.4: Tabel kebenaran untuk Bistable D

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



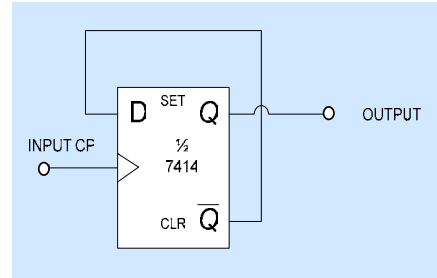
GC Loveday, 1980, 84

Gambar 5.12: Bistable T

counter atau shift register. Pada Gambar 5.10 disebut metoda gerbang *latch Positif*, karena gerbang-gerbang A dan B akan terbuka pada data S atau R ketika clock dalam posisi tinggi. Kebanyakan *flip – flop* modern diatur sedemikian rupa, sehingga **data masukan hanya di pindahkan selama akhir dari pulsa *clock*, data di “lock-out” setelah ujung clock positif.** Jenis bistable ini disebut sebuah ***flip – flop edgetriggered*** dan hal ini mencegah terjadinya perubahan di data masukan selama lebar pulsa *clock* dari terpengaruhnya keadaan keluaran rangkaian.

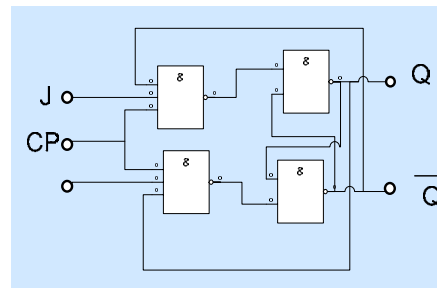
- **Bistable D:** yang ditunjukkan di gambar 5.11 merupakan suatu contoh dari IC yang di klocked. Bistable ini **berguna untuk penyimpanan data temporer.** Data masukan D di pindahkan ke keluaran Q ketika clock dalam posisi tinggi. Pada saat *clock* ada pada posisi rendah, keluaran Q akan menahan keadaan ini. Sedangkan tabel kebenarannya diperlihatkan di tabel 5.4.

- **Bistable T (tipe *toggle*):** rangkaiannya mempunyai suatu rangkaian kendali pulsa dari keluaran untuk memaksa ujung negatif dari pulsa masuknya T pada masukan gerbang yang akan mengakibatkan suatu perubahan keadaan. Dengan demikian keluaran akan berubah keadaannya pada setiap ujung negatif dari masukan T, jadi sebagai rangkaian pembagi dua (gambar 5.12). Contoh dari pembagi dua yang menggunakan suatu



GC Loveday,1980, 84

Gambar 5.13: Penggunaan *Flip-Flop Edge-triggered* Tipe D Sebagai Pembagi Dua.



GC Loveday,1980, 84

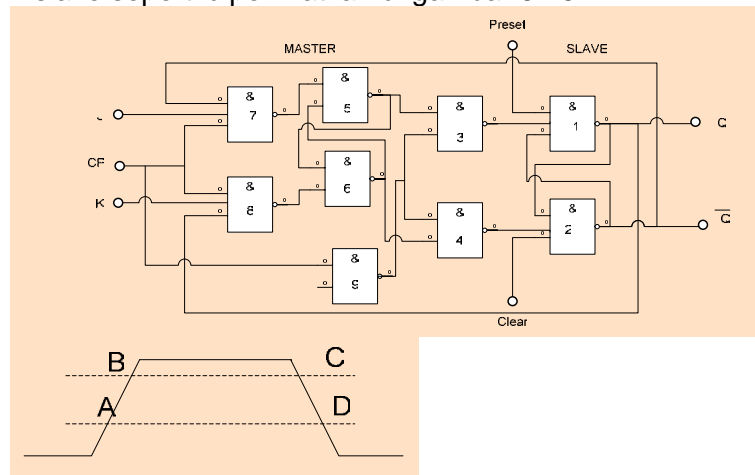
Gambar 5.14: Bistable JK Dasar

Tabel 5.5: Tabel kebenaran untuk *Bistable JK*

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

bistable D *Edge-triggered* positif dipertunjukkan pada gambar 5.13.

- **Bistable JK:** bentuk yang paling sederhana ditunjukkan di gambar 5.14. Keuntungan jenis bistable ini adalah tidak adanya suatu keadaan tak tentu oleh karena adanya masukan-masukan yang identik. Tabel kebenaran untuk suatu pulsa yang positif sempit diperlihatkan di tabel 5.5. Karena ada umpan balik pada rangkaian, maka waktu tunda menjadi lebih besar dan ini disebut *Race Hazard*. Masalah-masalah seperti ini dapat dihilangkan dengan menggunakan rangkaian-rangkaian master slave seperti diperlihatkan di gambar 5.15.



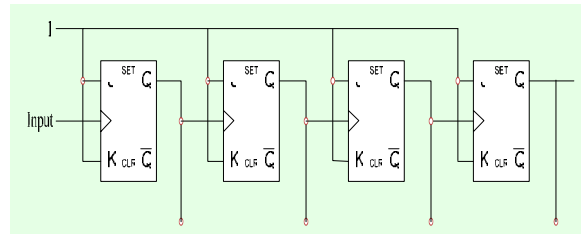
GC Loveday, 1980, 85

Gambar 5.15: Bistable JK Master Slave

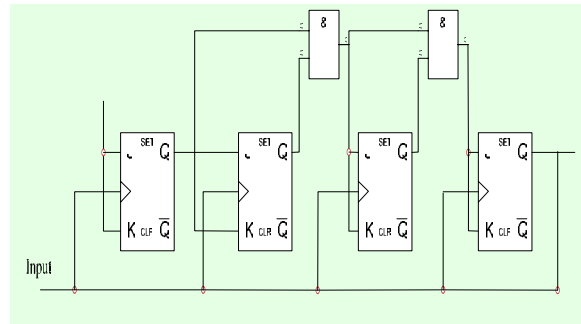
Begitu pulsa *clock* berada di posisi tinggi pada titik A dibentuk gelombang masukan pulsa clock, gerbang 3 dan 4 menutup, mengisolasi *slave* dari *master*. Di titik B, gerbang 7 dan 8 membuka mengizinkan data masukan J dan K untuk mengubah keadaan *master*. Begitu *clock* berada pada posisi rendah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

• **Counter.** *Flip-flop master slave JK ganda* dapat membentuk rangkaian *counter* asinkron atau *counter* biner sinkron seperti ditunjukkan di gambar 5.16. Kedua rangkaian ini dibagi oleh 16 dan memiliki suatu urutan hitung biner murni. *Counter* sinkron memang lebih rumit / kompleks, akan tetapi memiliki keunggulan berupa penundaan total yang lebih kecil. gambar 5.16 juga menunjukkan contoh-contoh *divider*, dan *counter* dari bilangan-bilangan yang bukan biner. Pabrik-pabrik pembuat cenderung untuk memproduksi *flip-flop* JK dan D, *counter* dan *shift-register* register didalam sebuah paket IC. Beberapa jenis IC yang ada di TTL, dan CMOS adalah:

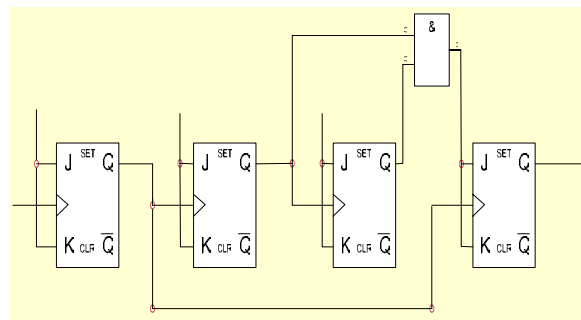
- 7490 A : *Counter* dekade asinkron TTL
- 7493 A : *Counter* biner 4 bit TTL
- 74192/193: *Counter* dekade naik/turun TTL
- 4017 B: *Counter-divider* dekade CMOS
- 4020 B: *Counter* biner 14 tingkat CMOS
- 4018 B: *Counter* CMOS yang dapat diatur awal dibagi oleh n.



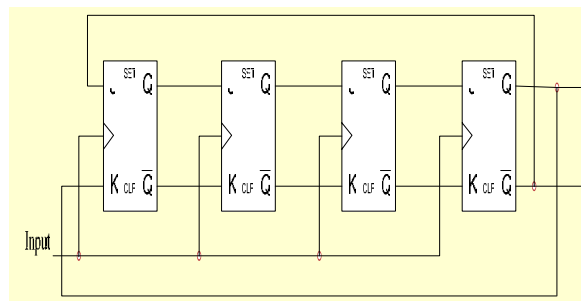
(a). Asinkron (*ripple through*) Pembagi 16



(b). Sinkron Pembagi16



(c).Penghitung Dekade Asinkron



(d). Twisted Ring OR Johnson Counter

GC Loveday, 1980, 86

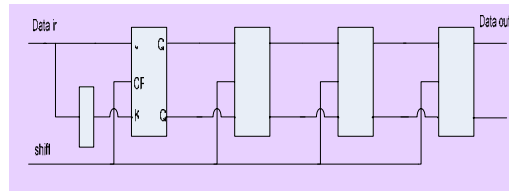
Gambar 5.16: Rangkaian Counter

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

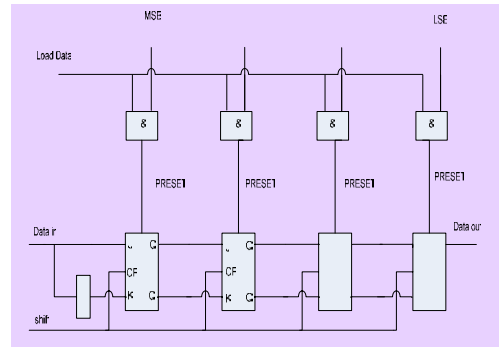
- a. *Serial in/serial out*
- b. *Paralel in/paralel out*
- c. *Serial in/paralel out*

Seperti diperlihatkan digambar 5.15. Data yang disimpan di *shift register* dibebani seri dengan pulsa-pulsa *shift* atau secara paralel dengan menyeting *flip-flopnya*. Data dapat dipindahkan atau digeserkan ke sebelah kanan suatu tempat untuk setiap pulsa geser.

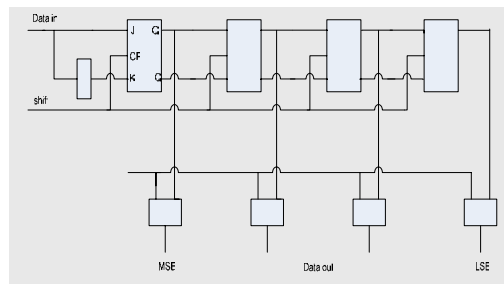
Shift register besar (*serial in/serial out*) dibuat di MOS dan merupakan dasar dari memori-memori yang disirkulasikan ulang. Suatu bistable dapat dibentuk/dibuat dengan memakai peralatan MOS (gambar 5.18). Jika masukan S diambil tinggi (1), T₅ akan terhubung mengakibatkan \bar{Q} rendah, Ini akan menyebabkan T₂ menjadi *off*, memaksa untuk menganggap logik 1. Demikian pula, jika masukan R diambil tinggi (1), T₆ terhubung dan Q dianggap keadaan logik 0. Suatu bistable yang membentuk unsur dasar bagi *shift register* MOS statik seperti *shift register* 2 bit diperlihatkan di Gambar 5.19. T₂, T₅ dan T₇, T₁₀ membentuk kedua bistable dan T₃, T₄ serta T₈, T₉ merupakan unsur-unsur *cross-coupling*.



(a) *Serial In / Serial Out* (4 Bit)



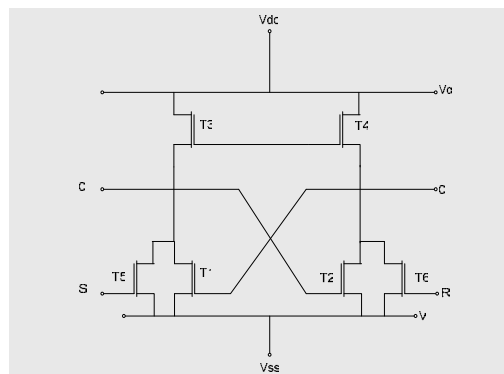
(b) *Paralel In / Serial Out* (4 Bit)



(c) *Serial In / Paralel Out* (4 Bit)

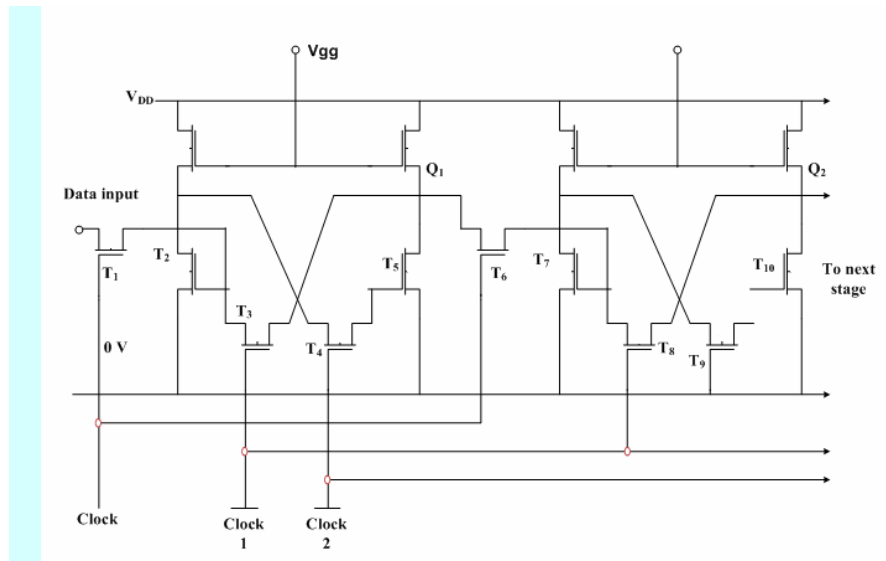
GC Loveday, 1980, 87

Gambar 5.17: *Shift Register* Dasar



GC Loveday, 1980, 87

Gambar 5.18: *Bistable* MOS



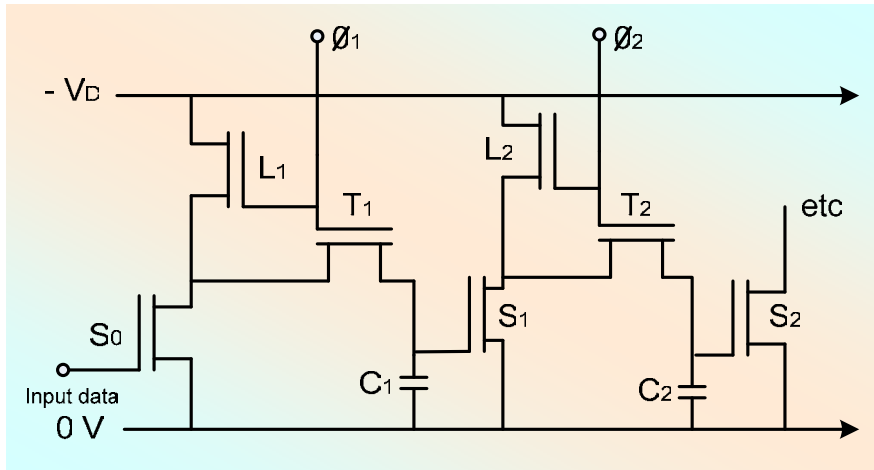
GC Loveday, 1980, 87

Gambar 5.19: *Shift register* MOS Static (Diperlihatkan 2 Bit)

Unsur-unsur crosscoupling ini di *on-off*-kan oleh sinyal-sinyal *clock* 1 dan *clock* 2. T_1 dan T_6 merupakan *switch-switch* pemindah data. Hubungan fasa antara ketiga bentuk gelombang jam (*clock*) merupakan hal yang penting. Untuk menggeser data atau jalur jam (*clock*) diambil tinggi, membuat T_1 dan T_6 menjadi *on*, dan pada saat yang sama unsur-unsur *cross-coupling* di *switch off* oleh *clock* 1 dan *clock* 2 menjadi rendah. Data masukan dari T_1 ke T_2 disimpan oleh kapasitansi gerbang dari T_2 , dan data dari bistable A disimpan oleh kapasitansi gerbang dari T_5 . Pada saat *clock* menjadi rendah, T_1 dan T_6 off, *clock* 1 menjadi tinggi pertama-tama untuk menswitch T_4 , T_9 . Hal ini memaksa T_5 dan T_{10} untuk menganggap adanya suatu keadaan baru. Setelah tertunda sebentar *clock* 2 juga menjadi tinggi, membuat T_3 dan T_8 menjadi on. Perhatikan bahwa sementara pulsa *clock* tidak diterapkan bistable-bistable tetap pada keadaan yang telah disetel sebelumnya. Jadi, dalam hal ini selalu dikonsumsi sejumlah daya. Pergeseran informasi hanya terjadi ketika bentuk gelombang *clock* di terapkan.

Shift register MOS dinamik yang diperlihatkan di gambar 5.20 memiliki struktur yang lebih sederhana dan *shift register* ini bekerja untuk menswitch peralatan beban (*load device*) on dan off dengan perantaraan pulsa-pulsa *clock*. Memang daya yang dikonsumsi dari suplai lebih kecil, tetapi sinyal *clock* yang disimpan menjadi hilang. Untuk itu, dibutuhkan sebuah *clock* dua fasa (\emptyset_1 dan \emptyset_2). Pada saat \emptyset_1 menswitch rendah, \emptyset_2 menswitch tinggi. L_1 , T_1 menjadi off dan L_2 , T_2 menjadi on. Level di drain S_1 sekarang dipindahkan ke pintu S_2 . Dalam hal ini dibutuhkan suatu siklus lengkap dari *clock* \emptyset_1 dan \emptyset_2 untuk menggeser data sebanyak satu tingkat. Pada \emptyset_1 , L_1 dan T_1 menjadi on, sementara L_2 dan T_2

off. Data yang diterapkan akan dipindahkan dari S_0 ke S_1 untuk disimpan di kapasitansi pintu dari S_1 . Sinyal-sinyal *clock* dua fasa tidak boleh diizinkan untuk tumpang tindih, karena penyimpanan yang besar dan pemindahan data akan terjadi.



GC Loveday, 1980, 87

Gambar 5.20: *Shift Register* MOS Dinamik (1 Bit)

5.4. Peralatan Bantu Pelacakan Kerusakan

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

- **Multimeter**

Ada dua macam multimeter yang biasa digunakan yaitu multimeter analog dan multimeter digital (gambar 5.21). Semuanya dapat digunakan untuk pengukuran pada rangkaian digital, tetapi sejak keluarnya DMM (*Digital Multi-meter*) teknisi lebih menyukainya



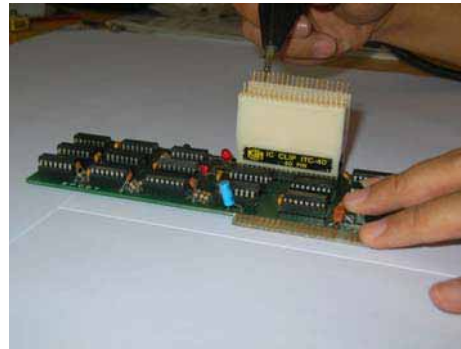
Gambar 5.21: *Multimeter Analog dan Multimeter Digital*

karena kemampuannya lebih baik, cocok untuk pengujian rangkaian elektronik dan lebih akurat. Meter digital ini mempunyai karakteristik: impedansi masukan tinggi, sehingga tidak merusak rangkaian digital, dengan tegangan dan arus berbeda jauh dibandingkan rangkaian analog. Sehingga pengujian rangkaian digital tanpa takut terhadap pembacaan yang tidak akurat yang disebabkan kelebihan beban rangkaian, atau kerewelan rangkaian yang disebabkan alat uji yang terlalu besar.

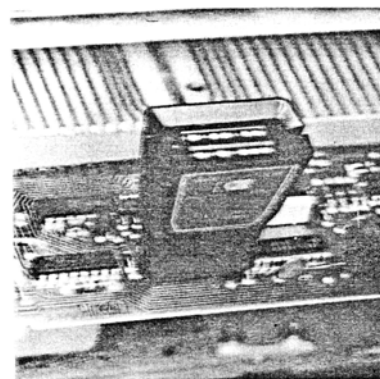
- **Klip Logik**

Klip logik. suatu alat uji rangkaian digital, diperlihatkan dalam gambar 5.22. Alat yang mudah dipakai ini, untuk menyingkap pin pada bagian atas. Pengukuran atau monitor alat atau klip kecil dapat dihubungkan / dijepitkan ke pin untuk menentukan tingkat logik pada beberapa pin alat yang sedang diuji. Jenis lain klip logik mempunyai kemampuan monitor yang ada (gambar 5.23). Selain pin yang ditampilkan, bagian atas dari klip terdapat dua LED (*light-emitting diode*) (LED), yang secara terus-menerus menampilkan keadaan logik dari setiap pin pada chip. Jika LED menyala (menandakan logik 1) dengan daya dari rangkaian dibawah uji. Semua pin disangga secara listrik sehingga klip tidak mengganggu rangkaian yang sedang diuji.

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



Gambar 5.22: Jenis Klip Logik dan Penggunaannya



Gambar 6-3. Klip logik memberikan indikasi visual dari masing-masing kondisi logik pin.

Robert C. Brenner, 1986, 147

Gambar 5.23: Klip Logik Memberikan Indikasi Visual Kondisi Logik Pin

● **Logik Probe**

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

Probe logik yang diperlihatkan pada gambar 5.24 adalah alat yang digunakan sangat luas untuk analisa hal semacam ini. Logik probe tidak dapat melakukan beberapa hal uji peralatan yang kompleks seperti yang mampu dikerjakan penganalisa logik. Namun demikian, tingginya frekuensi kerewelan chip dalam rangkaian listrik. Kesederhanaan probe dan kemampuannya untuk mempercepat pelacakan kerusakan dalam rangkaian yang berenergi membuat alat ini ideal untuk 90% keperluan isolasi kerewelan.

Bila ujung runcing probe diletakkan pada pin dari chip yang dicurigai rusak, suatu titik uji atau pelacakan pada suatu *board* rangkaian sinar indikator dekat ujung probe akan memberitahu tingkat logik titik tersebut. Ujung logam pada kebanyakan probe logik yang dijual sekarang dilindungi terhadap kerusakan akibat tegangan tinggi (listrik AC sampai 120 Volt untuk 30 detik) dari gerbang logik (+5 volt).

Beberapa probe mempunyai dua LED yang terpasang dekat dengan ujungnya, satu untuk logik HIGH dan yang lain untuk logik LOW. Probe yang lebih baik dapat juga memberitahu apakah titik uji mempunyai sinyal pulsa. Probe tersebut juga dapat menyimpan pulsa pendek yang timbul untuk memberitahu jika terjadi *glitch* atau *spike* pada titik tersebut.



Gambar 5.24: Macam-Macam Logik Probe dan Cara Pengukurannya

Jika Anda ingin membeli sebuah logik probe, yakinlah bahwa probe tersebut dapat bekerja dengan kelompok logik chip yang akan dianalisa. Kemampuan untuk menyentuh suatu titik dengan ujung probe dan menentukan keadaan titik tersebut secara langsung untuk analisa diagnostik dan kemampuannya untuk menyimpan pulsa menjadikan alat ini mudah digunakan dan diterima luas sebagai alat diagnostik yang sesuai untuk segala hal kecuali kebanyakan pelacakan kerusakan digital yang kompleks.

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

Probe logik pada gambar 5.24 memberikan empat indikasi:

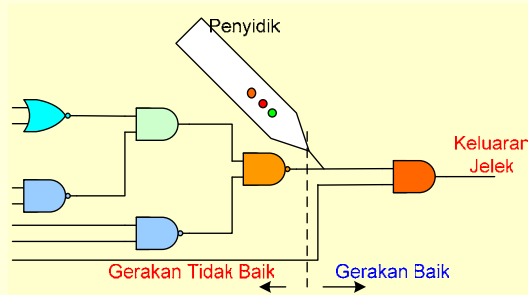
- LED merah pertama untuk logik LOW (logik 0).
- LED hijau untuk logik HIGH (logik 1).
- LED merah kedua untuk floating atau tri-state.
- LED merah ketiga (LED kuning) untuk sinyal pulsa.

Daya untuk probe berasal dari sebuah klip yang dihubungkan ke suatu tegangan pada rangkaian yang diuji. Klip yang lain dihubungkan ke tanah memberikan sensitivitas yang berkembang dan kekebalan *noise*.

Probe ini ideal untuk menemukan durasi pendek (*short-duration*), pulsa berfrekuensi rendah yang sulit dilihat dengan sebuah osiloskop tetapi lebih sering digunakan untuk melokalisir secara cepat gerbang yang keluarannya tersangkut (*hung*) atau terkunci, dalam suatu keadaan HIGH atau LOW.

Suatu metoda yang bermanfaat untuk analisa rangkaian dengan probe dimulai di pusat rangkaian yang dicurigai dan periksalah ada tidaknya suatu sinyal. (Hal ini tentu saja dengan asumsi anda mempunyai dan dapat menggunakan skema rangkaian). Gerakkan ke arah belakang atau ke depan ke arah keluaran yang rewel seperti tampak dalam gambar 5.25. Tidak akan memakan waktu lama untuk menemukan chip yang salah yang keluarannya tidak berubah.

Keterbatasan probe logik adanya ketidakmampuan untuk memonitor lebih dari satu jalur.



Robert C. Brenner, 1986, 148

Gambar 5.25: Analisa Rangkaian Dimulai pada Pusat Rangkaian

● **Pemulsa Logik**

Jika rangkaian yang diuji tidak mempunyai pulsa atau sinyal yang berubah, dapat diberikan pulsa yang terkontrol ke dalam rangkaian dengan menggunakan suatu pemulsa logik (gambar 5.26). Alat yang mudah dipakai ini merupakan generator logik yang mudah dibawa (*portable*).

Diaktifkan dengan suatu tombol atau saklar geser (*slide switch*), sehingga pemulsa akan merasakan tingkat logik pada titik yang tersentuh ujungnya dan secara otomatis menghasilkan pulsa atau serangkaian pulsa dari tingkat logik yang berlawanan. Pulsa dapat dilihat pada sebuah lampu LED yang dipasang pada pegangan pemulsa.

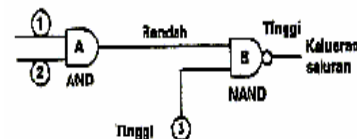
Kemampuannya untuk mengintroduksi suatu perubahan sinyal ke dalam suatu rangkaian tanpa melepas solder atau memotong kawat menjadikan pemulsa logik suatu paduan ideal dengan probe logik. Kedua alat yang digunakan bersama ini memungkinkan evaluasi respon langkah demi langkah dari bagian rangkaian.

Gambar 5.27 memperlihatkan beberapa cara untuk menguji gerbang logik menggunakan probe dan pemulsa. Diasumsikan keluaran dari gerbang NAND tetap HIGH. Dengan menguji masukan 1, 2, dan 3, semuanya HIGH. Keadaan ini dapat menyebabkan gerbang keluaran AND menjadi HIGH, menghasilkan keluaran gerbang NAND LOW. Ada yang salah. Dengan meletakkan sebuah probe pada gerbang keluaran AND, dihasilkan keluaran LOW. Mestinya HIGH. Sekarang gerbang mana yang rusak?

Untuk menemukannya, letakkan probe pada keluaran NAND (gerbang B) dan pemulsa pada keluaran AND (gerbang A gerbang masukan NAND) seperti tampak pada gambar 5.28.

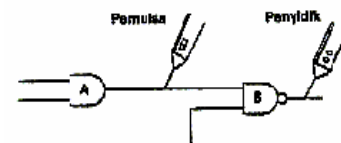


Gambar 5.26: Pemulsa Logik yang Dapat Memberikan Sinyal pada Rangkaian



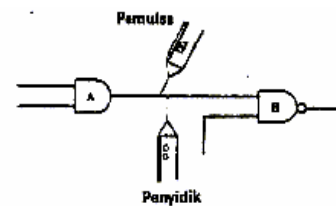
Robert C. Brenner, 1986, 149

Gambar 5.27: Beberapa Cara Untuk Menguji Gerbang Logik



Robert C. Brenner, 1986, 149

Gambar 5.28: Letakkan Probe pada Keluaran Gerbang NAND dan Pemulsa pada Keluaran Gerbang AND.



Robert C. Brenner, 1986, 149

Gambar 5.29: Tempatkan Probe dan Pemulsa pada Keluaran Gerbang AND.

Berilah pulsa jalur ini, probe tersebut seharusnya berkedip-kedip. Menandakan perubahan pada masukan ke NAND. Jika tidak terjadi perubahan, AND mungkin rusak. Tetapi apakah LOW yang disebabkan hubung singkat ke ground tersebut pada keluaran AND atau masukan AND? Letakkan keduanya, probe dan pemulsa pada keluaran AND, lacak seperti tampak gambar 5.29 dan berilah pulsa jalur ini. Jika probe berkedip, berarti NAND rusak, masukan yang diubah sehingga keadaan keluarannya dapat berubah juga.

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

- **Penguji IC (*IC Tester*)**

Peralatan pelacakan kerusakan tingkat lanjut menjadi sangat canggih (dan mahal). Sekarang dapat dibeli peralatan yang dapat menguji hampir setiap chip dalam sistem.

Micro Sciences, Inc. di Dallas Texas, membuat suatu penguji IC yang dapat menguji lebih dari 1007400 TTL dan 4000 CMOS dari rangkaian peralatan elektronik. Kemampuan uji ini meliputi chip RAM dan ROM.

Microtek Lab di Gardena, California membuat suatu penguji yang dapat bekerja sempurna sebagai penguji pin yang fungsional dari 900 alat pada seri chip TTL 54/74. Alat penguji ini menampilkan keadaan chip yang diuji pada tampilan kristal cair (LCD: *liquid cristal display*) seperti pada gambar 5.30. Alat tersebut menggunakan LED untuk memberi sinyal GO/NO GO, sebagai hasil uji.



Gambar 5.30: *IC Tester*

● **Osiloskop**

Osiloskop telah ada selama bertahun-tahun, meskipun akhir-akhir ini berkembang keadaannya, telah ditambah dengan sejumlah kemampuan. Osiloskop merupakan tampilan listrik yang dapat menggambar grafik sinyal tegangan amplitudo terhadap waktu atau frekuensi pada layar CRT (gambar 5.31). Suatu *scope* (kependekan dari osiloskop) digunakan untuk menganalisa kualitas dan karakteristik sinyal listrik yang dirasakan sebuah probe yang menyentuh suatu titik uji dalam rangkaian. *Scope* ini digunakan juga sebagai alat ukur untuk menentukan tingkat tegangan sinyal tertentu.



Gambar 5.31: Macam-Macam Osiloskop

Osiloskop yang tersedia saat ini sangat banyak macamnya, dari yang satu kanal (*single trace*) hingga yang tujuh kanal digital dengan bermacam-macam warna. Juga tersedia osiloskop digital dengan memori yang hasilnya dapat disimpan bahkan bisa *diprint out*. Disamping sensitivitas dan tampilan trace/kanal, satu perbedaan utama karakteristik osiloskop adalah dalam hal kemampuan lebar frekuensi penerimanya (*bandwidth*). Ini bervariasi antara 10 MHz sampai 300 MHz dan harganya sesuai dengan lebar frekuensinya.

Osiloskop adalah alat yang berguna untuk memonitor sinyal analog atau variasi sinyal dan menampilkan bentuk gelombang statis pada layar CRT yang dibatasi dengan kisi pengukuran. Osiloskop besar sekali manfaat dalam analisa, anda tidak hanya dapat mengukur tegangan, amplitudo, dan frekuensi dari sinyal yang diuji, tetapi dapat juga mengukur waktu tunda (*delay*), kenaikan sinyal, dan waktu luruh dan bahkan melokalisir glitch yang sekali-kali.

Hal menarik dari kesanggupan *dual-trace*, *quad trace*, bahkan *lightrace* adalah kemampuan untuk melihat sinyal yang berbeda secara bersamaan. Sebagai contoh, Anda dapat melihat pada masukan dan keluaran sebuah gerbang dan dapat mengukur waktu tunda antara sinyal masukan dan keluarannya. Teknik yang berguna lainnya untuk menampilkan secara simultan semua atau sebagian bus data / bus alamat untuk melihat tingkat logik (HIGH = +5 V, LOW = 0 V) dan berapakah bilangan biner yang diwakilinya.

5.5. Teknik Melacak Kerusakan Rangkaian Digital

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

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

Ada beberapa cara yang menarik yang dapat dipakai untuk membantu menemukan IC yang rusak, yaitu:

• Lihat dan sentuh (dengan indra)

Gunakan mata, hidung, dan tangan(gambar 5.32).



Gambar 5.32: Lihat dan Sentuh

Kadang-kadang kerusakan komponen menimbulkan perubahan warna atau munculnya gelembung atau noda hitam. Juga komponen yang terbakar menimbulkan bau khas. misalnya bau kapasitor elektrolit yang pecah. Dan chip yang mengalami hubung-singkat akan terasa panas atau bahkan ada yang sampai retak pada bagian atasnya atau sampingnya. Dengan jari dapat dirasakan daerah yang panas pada *board*.

• Panaskan dan Dinginkan

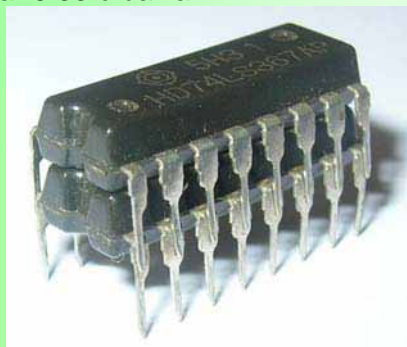
Pengetesan dengan cara ini sangat cepat dan efektif adalah dengan cara memanaskan dan mendinginkan suatu IC sehingga segera diketahui penyebab kerusakan rangkaian tersebut. Sering komponen yang sudah tua menjadi panas setelah dipakai bekerja beberapa lama. Unjuk kerjanya menurun dan akhirnya mulai tersendat-sendat serta mogok. Bila daerah tertentu tempat chip yang diduga rusak

dipanaskan (dengan hair dryer) sehingga kerusakan benar-benar terlihat, dan kemudian didinginkan setiap komponen dengan semprotan pendingin, maka terlihat chip yang rusak itu berfungsi lagi. Dengan berganti-ganti memanaskan serta mendinginkan, dapat diketahui bagian mana yang rusak dengan cepat.

Berhati-hatilah dalam memakai teknik ini, karena perlakuan panas terhadap chip dapat menimbulkan tegangan dan memperpendek umur komponen yang masih baik. Anda hanya perlu menyemprotkan pendingin selama 1-2 detik agar komponen yang panas dapat berfungsi lagi, dan usahakan jangan sampai menyemprot kapasitor elektrolit karena cairan minyak didalamnya bisa mengeras sehingga dapat merubah karakteristik kapasitor tersebut.

- **Penumpukan Chip / IC**

Ciri-ciri IC yang rusak karena putus penghubungnya (kabel) didalam wadah adalah tetap dapat beroperasi saat dingin. Untuk mengecek itu dapat dilakukan dengan cara menumpukkan IC sejenis pada rangkaian tersebut, seperti gambar 5.33 dibawah ini.



Gambar 5.33: Penumpukan IC

Letakkan chip sejenis yang masih baik di atas chip yang diduga rusak. **Ingat-ingat**, sebelumnya matikan catu daya, baru setelah chip terpasang dengan baik, catu daya dihidupkan. Anda harus menekan chip yang di atas agar pinnya kontak dengan baik dengan pin chip di bawahnya.

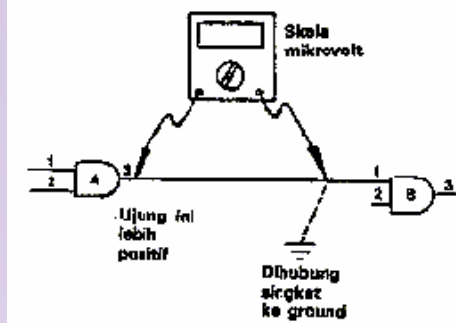
Bila kerusakan disebabkan oleh terbukanya hubungan, maka chip yang di atas akan bereaksi terhadap masukan data dan menghasilkan keluaran yang seharusnya.

- **Pendekatan dengan Chip Sejenis**

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

● **Pengukuran Kabel Hingga Mikrovolt**

Jika Anda memiliki sebuah meter dengan kepekaan mikrovolt dan telah mengisolasi sebuah masalah "stuck low" kedua chip, dapat dicoba teknik yang diperlihatkan dalam gambar 5.34.



Robert C. Brenner, 1986, 157

Gambar 5.34: Mikrovolt meter Untuk Mengetahui Rangkaian Yang Hubung Singkat Ke Ground

Ukurlah turunnya tegangan antara masukan gerbang B pin 1 dan keluaran gerbang A pin 3. Hal ini berarti mengukur ujung-ujung yang berlawanan dari lintasan yang sama atau potongan kabel: Anda tertarik untuk menentukan ujung mana dari lintasan itu yang lebih negatif. Ujung yang terdekat dengan sebuah chip yang rusak akan lebih negatif, sebab chip yang rusak akan mengalami hubungan-singkat tegangan lintasan ke *ground* yang menyebabkan titik ini menjadi lebih negatif daripada pin 3.

Beberapa hal penting yang menyebabkan suatu rangkaian digital mengalami kerusakan adalah sebagai berikut:

- a. Kelebihan tegangan catu daya.
- b. Kelebihan temperatur.
- c. Tegangan input yang berlebihan.
- d. Tegangan pada data bus yang

berlebih.

- e. Pulsa clock yang berlebih tegangannya.

Proses sebenarnya dari diagnosa kesalahan suatu rangkaian digital adalah dengan cara mengoperasikan gerbang-gerbang (*gates*) IC secara berurutan, untuk membandingkan hasil keluarannya dengan yang sebenarnya.

Ada dua cara pemeriksaannya:

1. **Secara dinamis:** dengan cara menerapkan sinyal-sinyal uji dan memeriksa hasilnya dengan menggunakan sebuah osiloskop yang bandwidth (BW) nya lebar. Bandwidth CRO yang paling rendah 10 MHz, dan triggeringnya haruslah baik. Jika tidak, beberapa informasi pulsa akan tidak terdeteksi. Pengujian dengan cara ini akan memper sempit ruang lingkup pencarian suatu kesalahan pada sistem secara keseluruhan.
2. **Secara Statik:** yaitu sebuah gerbang atau fungsi IC pada suatu waktu. Hal ini mungkin dapat mematikan ataupun memperlambat sistem clock generator. Pada tahap ini dapat digunakan alat uji bantu seperti yang telah diterangkan di atas yaitu IC test clip, logik probe dan "pulser logik".

Dan yang terpenting lagi jika dilakukan pengukuran pada IC TTL dengan menggunakan multimeter, maka untuk logik 0 seharusnya dibawah 0,8 Volt dan logik 1 seharusnya di atas 2 Volt. Jadi kalau ada tegangan keluaran IC TTL di antara 0,8Volt

sampai 2 Volt berarti IC tersebut ada masalah.

Kondisi-kondisi kesalahan bagi suatu pintu tunggal diilustrasikan di gambar 5.35 (a) dan (b). Pada (a) Keluaran "stuck" di 0 keluaran seharusnya logik 1.

Kemungkinan kerusakan.

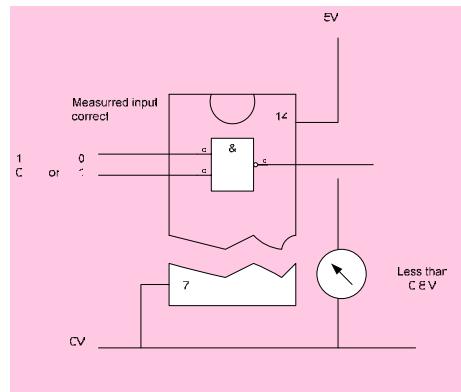
Transistor dalam terhubung singkat, atau jalur daya +5V membuka baik dalam maupun luar.

Pada (b) Keluaran "stuck" di 1, dengan logik 1 di masukan-masukan, keluaran seharusnya lebih kecil dari 0,8 V

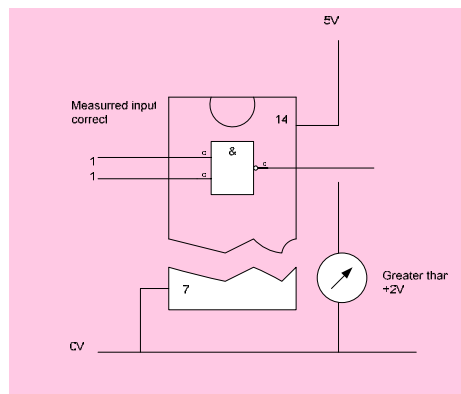
Kemungkinan Kesalahan :

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

Dalam suatu sistem yang masukan-masukannya disuplai oleh keluaran-keluaran gerbang lainnya dan keluarannya dapat mengendalikan beberapa masukan-masukan dari gerbang-gerbang kendali, seperti Gambar 5.36 dimana pintu A dengan keluarannya yang "Stuck" permanen di 0. Pemeriksaan bahwa masukan - masukan yang tepat tidak memaksakan suatu perubahan keadaan, yaitu mengambil suatu masukan turun ke 0, kita dapat menganggap bahwa kesalahannya ada di pintu A. Tetapi hal ini dapat tidak benar, karena hubung singkat menjadi 0V dari masukan di gerbang-gerbang B, C, atau D juga membuat keluaran A di 0 V.



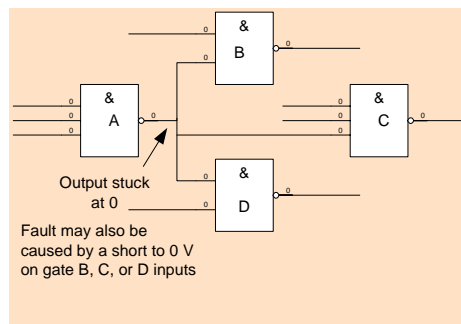
(a)



(b)

GC Loveday, 1980, 89

Gambar 5.35:Kondisi-Kondisi Kesalahan yang Mungkin Disuatu Gerbang Tunggal.



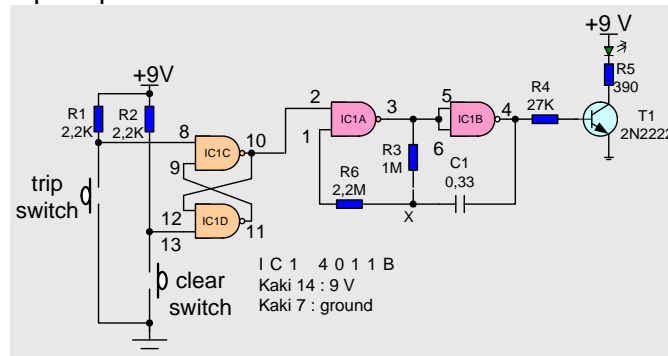
GC Loveday, 1980, 89

Gambar 5.36: Keluaran Mensuplai Beberapa Masukan

5.6. Contoh Kasus Kerusakan Rangkaian Digital

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

- **Rangkaian pertama** adalah rangkaian lampu kedip dengan memori seperti pada Gambar 5.35.



GC Loveday, 1980, 93

Gambar 5.37: Rangkaian Lampu Kedip dengan Memori

Cara kerja rangkaiannya adalah: Rangkaian ini menggunakan IC CMOS sehingga arus yang diambil sangat kecil (efisien). Ada dua bagian penting dalam rangkaian ini, yaitu untuk gerbang C dan D bekerja sebagai rangkaian memori satu bit paling sederhana (RS FF). Sedangkan gerbang A dan B bekerja sebagai rangkaian osilator frekuensi rendah. Jika saklar *trip* ditekan maka pin 8 mendapat rendah (logik 0) sesaat sehingga pin 10 akan tinggi (logik 1) terus (termemori) sampai saklar *clear* ditekan maka pin 10 akan rendah. Saat pin 10 tinggi maka rangkaian osilator bekerja sehingga keluaran dari gerbang D akan berubah-ubah berbentuk pulsa (bergantian logik 0 dan 1) dan ini dipakai untuk mengonkan/mengoffkan transistor secara bergantian, sehingga LED juga berkedip hidup dan mati. Frekuensi rangkaian ini ditentukan oleh besarnya C1 dan R3, makin kecil harga C1 dan R3 maka frekuensinya makin tinggi. Jika rangkaian ini akan dimodifikasi menjadi rangkaian alarm maka harga C1 atau R3 dirubah ke harga yang lebih kecil {bisa dicoba-coba atau gunakan rumus mencari frekuensi $f \approx 0,7 / (R3.C1)$ Hz} dan LED diganti dengan speaker.

Sebelum mempelajari kerusakan rangkaian ini maka kita harus lebih dahulu mengetahui logik-logik apa saja yang terdapat pada keluaran masing-masing gerbang saat bekerja normal, yaitu:

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

Kondisi logik A adalah keadaan logik setelah saklar *trip* ditekan sesaat. Kondisi logik B adalah keadaan logik setelah saklar *clear* ditekan sesaat. 1/0 atau 0/1 adalah kondisi pulsa dilihat dengan logik *probe*.

Untuk beberapa kerusakan di bawah ini akan kita pelajari melalui data yang ada.

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

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

Dari data di atas, jelas bahwa rangkaian RS FF tak ada masalah, jadi yang bermasalah adalah rangkaian osilatornya tak bekerja, hanya berfungsi sebagai gerbang-gerbang saja. Jadi komponen yang membuat beresilasi ada yang rusak yaitu **R3 terbuka** atau **C1 hubung singkat**.

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

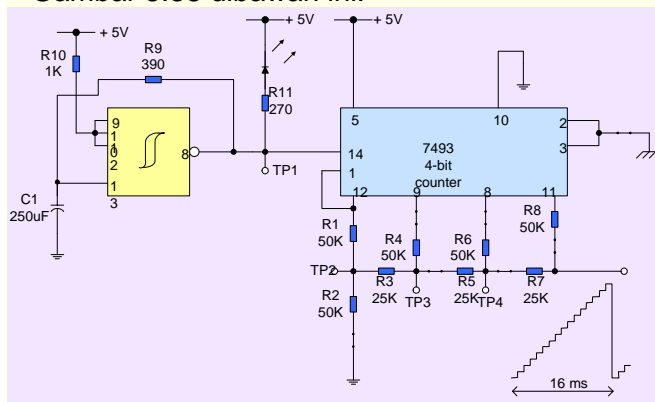
Kaki 10	Kaki 1	Kaki3	Kaki 4	Basis T1
1	1/0	0/1	1/0	0

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

c. **Kerusakan ke 3:** LED akan hidup terus tak berkedip setelah saklar *trip* ditekan sesaat, tetapi jika saklar *clear* ditekan sesaat maka LED akan mati lagi. Dari data di atas, jelas rangkaian FF bekerja dengan baik, tetapi rangkaian osilatornya tak bekerja hanya sebagai pelewat gerbang-gerbang biasa. Jadi komponen yang rusak adalah **C1 terbuka** atau **R6 terbuka**.

Jadi hanya dengan menggunakan sebuah alat logic probe kita sudah dapat menganalisa sebuah rangkaian digital sederhana dari kerjanya sampai saat ada kerusakan pada rangkaian tersebut.

• **Rangkaian kedua** adalah rangkaian ramp generator seperti pada Gambar 5.38 dibawah ini:



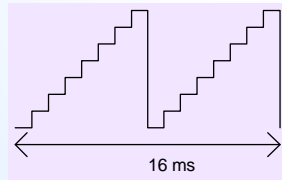
GC Loveday, 1980, 100
Gambar 5.38: Rangkaian Ramp Generator

Cara kerja rangkaian ini adalah: generator ramp digital, yang dibangun dari IC 7493 (penghitung 4 bit) dengan ditambah jaringan ladder R-2R. jaringan ini biasa digunakan pada rangkaian DAC. Rangkaian ini menggunakan TTL yang menghasilkan output ramp 16 tangga. Osilator berdasarkan schmitt trigger menghasilkan pulsa untuk menaikkan pencahah biner 4-bit (7493). Pencacah ini membagi frekuensi masukan dengan 2, 4, 8 dan 16 sehingga bentuk gelombang 16-step akan muncul pada keluaran jaringan ladder R-2R. Osilator menghasilkan sekitar 1KHz sehingga bentuk gelombang tangga dapat mudah diamati.

Bentuk gelombang ramp ini banyak digunakan dalam banyak peralatan dan pengukuran yang biasanya membutuhkan linearitas yang baik. Jadi kondisi normalnya dapat dilihat dengan osiloskop pada masing –masing Tpnnya. Dimana TP1 berbentuk pulsa gelombang kotak sebagai pengirim pulsa kerangkaian rampnya, sehingga dihasilkan pada keluarannya bentuk tangga 16 step (lihat Gambar 5.38).

Beberapa kerusakan akan kita tinjau di bawah ini:

- a. **Kerusakan ke 1:** didapat frekuensi keluarannya menjadi dua kalinya tapi bentuk tangganya hanya 8 step saja seperti Gambar 5.39.



Gambar 5.39: 8 Step Tangga

Disini terlihat ada satu langkah yang hilang sehingga keluarannya berubah menjadi 8 step saja dengan frekuensi dua kali lipat dari normalnya, yaitu pada step terakhir (kaki 11 7493) tak terhubung, jadi kerusakannya sudah pasti **R8 terbuka**.

- b. **Kerusakan ke 2:** suatu gelombang kotak muncul pada keluarannya dengan frekuensi sama dengan frekuensi ramp. Jelas selama keluaran masih ada walau salah maka IC 74123 maupun 7493 masih bekerja, jadi hanya pada rangkaian diluar IC tersebut. Karena hanya menjadi satu pulsa dalam waktu sama dengan ramp, maka bagian **R7 terbuka** karena fungsi ladder menjadi tak ada (kaki 8, 9, 12 tak muncul pada keluarannya).

Dari kerusakkan di atas dapat disimpulkan bahwa saat kerusakan R7 maka jumlah step pada keluaran akan berubah tetapi frekuensinya tetap normal, sedangkan untuk kerusakan R8 baik jumlah step maupun frekuensinya berubah.

Rangkuman

- Ada bermacam-macam tipe IC digital, yaitu: RTL, DCTL, DTL, TTL, ECL, CMOS, LOCMOS, PMOS, NMOS, IIL, SSI, MSI dan LSI, yang masing-masingnya mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.
- IC digital yang banyak digunakan pada rangkaian secara umum saat ini adalah IC TTL dan CMOS.
- Rangkaian memori pada IC digital (Flip-Flop) dapat digunakan untuk membuat rangkaian *counter* (penghitung) dan *register*.
- Peralatan Bantu untuk mencari kerusakan pada rangkaian digital, selain multimeter dan osiloskop biasanya agak khusus, seperti: klip logik, logik probe, pemulsa logik dan penguji IC digital.
- Teknik melacak kerusakan rangkaian digital adalah: lihat dan sentuh, panaskan dan dinginkan, penumpukan IC, pendekatan dengan IC sejenis dan pengukuran yang sangat teliti.

Soal latihan Bab 5

1. Sebutkan macam-macam tipe IC digital yang ada !
2. Apa kelebihan dan kekurangan IC TTL dibandingkan dengan CMOS ?
3. Terangkan kerja rangkaian *counter* (penghitung) dan buat rangkaiannya untuk dapat menghitung sampai dengan 16 desimal. Membutuhkan berapa IC ?
4. Apa guna dari logik probe itu ? Terangkan bagaimana menggunakan alat ukur tersebut dengan benar.
5. Kapan dilakukan teknik melacak kerusakan rangkaian digital dengan cara:
 - a. panaskan dan dinginkan
 - b. penumpukan IC

Tugas Kelompok

Dengan membentuk kelompok masing-masing 3 orang kerjakanlah tugas di bawah ini dengan cara didiskusikan:

Dengan melihat gambar rangkaian 5.37 pada hal 5-24 coba analisislah permasalahan yang terjadi dan tentukan komponen mana yang rusak, jenis kerusakannya dan alasannya, bila: **keluaran menjadi 4 step** saja tetapi **frekuensinya tidak berubah**.

6. PELACAKAN KERUSAKAN SISTEM ANALOG

6.1. Catu Daya Teregulasi Linear

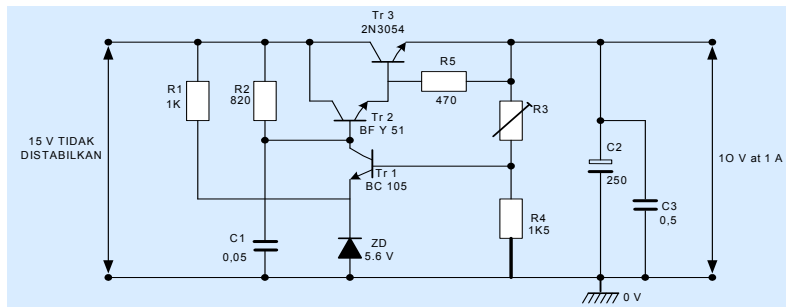
6.1.1. Pendahuluan

Kita telah mengetahui bahwa hampir setiap sistem ataupun peralatan elektronika memakai rangkaian catu daya di dalamnya dan sangat bervariasi rangkaiannya, tetapi mempunyai dasar yang sama. Dari diagnosis kesalahan yang ditemukan pada umumnya terletak di bagian catu daya, oleh karena itu sangat penting untuk mempelajari lebih dahulu berbagai macam jenis catu daya. Catu daya digunakan untuk mengoperasikan sistem atau instrumen, dapat berupa baterai tetapi pada umumnya memakai sumber daya utama arus bolak-balik satu fasa yang dirubah menjadi suatu tegangan searah yang stabil.

Ada **dua metoda pokok** yang digunakan meregulasi dan menstabilkan tegangan searah (dc), yaitu:

- **Regulator seri linier**: digunakan untuk kebutuhan daya yang sederhana / kecil (lihat gambar 6.1).
- **Switching Mode Power Unit (SMPU)** : untuk keperluan daya yang besar (lihat gambar 6.2).

Sistem *switching* lebih efisien karena menghantarkan sedikit panas dan mengambil tempat yang kecil, bila dibandingkan dengan regulator linier yang konvensional.



Gambar 6.1: Contoh Rangkaian Regulator Seri Linear



Gambar 6.2: Contoh Regulator Switching Untuk Komputer

Ada 2 (dua) macam unit daya, yaitu :

- **Inverter**

Inverter adalah unit daya yang memproduksi output daya arus bolak-balik dari tegangan input arus searah. Frekuensi outputnya bisa 50 Hz sampai dengan 400 Hz (gambar 6.3)

Contohnya : lampu darurat, UPS.

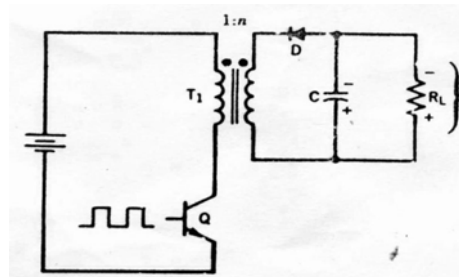
- **Converter**

Converter pada dasarnya adalah suatu inverter yang diikuti oleh penyearah, atau dengan kata lain perubahan arus searah menjadi arus searah lagi (gambar 6.4).

Contoh : Instrumen portable dalam memperoleh tegangan searah 1 KV dengan arus 1 mA untuk mensupply tabung dari baterai 9 Volt.



Gambar 6.3: Lampu Darurat Sebagai Rangkaian Inverter

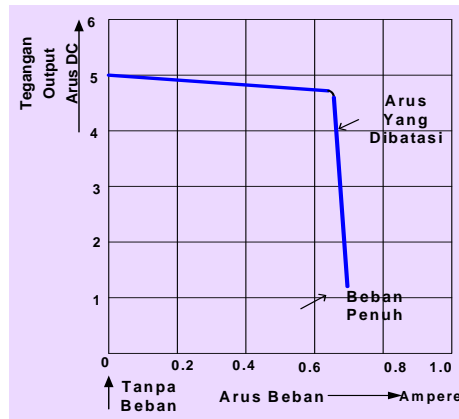


Gambar 6.4: Rangkaian Converter

6.1.2. Parameter catu daya teregulasi linear

Sebelum diadakan pengujian dan perbaikan catu daya teregulasi, maka harus diketahui lebih dahulu parameter-parameter penting untuk menentukan langkah kerjanya, yaitu:

- Daerah (Range)**, yaitu batas maksimum dan minimum dari tegangan dan arus keluaran catu daya.
- Regulasi Beban**, yaitu perubahan maksimum dalam tegangan disebabkan oleh perubahan arus beban dari tanpa beban ke beban penuh. Persentase regulasi dari catu daya diberikan dengan rumus



Gambar 6.5: Contoh Kurva Regulasi Beban Untuk Catu Daya Teregulasi Linear

$$\text{Regulasi (\%)} = \frac{\text{TeganganBe banNol} - \text{TeganganBe banPenuh}}{\text{TeganganBe ban}} \times 100\%$$

Hal ini dilustrasikan dalam gambar 6.5 dan digambarkan grafik regulasi beban untuk catu daya 5 Volt.

c. Regulasi line

Perubahan maksimum tegangan output sebagai hasil dari perubahan tegangan input arus bolak balik. Sering dinyatakan sebagai perbandingan persentase, contoh perubahan tegangan input utama adalah $\pm 10\%$ menyebabkan perubahan output $\pm 0.01\%$

d. Impedansi output

Perubahan tegangan output dibagi oleh perubahan kecil dalam arus beban pada beberapa frekuensi yang terspesifikasikan (misalnya 100 KHz).

$$Z_{out} = \frac{\delta V_o}{\delta I_L}$$

Pada frekuensi rendah rumus diatas untuk perubahan arus beban sangat lambat, maka bagian resistif dari Z_{out} menonjol. R_{out} dapat dibaca dari grafik regulasi beban (lihat Gambar 6.5) dan untuk unit daya yang sesuai paling banyak beberapa ratus miliohm.

e. Ripel dan Derau: yaitu harga puncak ke puncak atau rms dari setiap sinyal bolak-balik atau sinyal acak yang masuk kedalam tegangan searah dengan seluruh operasi dan parameter lingkungan bertahan konstan. Ripel akan keluar pada beban penuh atau kemungkinan lain pada harga yang dispesifikasikan dari arus beban.

f. Respon Transien: yaitu waktu yang diambil tegangan keluaran searah dalam memperoleh tegangan 10 mV dari keadaan harga *steady state* (selanjutnya disebut keadaan tetap) mengikuti aplikasi mendadak pada beban penuh.

g. Koefisien Temperatur: yaitu persentase perubahan dalam tegangan keluaran searah dengan temperatur pada harga-harga yang ditetapkan dari masukan utama arus bolak-balik dan arus beban.

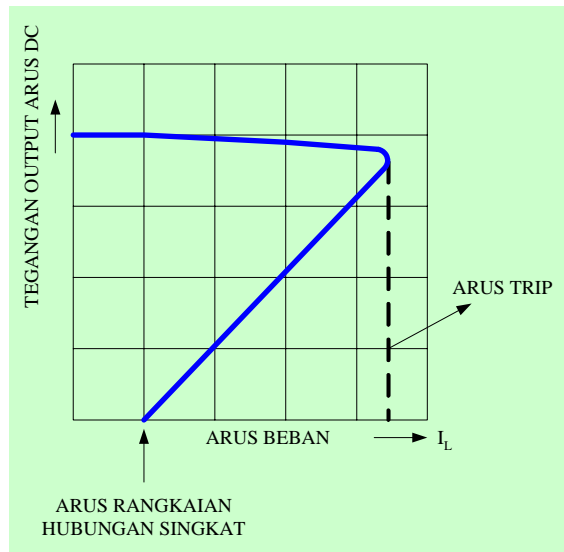
h. Stabilitas: yaitu perubahan tegangan keluaran terhadap waktu, dengan mengambil asumsi bahwa panas yang dicapai oleh unit seimbang dan tegangan masukan bolak-balik, arus beban dan ambien temperatur semuanya konstan.

i. Efisiensi: yaitu perbandingan daya keluaran terhadap daya masukan diekspresikan dalam persen.

Sebagai **contoh**, catu daya 24 volt yang mempunyai tegangan utama 240 volt, arus bolak-balik yang diperlukan adalah 200 mA, apabila kemudian catu daya dibebani arus keluaran 1,2 A, maka efisiensinya :

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= \frac{V_o I_L}{V_{ac} I_{ac}} \times 100 \% \\
 &= \frac{24 \times 1.2}{240 \times 0.2} \times 100 \% = 60 \%
 \end{aligned}$$

- j. **Batas arus (*current limiting*):** yaitu metode yang digunakan untuk mengamankan komponen catu daya dan rangkaian-rangkaian yang diberi catu oleh unit itu dari kerusakan disebabkan oleh arus beban lebih. Arus keluaran *steady state* maksimum dibatasi sampai dengan beberapa harga yang aman (lihat gambar 6.5).
- k. **Batas arus balik (*foldback current limiting*):** yaitu perbaikan terhadap batas arus yang sederhana. Jika harga dari arus beban melebihi yang ditentukan, maka catu daya akan mensaklar untuk membatasi arus menjadi harga lebih kecil (lihat gambar 6.6).



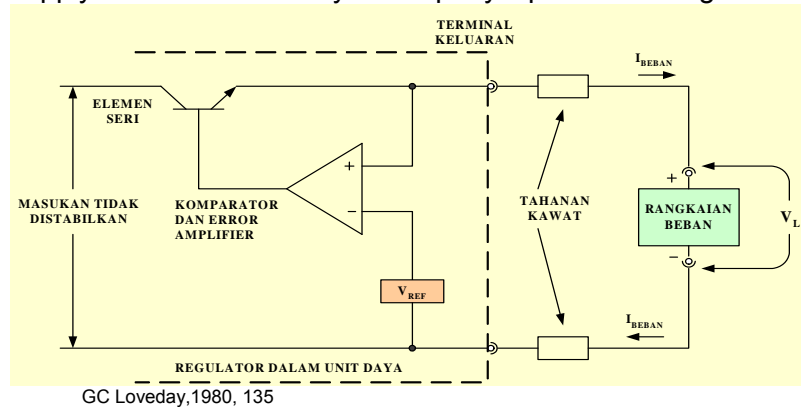
Gambar 6.6: Karakteristik Batas Arus Balik

Dengan memakai parameter tersebut di atas, maka contoh spesifikasi khusus untuk unit catu daya yang sederhana adalah sebagai berikut :

- tegangan masukan 110 V/220 V_{ac} frekuensi 50 Hz/60 Hz;
- tegangan keluaran + 24 V;
- arus keluaran 1.2 A maksimum;
- daerah temperatur -5 °C s/d 45 °C;
- koefisien temperatur 0.01 %/ °C;
- garis regulasi 10 % dari perubahan utama menghasilkan perubahan keluaran 0.1 %;
- regulasi beban 0.2 % dari nol ke beban penuh.

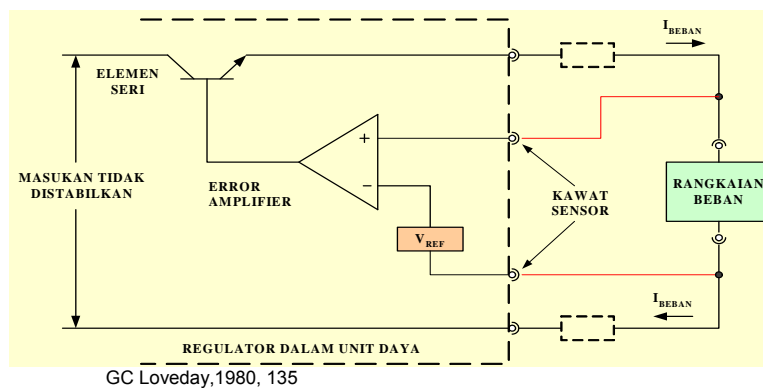
6.1.3. Cara-cara Pengawatan Catu Daya dan Masalahnya

Didalam beberapa kemungkinan situasi unit daya dibutuhkan untuk mensupply beban melalui kawat yang cukup panjang seperti pada gambar 6.7. Pada gambar dapat dilihat arus beban mengalir dari supply dan kembali ke kawat yang lain, sehingga akan timbul drop tegangan menyebabkan tegangan sepanjang beban akan lebih kecil dari tegangan terminal power supply dan konsekuensinya mempunyai penurunan regulasi.



Gambar 6.7: Beban Jarak Jauh Dari Terminal-Terminal Catu Daya

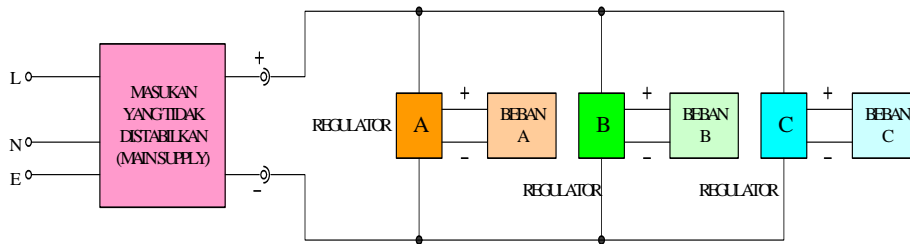
Salah satu teknik yang digunakan untuk memperbaiki hal ini dinamakan **remote sensing** (selanjutnya disebut dengan penginderaan jarak jauh), yaitu dua buah kawat ekstra digunakan untuk mengkompensasikan efek tahanan kawat yang panjang (gambar 6.8). Efek dari teknik ini menyebabkan tahanan kawat catu akan menjadi *lup* umpan-balik dari regulator. Hal ini memberikan regulasi optimum pada beban dari pada langsung dari terminal keluaran catu daya. Arus yang dibawa oleh dua kawat sensor sangat kecil, sehingga dapat digunakan kawat kecil saja menggunakan pelindung ground coaxial untuk menghindari pengaruh interferensi.



Gambar 6.8: Remote Sensing Untuk Kompensasi Tahanan Kawat

Teknik penginderaan jarak jauh hanya dapat digunakan untuk memberikan regulasi optimum pada satu beban. Jika catu daya digunakan untuk memberikan *supply* beban dalam hubungan paralel, maka digunakan teknik yang lain.

Contoh sederhana diperlihatkan pada gambar 6.9 di bawah ini.

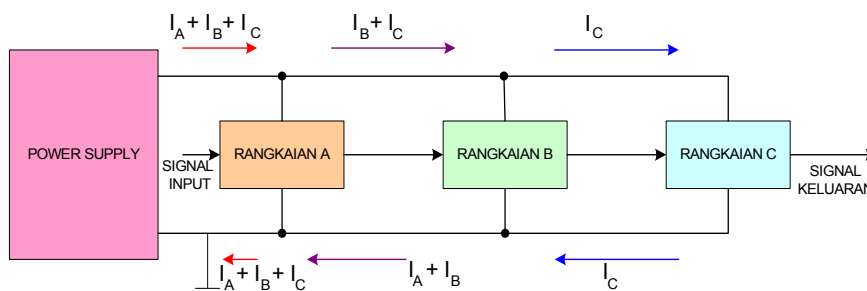


GC Loveday, 1980, 135

Gambar 6.9: Regulator-regulator yang memakai *point of load*

Tiap beban dilengkapi dengan masing-masing rangkaian regulator IC yang sudah mudah didapat dan murah harganya. Unit catu daya utama yang men-*supply* ketiga regulator terpisah biasanya tidak stabil. Dalam beberapa situasi, yaitu satu unit daya teregulasi men-*supply* beberapa rangkaian, maka susunannya harus di hubungkan dengan sedemikian rupa, sehingga gangguan yang diakibatkan oleh transmisi sinyal dari satu rangkaian ke rangkaian berikutnya minimum.

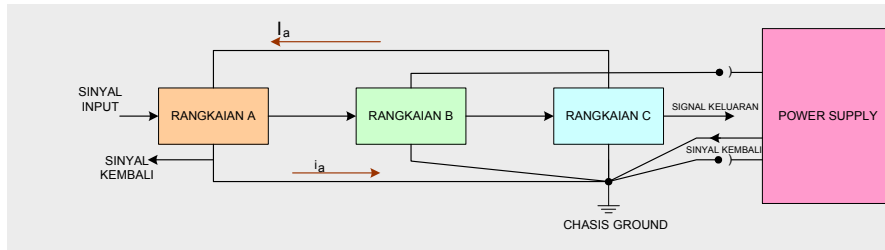
Gambar 6.10 memperlihatkan contoh hubungan paralel, rangkaian C atau B tidak dapat dihubungkan apabila bebannya terlalu berat, selama arus dari rangkaian dapat di *set-up* oleh sinyal interferensi pada rangkaian A.



GC Loveday, 1980, 136

Gambar 6.10: Distribusi Paralel

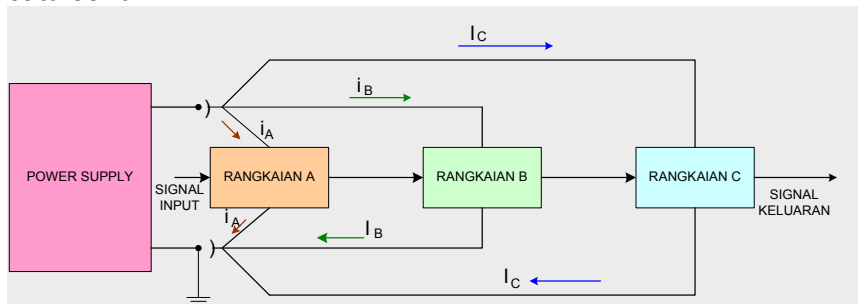
Gambar 6.11 menunjukkan perbaikan susunan untuk gambar 6.10, dalam hal ini rangkaian paling sensitif adalah A, dicatu lewat kawat penghujung tersendiri yang tidak membutuhkan kawat yang besar. Rangkaian B dan C diparalel dan diposisikan dekat catu daya.



GC Loveday,1980, 136

Gambar 6.11: Perbaikan Susunan Untuk Gambar 6.10.

Distribusi satu titik *single point*, diperlihatkan pada gambar 6.12, jelas disini adalah **solusi terbaik**, yaitu tiap-tiap rangkaian mempunyai kawat catu sendiri.



GC Loveday,1980, 136

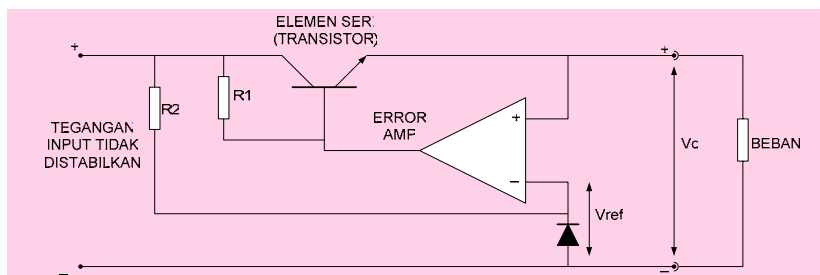
Gambar 6.12: Distribusi Satu Titik Solusi Terbaik

Jadi metoda distribusi daya tidak boleh simpang siur atau mengganggu selama perbaikan atau tes. Penampilan sistem akan menimbulkan perubahan dengan mengatur kembali posisi kawat-kawat catu atau merubah pentahanannya.

6.1.4. Regulator Seri Linier

Regulator seri linier adalah suatu rangkaian yang umumnya digunakan untuk kebutuhan-kebutuhan daya medium dan sekalipun rangkaian hanya sederhana, sudah mampu untuk memberikan daya guna yang lebih baik.

Secara blok diagram diberikan pada gambar 6.13 sebagai berikut::



GC Loveday,1980, 139

Gambar 6.13: Diagram Blok Regulator Seri Linear

Input yang tidak stabil (V_i) dimasukkan untuk membangkitkan tegangan acuan dan membias ke penguat error, tegangan output (V_o) yang terjadi dibandingkan dengan tegangan acuan oleh penguat error. Sinyal error ini diberikan pada elemen seri, yang biasanya berupa transistor daya NPN. Jika terjadi tegangan output mengecil maka akan menyebabkan sinyal error diperkuat oleh penguat error yang menyebabkan elemen lintasan seri memperbesar tegangan output. Sebaliknya, jika tegangan output terlalu tinggi maka sinyal error dengan polaritas berlawanan juga diperkuat oleh penguat error yang menyebabkan elemen lintasan seri mengurangi arus output dan tegangan outputnya.

Elemen seri ini adalah transistor daya dihubungkan sebagai emitter follower yang memberikan impedansi output rendah untuk mengontrol beban.

Sedangkan contoh catu daya teregulasi yang tersedia dipasaran seperti pada gambar 6.14.

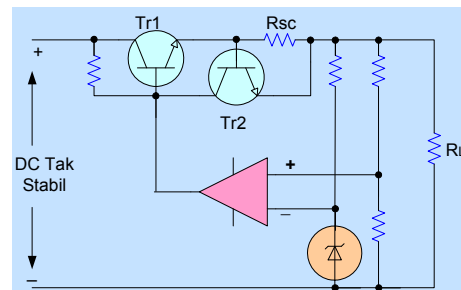


Gambar 6.14: Contoh Catu Daya Teregulasi Dipasaran

Banyak tersedia rangkaian regulator seri linear dipasaran, tapi yang akan dibahas disini tak semuanya. Ada tiga rangkaian regulator seri yang penting dan mempunyai pengaman, yaitu:

● **Pembatas Arus Regulator Seri:**

Dasar rangkaian pembatas arus regulator seri diperlihatkan pada gambar 6.15. Rangkaian sederhana yang memakai komponen di atas tidak menurunkan keandalan dari catu daya. R_{sc} adalah hambatan untuk memonitor arus beban. Jika sesuatu sebab lebih, tegangan pada R_{sc} naik sampai 600 mV, Tr2 menghantar dan membelokkan arus basis keluar dari Tr1, sehingga karakteristiknya akan seperti Gambar 6.5. Sebagai contoh R_{sc} adalah 1 Ohm, maka akan membatasi arus beban sekitar 600 mA dan tegangan pada R_{sc} adalah cukup untuk mengoperasikan Tr2.

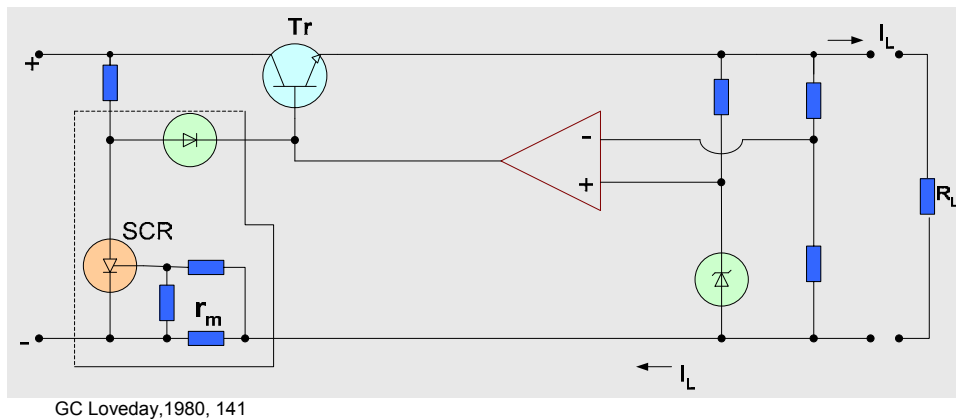


GC Loveday, 1980, 141

Gambar 6.15: Rangkaian Pembatas Arus Regulator Seri

- **Rangkaian Pengaman Beban Arus Balik (*Foldback Current Limiting*).**

Sifat yang berguna dari catu daya adalah akan memberikan tegangan keluaran mendekati nol, jika harga dari arus beban berlebihan, untuk itu diperlukan rangkaian tambahan berupa beban arus balik (*foldback current limiting*) seperti pada gambar 6.16. Tahanan R_m dipasang di dalam *line* yang kembali atau balik, dan tegangan yang dibentuk sepanjang hambatan digunakan untuk mensaklar ON thyristor secepat arus trip beban lebih melampaui, thyristor ON dan tegangan sepanjang thyristor adalah turun sekitar 0,9 volt. Hal ini tidak cukup untuk bias maju dioda D dan Tr, sehingga tegangan keluaran akan menjadi nol. Sebuah LED kadang-kadang dapat dipasangkan untuk mengindikasikan bahwa kesalahan arus lebih telah terjadi. Beban arus balik adalah sangat efektif dalam menjaga kerusakan terhadap transistor pelewat seri saat terjadi hubung singkat antara terminal + dan terminal -.

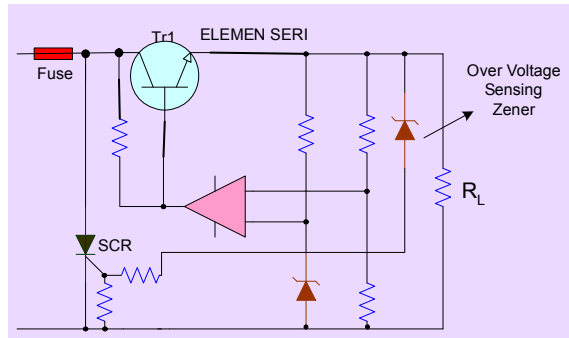


Gambar 6.16: Rangkaian Pengaman Beban Arus Balik

- **Rangkaian Pengaman Tegangan Lebih (*Over Voltage Protection*).**

Sangat penting juga regulator seri mencatu suatu beban IC yang sensitif, seperti halnya TTL. Dengan TTL jika catu daya melebihi 7 volt maka IC TTL tersebut akan rusak, untuk itu diperlukan rangkaian pengaman tegangan lebih seperti gambar 6.17.

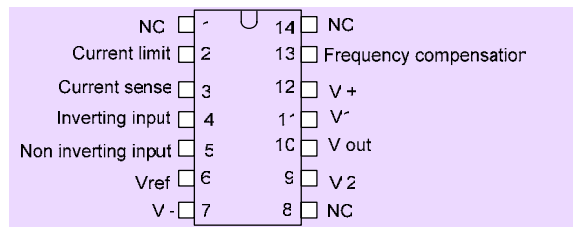
Dioda zener digunakan untuk mensensor tegangan keluaran dari catu daya. Jika tegangan naik, sehingga zener menghantar dan SCR akan dihidupkan mengakibatkan arus akan mengalir hampir seluruhnya lewat SCR dan menyebabkan fuse terbakar. Maka tegangan pada kolektor Tr1 (elemen seri) turun sangat cepat sampai nol karena fuse terbakar. Jadi disini yang dikorbankan adalah fusesnya, fuse akan putus saat ada kenaikan tegangan pada outputnya tetapi rangkaian regulator tak akan menjadi rusak juga rangkaian yang di catu oleh regulator jenis ini.



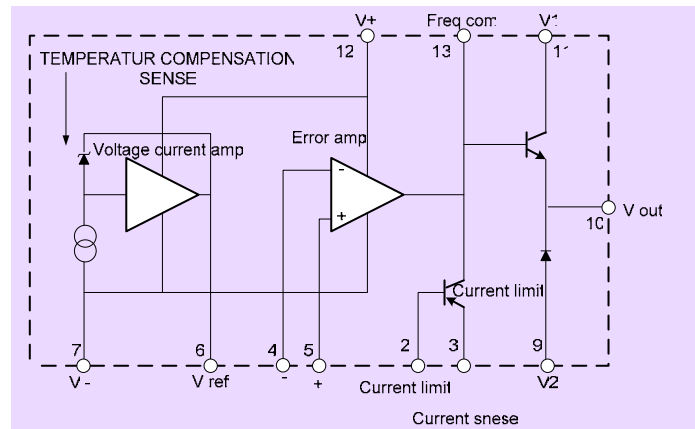
GC Loveday,1980,141

Gambar 6.17: Rangkaian Pengaman Tegangan Lebih

Kebanyakan catu daya yang modern menggunakan IC regulator, sehingga rangkaian menjadi lebih sederhana sehingga bila terjadi kerusakan lebih mudah diatasinya. IC regulator yang paling populer saat ini dan murah serta serbaguna adalah IC regulator μA 723 A.



a.Konfigurasi PIN



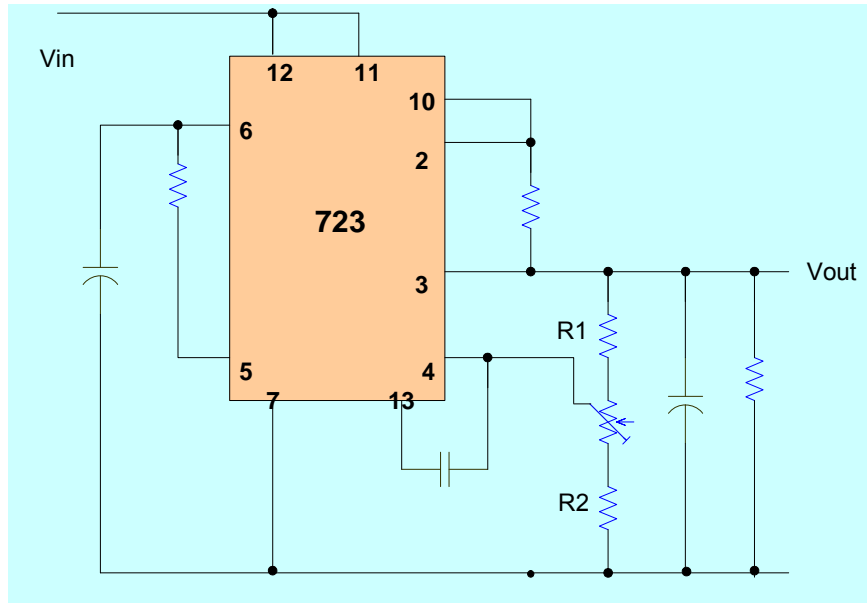
GC Loveday,1980, 142

b. Rangkaian Dalam

Gambar 6.17: IC Regulator μA 723 A

Rangkaian dalam dari IC ini terdiri dari catu referensi, penguat penyimpangan, transistor pelewat seri dan transistor pembatas arus. Hubungan untuk berbagai macam variasi dapat dilakukan pada IC ini tergantung pemakaian untuk merencanakannya secara fleksibel sesuai dengan kebu-

tuhannya. Tegangan referensi adalah tegangan yang diberikan pada pin 6 dengan tegangan $7,15 \text{ volt} \pm 0,2 \text{ volt}$, dan ini dapat dihubungkan langsung pada masukan *non-inverting* atau lewat pembagi tegangan. Sebuah rangkaian dasar regulator dengan menggunakan IC 723 diperlihatkan pada Gambar 6.19, yang memberikan tegangan output dari 7 volt sampai dengan 37 volt.



Gambar 6.19: Regulator 7 V Sampai Dengan 37 V

Persamaan untuk menghitung tegangan output adalah:

$V_{out} = (R1 + R2) \cdot V_{ref} / R2$. Jadi harga tegangan outputnya dapat berubah-ubah sesuai dengan perbandingan R1 dan R2 yang dapat diatur dari potensiometer. Kemampuan arus output dari rangkaian di atas sangat terbatas, untuk menambah kekuatan arus sampai 2 Ampere dapat dilakukan hanya dengan menambah sebuah transistor daya tanpa harus banyak merubah rangkaian. Caranya dengan sebuah transistor 2N3055 dihubungkan kerangkaian di atas dimana basis transistor dihubungkan ke IC pin 10 (output), kemudian emitemnya dihubungkan ke IC pin 2, sedangkan kolektornya dihubungkan ke input bersama IC pin 11 dan 12. Maka sekarang rangkaian akan tetap dapat diatur tegangan outputnya dengan kekuatan arus yang bertambah menjadi 2 Ampere.

Dua hal yang penting untuk diketahui menyangkut IC μA 723 A sebagai berikut :

- Tegangan harus selalu paling tidak 3 V atau lebih besar dari tegangan keluaran ;
- Kapasitor dengan tegangan rendah harus dihubungkan dari pin frekuensi kompensasi ke masukan *inverting*. Hal ini untuk menjamin rangkaian tidak osilasi pada frekuensi tinggi.

6.1.5. Teknik Pelacakan Kerusakan Pada Regulator Seri

Bila melacak kerusakan pada catu daya, **pastikan untuk melokalisasi dan memperbaiki masalahnya** dan jangan hanya mengganti komponen yang rusak. Misalnya: sekering yang selalu putus menandakan bahwa ada kerusakan komponen lain dalam rangkaian atau resistor yang terbakar menandakan bahwa sebuah transistor atau kapasitor telah mengalami kerusakan hubung singkat dan lain sebagainya.

Langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Pemeriksaan Visual:

Pelacakan sebaiknya dimulai dengan memeriksa catu daya secara visual dengan baik. Periksa sekering atau set kembali pemutus rangkaian dan carilah komponen yang terbakar, patah, hangus atau retak. Komponen-komponen tersebut harus diganti dahulu. Apabila catu daya masih dalam keadaan ON, sentuh transistor pelewat seri, regulator tegangan atau komponen aktif lain untuk melihat bila ada yang masih panas dari pada yang seharusnya. Beberapa komponen biasanya dalam kondisi hangat. Hati-hati untuk mengerjakan langkah ini. Gunakan alat pengukur temperatur bila memungkinkan.

b. Pengukuran Tegangan:

Agar praktis lepaskan beban dari catu daya, kemudian ukur tegangan keluarannya. Bila tegangan yang terukur sesuai, masalahnya mungkin terletak pada beban dan



Gambar 6.20: Beberapa Langkah Pemeriksaan Visual dan Pengukuran Tegangan

bukan pada catu dayanya. Teknik pelacakan berikut disebut pemisahan dan penyelesaian masalah (*divide and conquer*). Mulailah pada keluaran dari rangkaian yang dicurigai, bila anda mendapatkan tegangan yang sesuai lanjutkan langkah awal ini dengan membagi rangkaian menjadi bagian-bagian logis. Masalahnya mungkin terletak pada bagian atau tahap sebelumnya. Misalnya, apa bila sekering primer catudaya putus, anda perlu melepaskan bagian regulator dari bagian penyearah dan kemudian lihat, apakah rangkaian tersebut masih membuat sekering rusak lagi. Hal ini akan menunjukkan kepada anda, apakah kerusakan terjadi pada bagian regulator atau bukan. Pengukuran dengan osiloskop juga bisa digunakan, terutama bila catu daya beresilasi. Kerusakan jenis ini biasanya disebabkan oleh kapasitor bypass yang terletak dekat IC regulator atau penguat penyimpangan (tergantung pada tipe rangkaian regulator yang digunakan).

c. Pengukuran Arus:

Pengukuran arus dapat menunjukkan apakah rangkaian pembatas arus bekerja atau tidak, dan apakah setiap transistor pelewat mencatu beban dengan sesuai atau hanya sebuah transistor saja yang bekerja. Bila amperemeter tidak tersedia, anda dapat menempatkan sebuah resistor kurang lebih $0,1\Omega$ yang berdaya tinggi pada bagian yang dilewati arus. Ukur tegangan yang melalui resistor kemudian hitung arus yang melaluinya dengan menggunakan hukum Ohm ($I=E/R$), dengan I adalah arus dalam ampere.

E adalah tegangan dalam volt dan R adalah resistansi dalam ohm.

d. Kerusakan yang biasanya terjadi:

- **Komponen:** Dioda penyearah, IC regulator, transistor pelewat seri atau kapasitor filter hubung-singkat atau terbuka. Gantilah komponen tersebut sesuai dengan yang diperlukan, tetapi yakinkan untuk **menemukan sumber kerusakan** sebelum memperbaiki catu daya.
- **Regulasi tegangan tidak sesuai :** Periksalah regulator, komponen referensi tegangan (*dioda zener*) atau penguat penyimpangan (IC Op-Amp) pada gambar 6.14. Bila setelah beban dilepas tegangan keluarannya nol, periksa bagian rangkaian yang tidak benar kerjanya.
- **Catu daya beresilasi:** Periksalah kapasitor bypass IC bila digunakan regulator tegangan IC ($C=500\text{pF}$ pada gambar 6.18). Bila menggunakan transistor atau op-amp, periksalah bypass yang lain atau kapasitor penstabil dari detector penyimpangan atau penguat penyimpangan.
- **Transistor pelewat seri terlalu panas:** Periksa transistor pelewat seri. Bila digunakan transistor pelewat lebih dari satu dan dipasang parallel (Lihat gambar 6.21), yakinkan bahwa transistor tersebut sesuai. (Salah satu transistor kemungkinan dapat mencatu arus lebih besar daripada transistor lainnya dan menimbulkan panas berlebih). Juga panas yang ditimbulkan selama peralatan bekerja dapat disebabkan oleh perubahan harga resistor

Pelewat seri, rangkaian pembatas arus akan tidak bekerja, sehingga transistor pelewat akan menjadi panas secara berlebihan. Hal ini memungkinkan transistor tersebut menjadi rusak. Bila transistor pelewat digerakkan oleh sebuah IC regulator, maka panas berlebih pada transistor pelewat dapat terjadi bila pengideraan panas (*thermal sensing*) IC rusak.

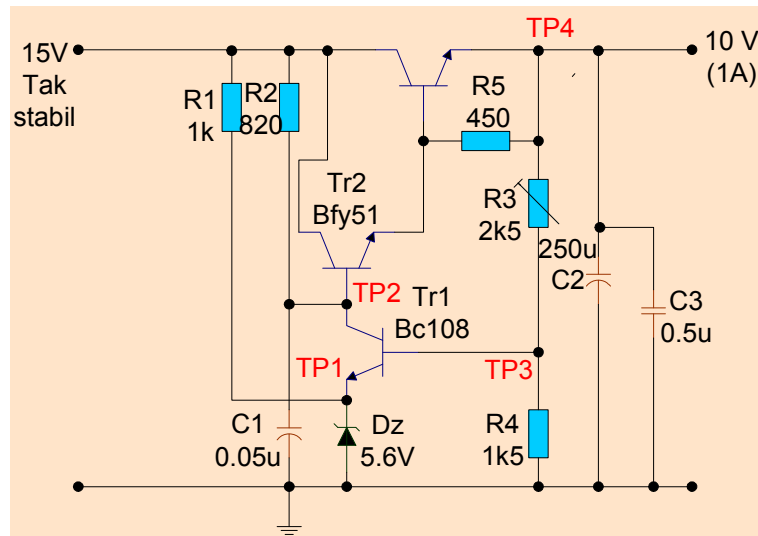
e. Penggantian Komponen :

Bila anda mengganti komponen, yakinkan bahwa:

- Komponen penggantinya mempunyai nilai yang sesuai. Misalnya, bila mengganti kapasitor, yakinkan tidak hanya nilai dalam microfarad yang benar tetapi juga mempunyai tegangan yang sesuai.
- Spesifikasi komponen pengganti tentang arus, daya dan toleransi. Misalnya, setiap transistor akan mempunyai spesifikasi arus dan tegangan yang berbeda. Mereka mungkin juga mempunyai spesifikasi daya yang biasanya lebih kecil daripada spesifikasi tegangan maksimum dan arus.
- Jangan pernah mengganti komponen pelindung seperti sekring, dengan komponen lain yang tidak sesuai amperenya. Penggunaan sekring dengan rating arus yang terlalu tinggi akan membahayakan peralatan, dan merupakan peluang yang sangat besar untuk terjadinya kerusakan.
- Bila anda mengganti rangkaian pada PCB, yakinkan penggunaan solder yang cukup panas untuk melelehkan timah solder, tetapi ingat jangan terlalu panas karena ini akan membahayakan PCB. Lapisan tembaga pada PCB yang berlapis banyak (*multilayer*) mungkin memerlukan panas lebih besar, karena jalur konduktor dan ground berada di dalam lapisan tengah PCB. Dalam kasus ini yakinkan bahwa semua lapisan telah lepas dari solderannya, kalau tidak mungkin hal ini akan merusak lapisan tembaga yang ada di tengah-tengah PCB, bila anda secara paksa melepas komponennya. Untuk melindungi bagian dalam potonglah bagian yang rusak dan solderkan bagian yang baru pada ujung kaki yang menonjol pada PCB.

Contoh pertama tentang kerusakan diberikan rangkaian regulator seri linear seperti pada gambar 6.21. Cara kerja rangkaian ini adalah sebagai berikut :Tr2 dan Tr3 sebagai elemen kontrol seri dalam hubungan darlington. Arus beban penuh 1 Ampere mengalir melalui Tr3 saat arus pada basis Tr3 sekitar 40 mA. Arus ini didapat dari Tr2 yang mana Tr2 sendiri membutuhkan arus basis antara 1 sampai 2 mA. Tr1 berfungsi sebagai *error amplifier*, dimana masukan *invertingnya* adalah basis Tr1 dan masukan *non invertingnya* adalah emiternya yang dijaga konstan oleh zener 5,6 Volt. Selama kondisi normal tegangan basis Tr1 kira-kira 0,6 Volt lebih tinggi dari emiternya (6,2 Volt), oleh karena itu tegangan di R4 juga 6,2 Volt. Jika R3 diatur sampai dengan 1 K Ω maka total tegangan jatuh sepanjang R3 dan R4 adalah 10 Volt.

Jika tegangan keluaran turun karena perubahan beban yang naik, maka akan terjadi juga penurunan tegangan pada basis dari Tr1, sedangkan



Gambar 6.21: Rangkaian Regulator Seri Linear Dengan Menggunakan Transistor sistem darlington.

tegangan diemitternya dijaga konstan oleh zener 5,6 Volt, maka harga tegangan dari basis emitter Tr1 akan berkurang, sehingga Tr1 akan tidak semakin *on* yang membuat arus dari R2 akan makin mengonkan Tr2 dan juga Tr3 yang cenderung untuk mengoreksi tegangan keluaran untuk kembali ke 10 Volt lagi. Demikian pula jika tegangan keluaran naik karena beban turun maka akan terjadi proses sebaliknya secara otomatis.

- **Tegangan-tegangan kondisi normal** yang terukur saat rangkaian dibebani penuh 1 Ampere adalah sebagai berikut:

TP	1	2	3	4
Pembacaan Meter (Volt DC)	5,6	11,3	6,2	10

- Jika salah satu komponennya rusak, maka pengukuran akan ada perbedaan, misalnya seperti :

TP	1	2	3	4
Pembacaan Meter (Volt DC)	0	2,5	0,7	1,1

Disini terlihat bahwa pada TP 1 = 0 Volt, maka kerusakannya adalah **dioda zener hubung singkat**, yang akan membuat tegangan pada TP 2 kecil sehingga Tr2 dan Tr3 makin *off* dan berakibat tegangan keluaran sangat kecil.

- Kerusakan lain diberikan hasil pengukuran sebagai berikut :

TP	1	2	3	4
Pembacaan Meter (Volt DC)	5,6	14,4	0	13,1 (ripple besar)

Pelacakan Kerusakan Sistem Analog

Disini terlihat pada TP 3 = 0 Volt, maka kerusakannya adalah **R3 terbuka** (ingat bukan R4 hubung singkat, karena resistansi kerusakannya tak pernah hubung singkat. Lihat Bab 4.3), yang mengakibatkan Tr1 *off* sehingga Tr2 dan Tr3 amat *on* sehingga tegangan keluaran besar dan tak bisa dikontrol.

- Hasil pengukuran lainnya adalah:

TP	1	2	3	4
Pembacaan Meter (Volt DC)	5,6	0	0	0

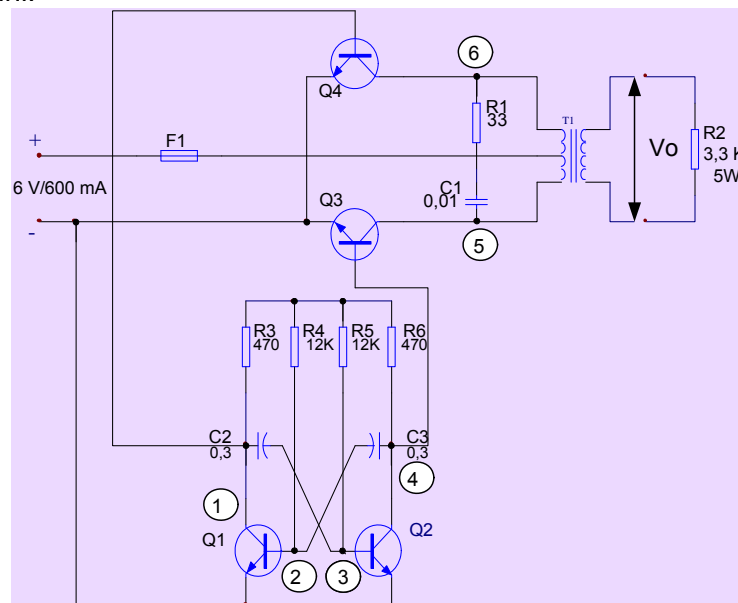
Karena TP 2, 3, dan 4 = 0 Volt, berarti Tr2 dan Tr3 tak bekerja, ini karena dua kemungkinan, yaitu **R2 terbuka atau C1 hubung singkat**.

- Dan hasil pengukuran yang lain lagi diberikan:

TP	1	2	3	4
Pembacaan Meter (Volt DC)	5,6	15	0	0

Dari TP 2 sangat besar dan hasil keluarannya = 0 Volt, ini dapat dipastikan bahwa **Tr2 rusak hubungan basis emitemnya terbuka**.

Contoh kedua adalah rangkaian inverter sederhana seperti gambar 6.22 berikut ini.



Gambar 6.22: Rangkaian Inverter Untuk Daya Rendah.

Cara kerja rangkaian ini adalah sebagai berikut:

Masukkan 6 Vdc di *switch* dengan frekuensi ditentukan oleh Q1 dan Q2 (astable multivibrator), dihubungkan pada CT dari trafo. Trafo CT primer diberi 12-0-12 dan sekunder 120 Volt. Sinyal ini digunakan untuk menggerakkan Q3 dan Q4 agar konduksi. Ketika Q1 *off*, tegangan kolektornya naik dan menyebabkan arus lewat ke basis Q4 (konduksi) sehingga arus mengalir melewati setengah gelombang pada lilitan primer.

Pada setengah gelombang berikutnya dari astable, Q1 konduk maka Q4 off. Pada saat yang sama, Q2 off sehingga Q3 konduk. Arus sekarang mengalir di dalam arah berlawanan melewati setengah gelombang pada lilitan primer, sehingga terbentuk a.c. & ini diinduksikan ke sekundernya output ± 100 Vrms ketika arus beban 30 mA. Frekuensinya ± 800 Hz. Sedang guna dari R5 dan C3 sebagai filter untuk mengurangi amplitudo spike ketika transistor berubah dari konduk ke off atau sebaliknya. TP1 & TP4 maksimumnya 0,8 V dalam bentuk gelombang kotak. Jadi pada kondisi bekerja dari TP 1 sampai 6 berbentuk sinyal gelombang kotak. Untuk kerusakan-kerusakan di bawah ini menunjukkan bahwa tegangan keluaran bagian sekundernya tak ada, dan tegangan yang terukur pada TP-TPnya adalah tegangan DC.

TP	1	2	3	4	5	6
A	0,15	0,7	0,7	0,15	6	6
B	0	0,7	0,7	0,15	6	6
C	0,15	0,7	0,7	0,05	6	6
D	0,75	0	0,7	0,15	6	4,8

- Pada pengukuran A karena tegangan TP1=TP4, TP2=TP3 dan TP5=TP6, berarti tak ada kerusakan yang hubung singkat. Karena astable tak bekerja maka kerusakannya adalah **C1 atau C2 terbuka**.
- Pada pengukuran B, terlihat TP1 = 0, itu berarti ada yang hubung singkat dengan *ground* berhubungan dengan TP1 tersebut, yaitu **Q1 kolektor dan emitemnya hubung singkat atau Q4 basis dan emitemnya hubung singkat**. Kerusakan tidak mungkin R1 terbuka karena jika R1 terbuka pasti ada tegangan yang kecil pada TP1 nya, seperti juga pada pengukuran C (pada TP4 nya).
- Pada pengukuran C, terlihat TP4 lebih kecil dari TP1, dan ini disebabkan oleh **R4 yang terbuka**.
- Pada pengukuran D, terlihat TP2 = 0, ini berarti ada yang hubung singkat pada saerah TP2 tersebut, yaitu **Q1 basis dan emitemnya hubung singkat**. Tapi dapat juga **R2 terbuka**. Dan pada kondisi kerusakan ini Q4 menjadi panas karena Q4 menjadi konduk terus.

Jadi dari dua contoh rangkaian di atas yang terpenting adalah mengetahui lebih dahulu kerja dari rangkaian tersebut. Sehingga saat ada kerusakan dan melakukan pengukuran, kita dapat segera mengetahui daerah mana yang tak beres (melokalisir) dan kemudian menentukan komponen yang rusak pada daerah tersebut. Dibutuhkan sedikit analisa dan logika serta jam terbang untuk menjadi ahli dalam hal ini.

Di bawah ini diberikan tabel 6.1 yang menunjukkan beberapa kerusakan dan gejala yang terjadi pada sebuah catu daya teregulasi.

Tabel 6.1: Kerusakan umum pada catu daya teregulasi

KERUSAKAN	GEJALANYA
Trafo primer atau sekunder terbuka	<ul style="list-style-type: none"> • Output DC nol • AC sekunder nol • Resistansi tinggi primer atau sekunder trafo
Trafo hubung singkat pada primer atau sekunder	<ul style="list-style-type: none"> • Sekring putus • Output DC kecil dan trafo amat panas
Lilitan trafo hubung singkat kebodi	<ul style="list-style-type: none"> • Sekring putus • Resistansi kecil antara lilitan dan bumi
Satu dioda bridge terbuka	<ul style="list-style-type: none"> • Rangkaian menjadi penyearah setengah gelombang • Output DC rendah dan regulasi jelek • Ripple 50 Hz bertambah
Satu dioda bridge hubung singkat	<ul style="list-style-type: none"> • Sekring putus
Kapasitor tandon terbuka	<ul style="list-style-type: none"> • Output DC rendah dengan ripple AC besar
Kapasitor tandon hubung singkat	<ul style="list-style-type: none"> • Sekring putus • Resistansi DC tak stabil
Penguat error terbuka	<ul style="list-style-type: none"> • Output DC tinggi tanpa terregulasi • Tak ada sinyal kontrol pada elemen seri
Transistor seri terbuka basis dan emiter	<ul style="list-style-type: none"> • Output DC nol • DC tak stabil sedikit tinggi dibanding saat normal
Zener hubung singkat	<ul style="list-style-type: none"> • Output DC rendah • Kemungkinan transistor seri sangat panas

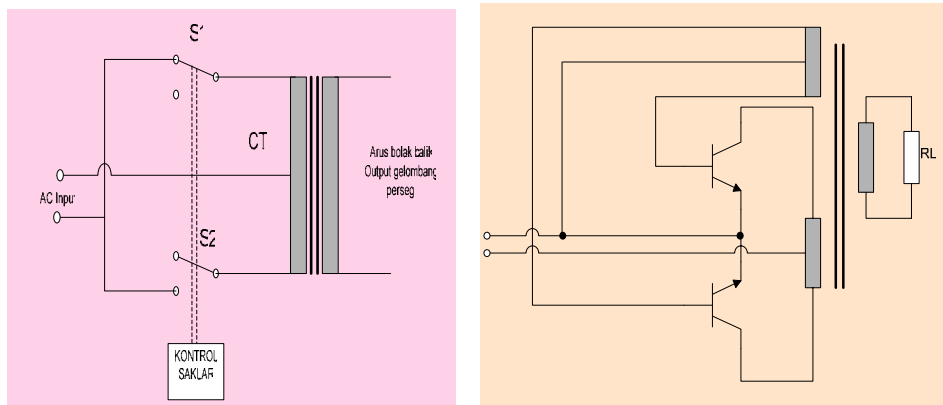


Gambar 6.29: Salah Satu Model Catu Daya Komputer

6.2. Catu Daya Switching (Switching Mode Power Unit / S MPU)

6.2.1. Pendahuluan

Sistem catu daya disaklar dan regulator mode tersaklar digunakan karena mempunyai efisiensi yang tinggi. Perkembangan yang pesat selama beberapa tahun terakhir ini menunjukkan adanya produksi catu daya dengan efisiensi maksimum dan bentuknya kecil serta ringan. Banyak dari rangkaian ini telah dikembangkan dari dasar inverter (gambar 6.3). Dalam rangkaian ini (gambar 6.23) dapat dicapai dengan mensaklar S1 dan S2 bolak-balik terus menerus terhadap transformator primernya. Transformator harus menggunakan center-tap. Pada setengah daur pertama, arus akan mengalir melalui setengah bagian atas dari kumparan primer dan bila saklar berubah maka arus akan mengalir berlawanan yaitu melalui setengah bagian bawah dari bagian primer. Hasilnya adalah arus bolak-balik akan diproduksi pada bagian sekunder trafo.



GC Loveday, 1980, 144

(a)

(b)

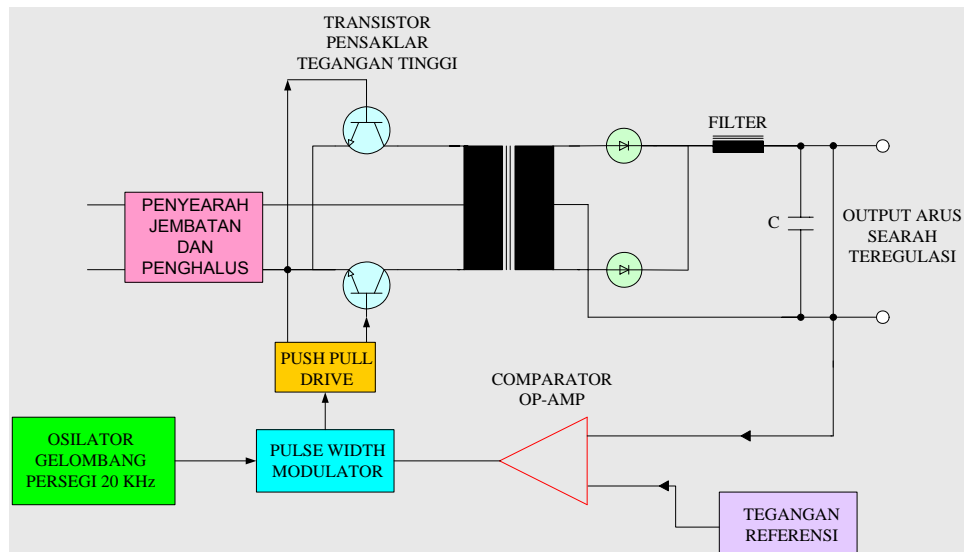
Gambar 6.23: Dasar Rangkaian Inverter

Saklar yang digunakan adalah rangkaian elektronik (gambar 6.23b) yaitu *transistor* atau *thyristor* yang dikontrol oleh bentuk gelombang persegi atau osilator pulsa. Metoda lain adalah menggunakan kumparan umpan balik pada primer sehingga transistor inverter membentuk rangkaian ber- osilasi sendiri. Frekuensi dari rangkaian osilasi ini adalah antara 5 KHz sampai dengan 25 KHz. Frekuensi tinggi ini digunakan agar trafo dan komponen filternya akan menjadi relatif sangat kecil. Bila frekuensi sangat tinggi maka efisiensi start akan turun menjadi off. Lebar pulsa inilah yang akan mengatur regulasi dari outputnya. Memang rangkaian catu daya switching lebih kompleks dari rangkaian catu daya teregulasi linear karena disini lebih banyak menghasilkan jalur dan interferensi elektromagnetik, sehingga harus difilter secara teliti.

6.2.2. Model Catu Daya Switching / Tersaklar

Catu daya model tersaklar ini ada dua macam, yaitu:

- Pensaklar primer (*primary switching*)
- Pensaklar sekunder (*secondary switching*)

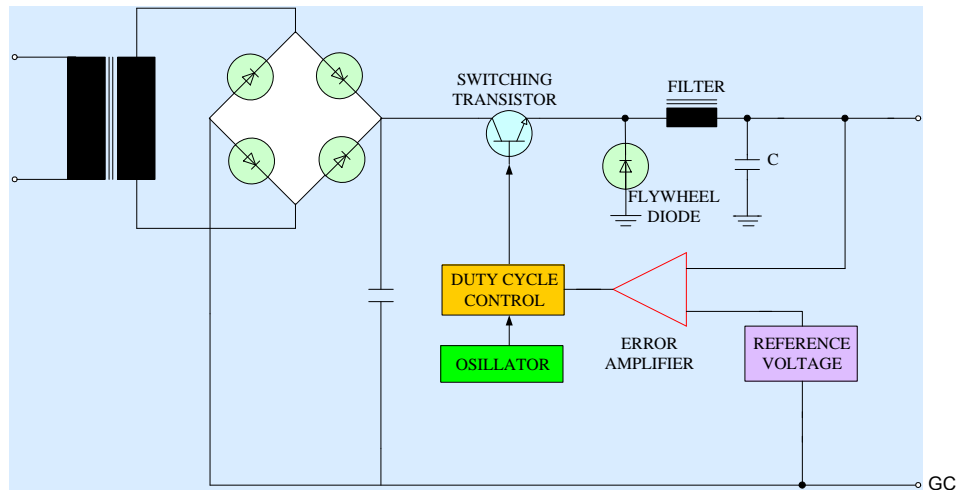


GC Loveday, 1980, 145

Gambar 6.24: Diagram Blok Regulator Mode Pensaklar Primer

Pada gambar 6.24 tegangan arus searah ini disaklar pada frekuensi diatas frekuensi audio oleh transistor tegangan tinggi untuk memberikan bentuk gelombang bolak-balik pada trafo primer. Arus bolak-balik sekunder disearahkan dan diregulasikan dengan membandingkan catu referensi dari zener. Perbedaan sinyal dipakai untuk mengatur daur tugas dari transistor pensaklar. Jika tegangan arus searah turun waktu arus beban naik maka sinyal penyeimbangan menyebabkan lebar pulsa modulator untuk mensaklar transistor ON untuk saat yang cukup lama kemudian OFF selama setengah daur dari osilator 20 KHz maka tegangan keluaran akan naik lagi ke harga yang sangat dekat dengan sebelumnya. Kejadian sebaliknya, jika arus beban dikurangi. Mode pensaklaran primer ini banyak digunakan dalam SMPU dari daya tinggi.

Walaupun demikian, anda dapat mengganti regulator linier yang konvensional dengan tipe tersaklar memakai pensaklar sekunder seperti Gambar 6.25 Jika transistor seri disaklar ON, arus akan mengalir ke filter LC. Jika transistor tersaklar OFF, induktor menyimpan arus yang mengalir sebagai aksi lintasan balik melalui *Fly Wheel Dioda*.



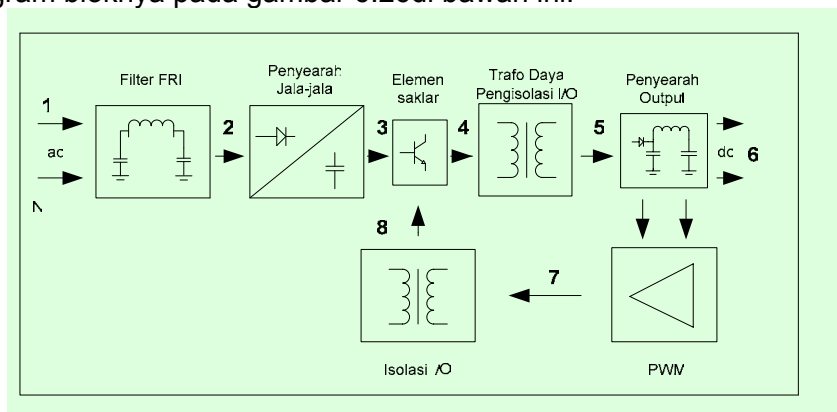
Loveday,1980, 145

Gambar 6.25 Diagram Blok Regulator Mode Pensaklar Sekunder

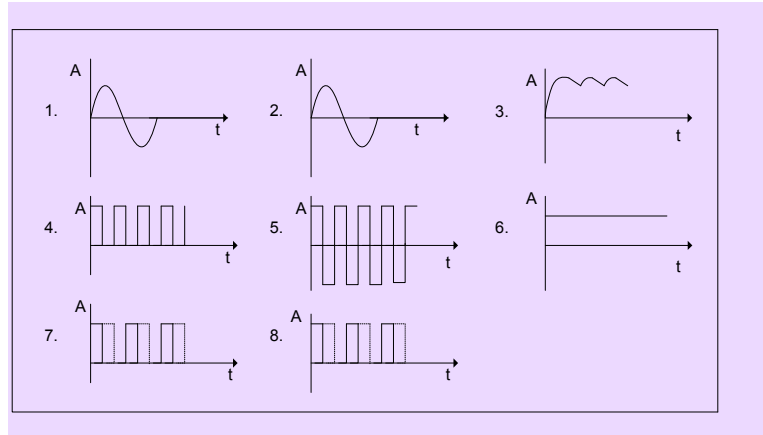
Berbagai macam metoda dapat digunakan untuk meregulasi keluaran arus searah. Daur tugas dari bentuk gelombang pensaklar atau frekuensi dari osilator dapat divariasikan atau dicampur dari kedua metoda. Selama transistor dioperasikan sebagai saklar maka salah satu OFF atau ON sehingga daya yang didisipasikan oleh transistor lebih rendah. Walaupun demikian, SMPU lebih efisien dan memerlukan tempat yang tidak luas bila dibandingkan dengan regulator seri. SMPU, pemakaian utamanya adalah unit yang mencatu arus besar pada tegangan rendah dan tegangan medium.

6.2.3. Catu Daya Tersaklar Pada Komputer

Untuk lebih jelasnya di bawah ini akan diterangkan catu daya tersaklar pada Komputer, karena dengan beredarnya komputer dipasaran maka catu daya ini paling banyak digunakan saat ini. Lebih jelasnya diberikan diagram bloknya pada gambar 6.26 di bawah ini.



Gambar 6.26 Diagram Blok SMPU

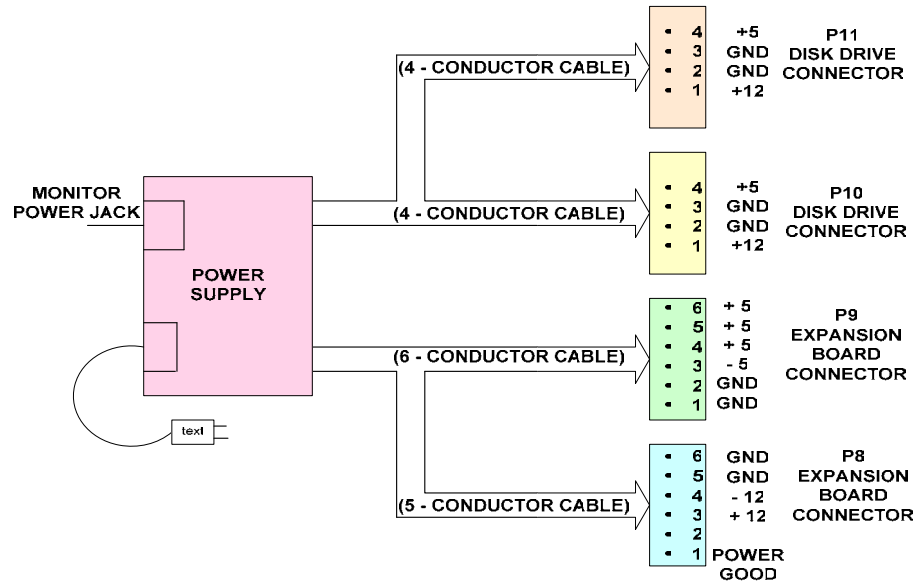


Gambar 6.27 Bentuk Gelombang Pada Tiap Titik Output Blok Fungsi masing-masing blok dapat dijelaskan sebagai berikut:

- **Filter RFI (*Radio Frequency Interference*)**
Fungsinya sebagai filter jala-jala untuk frekuensi tinggi dimana bila ada frekuensi tinggi akan ditindas dan frekuensi rendah (50 Hz) akan diteruskan.
- **Penyearah tegangan jala-jala dan Filter kapasitor**
Fungsinya untuk mengubah tegangan AC ke DC (tak teregulasi) rangkaian ini terdiri dari dioda penyearah dan filter kapasitor. Sebelum rangkaian ini biasa dipasang NTC sebagai penahan arus sentakan (*surge*) saat pertama kali daya dinyalakan akibat adanya pengisian kapasitor.
- **Elemen Penyaklar**
Fungsinya sebagai pengubah tegangan DC menjadi tegangan AC yang berupa pulsa-pulsa tegangan yang mempunyai frekuensi jauh lebih tinggi dari frekuensi jala. Biasanya diatas frekuensi audio (> 20 Hz).
- **Trafo Daya Pengisolasi I/O**
 - Fungsi pertama trafo ini sebagai pengisolasi antara input dan output dimana pada inputnya mempunyai tegangan sebesar tegangan jala-jala, sedangkan pada outputnya untuk keamanan perlu diturunkan tegangannya
 - Fungsi kedua yaitu sebagai penurun atau penaik tegangan atau sebagai pembuat keluaran yang ganda (*multiple output*)
- **Penyearah Output**
Fungsinya menyearahkan dan memfilter tegangan AC dari output trafo menjadi suatu tegangan DC yang rippleny kecil sekali.
- **Pulse Width Modulator (PWM)**
Fungsinya sebagai pengontrol kestabilan tegangan output dengan merubah-rubah lebar pulsa untuk penyaklaran transistor penyaklar. Bila V_{out} turun akan dideteksi oleh V_{sensor} yang merubah lebar pulsanya bertambah sehingga dapat menaikkan tegangan rata-rata outputnya. Bila turun maka kebalikannya.

- **Trafo Pengisolasi/Opto Coupler (Kopling Optik)**
Fungsinya untuk mengisolasi input output tetapi bisa mentransfer pulsa PWM untuk menggerakkan basis-basis transistor saklar
- **Catu Daya Pembantu**
Fungsinya untuk mencatu rangkaian PWM. Catu ini bisa diambil dari PC inputnya atau dari DC outputnya.

Gambar pengawatan keluaran catu daya komputer diberikan pada gambar 6.28 di bawah ini:



Gambar 6.28 Pengawatan Catu Daya Pada Komputer

6.2.4. Pelacakan Kerusakan dan Gejala Kerusakan SMPU

Sebelum memperbaiki suatu peralatan yang rusak khususnya untuk *Switching Power Supply*, ada beberapa langkah yang bisa membantu dalam proses perbaikan, yaitu:

1. Mengamati gejala kerusakan yang terjadi
2. Menganalisa kerusakan atau memperkirakan bagian/blok mana yang rusak karena gejala tersebut
3. Lakukan pengetesan pada bagian yang anda curigai atau lakukan pengetesan sistematis bila anda kurang yakin bagian mana yang rusak.

Dalam pelacakan kerusakan sistematis pada *Switching Power Supply* sebaiknya pengetesan dimulai dari input jala-jala sampai bagian primer rangkaian penyalur karena umumnya kerusakan banyak terjadi di bagian tersebut. Bila pada bagian primer semua komponen sudah dites baik, begitu pula besarnya tegangan pada masing-masing kapasitor filter perata DC sudah normal ± 150 V, maka langkah berikutnya adalah melakukan pengetesan ke bagian sekunder yaitu driver PWM dan rangkaian IC PWM baik pengetesan tegangan catunya atau pengetesan komponen

secara pasif.

Pengetesan pada penyearah output dan penguat kesalahan adalah yang terakhir karena pada bagian ini jarang terjadi kerusakan kecuali bila catu dayanya sudah berumur tua bisa terjadi kerusakan pada kapasitor-kapasitor penyearah jeleknya/putusnya solderan ke komponen atau konektor atau dioda penyearah yang rusak.

Gejala kerusakan dan penyebabnya diberikan sebagai berikut:

1. Catu Daya Mati Total

Kemungkinan **penyebabnya** :

- a. Pada blok filter RFI :
Ada kapasitor hubung singkat sehingga fuse/sikring putus
- b. Pada blok Penyearah :
 - Dioda yang putus atau hubung singkat
 - Kapasitor filter hubung singkat
 - NTC (pembatas arus sentakan) putus
- c. Pada Blok Penyaklar :
 - Transistor saklar rusak (hubung singkat atau putus)
 - Resistor pemicu basis transistor terbuka
 - Dioda terbuka atau hubung singkat
- d. Pada blok Isolasi :
Untuk trafo pengisolasi jarang terjadi
- e. Pada blok penyearah output :
Dioda terbuka dan kapasitor hubung singkat
- f. Pada blok PWM :
IC-nya rusak atau komponen penunjangnya rusak.

2. Tegangan Catu Daya Turun

Penyebabnya :

Hanya sepotong pulsa switching yang diproses. Ini akibat dari salah satu transistor penyaklar baik transistor utama atau driver yang tidak bekerja atau mungkin dari jalur pulsanya putus

3. Gejala kerusakan lain yang bisa terjadi **penyebabnya** adalah :

Hubungan kabel yang pendek, rangkaian kotor dengan debu, konektor yang kotor, dan saklar yang jelek.



Gambar 6.29: Salah Satu Bentuk Catu Daya Pada Komputer

6.3. Sistem Penguat Stereo

6.3.1. Pendahuluan

Penguat adalah suatu peralatan dengan masukan sinyal yang kecil dapat dipergunakan untuk mengendalikan tenaga output yang besar.

Hal ini ditunjukkan dalam gambar 6.30. Masukan sinyal disini dipergunakan untuk mengendalikan arus listrik yang mengalir pada peralatan aktif. Kemudian arus listrik ini yang menyebabkan perubahan tegangan pada tahanan beban, sehingga daya keluarannya menjadi:

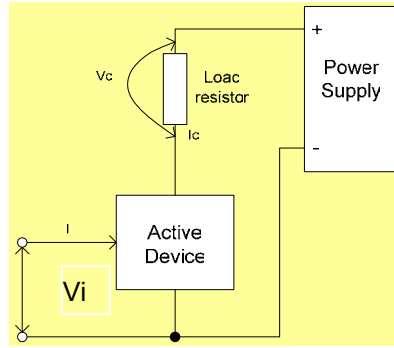
$$P_o = V_o i_o \text{ Watt (output)}$$

Daya masukan $P_i = V_i i_i$ Watt (input)

Penguat Daya (A_p), dihasilkan oleh perbandingan daya keluaran terhadap daya masukan :

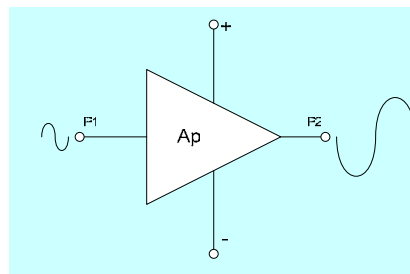
$$A_p = P_o / P_i$$

Simbol yang lebih umum ditunjukkan pada gambar 6.31. Setiap penguat menaikkan jumlah tegangan dari sinyal inputnya.



GC Loveday, 1977, 34

Gambar 6.30: Diagram Blok Dasar Penguat



GC Loveday, 1977, 34

Gambar 6.31: Simbol Umum Penguat

Klasifikasi suatu penguat bisa saja diperuntukkan untuk penguat tegangan, penguat arus atau penguat daya.

Penguatan daya: $A_p = P_2/P_1$

Penguatan tegangan: $A_v = V_o/V_i$

Penguatan arus: $A_i = i_o/i_i$

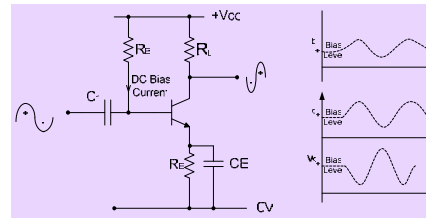
Penggunaan penguat-penguat tersebut terlihat pada tabel 6-2.

Tabel 6-2. Klasifikasi Umum Dari Rangkaian Penguat

Penguat	Respon Frekuensi	Kelas Operasi
Tegangan	Audio dan frekuensi rendah	Kelas A : penguat Tegangan / arus sinyal kecil
Arus	Frekuensi radio (<i>tuned</i>), pita lebar atau video	Kelas B : penguat dengan output daya
Daya	Pulsa dan arus searah	Kelas C : pemancar dan osilator

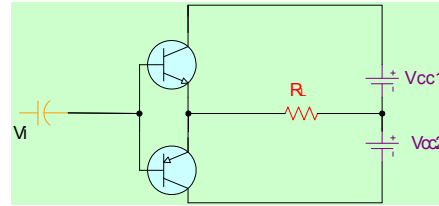
Ada tiga kelas operasi suatu penguat yang paling dasar, yaitu:

Kelas A : Perangkat aktif (transistor) diberi bias sehingga selamanya terjadi aliran arus rata-rata (selalu on). Arus ini juga naik turun disekitar harga rata-ratanya tergantung sinyal input. Kelas ini adalah yang paling umum dipergunakan, contoh tipe yang ada yaitu penguat dengan sinyal kecil (gambar 6.32).



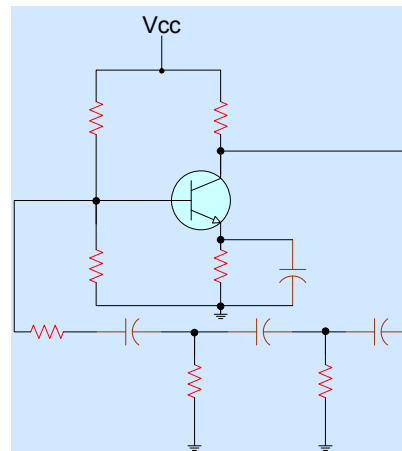
Gambar 6.32: Penguat Satu Tingkat Kelas A

Kelas B : Perangkat aktif diberi bias pada posisi *cut-off* dan akan on oleh sinyal input 1/2 siklus. Kelas operasi ini dipergunakan secara meluas dalam penguat daya push-pull (gambar 6.33).



Gambar 6.33: Penguat *Push-Pull* Kelas B.

Kelas C : Perangkat aktif diberi bias diluar titik *cut-off*, sehingga sinyal input harus melampaui harga yang relatif tinggi sebelum perangkat dapat dibuat konduk. Kelas ini dipergunakan dalam rangkaian osilator dan rangkaian pemancar (gambar 6.34).



Gambar 6.34: Rangkaian Osilator

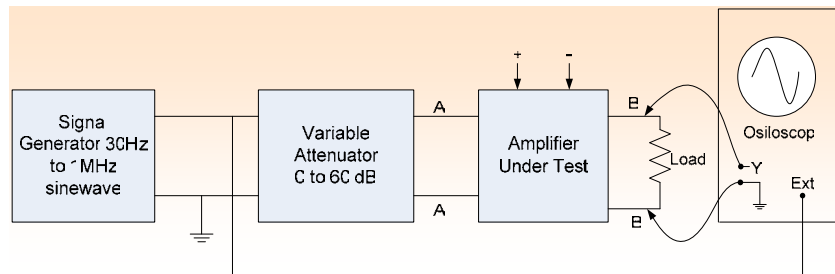
6.3.2. Pengukuran Rangkaian Penguat

Sebelum dilakukan pelacakan kerusakan suatu penguat khususnya penguat stereo, maka harus diketahui terlebih dahulu pengukuran-pengukuran apa saja yang harus dilakukan untuk mengetahui spesifikasi sebuah penguat audio.

Spesifikasi yang harus diukur pada sebuah penguat adalah:

- **Pengukuran Penguatan :**

Secara blok rangkaian pengukuran ditunjukkan pada gambar 6.35. Seandainya diperlukan penguatan tegangan pada penguat dengan frekuensi 1 KHz. Mula-mula generator sinyal dipasang untuk memberikan output, katakanlah 500 mV pada 1 KHz, dengan attenuator yang telah dikontakkan (*switched*) pada nol dB. Sinyal ini pada input penguat (titik A), disambungkan pada input Y dari *oscilloscope* dan pengontrolan *oscilloscope* diatur sehingga gambarnya muncul pada bagian layar yang tersedia.



GC Loveday, 1977, 39

Gambar 6.35: Pengukuran Penguatan Tegangan pada Sebuah Rangkaian Penguat.

Kabel *oscilloscope* kemudian dipasang ke output penguat (titik B) dan kemudian attenuator dinaikkan sampai output mempunyai tinggi (puncak) yang sama dengan pengukuran pertama. Penguatan amplifier sekarang sama dengan penggunaan attenuator yang telah dipasang. Keuntungan dari metode ini ialah bahwa pengukuran tidak tergantung pada ketelitian *oscilloscope*.

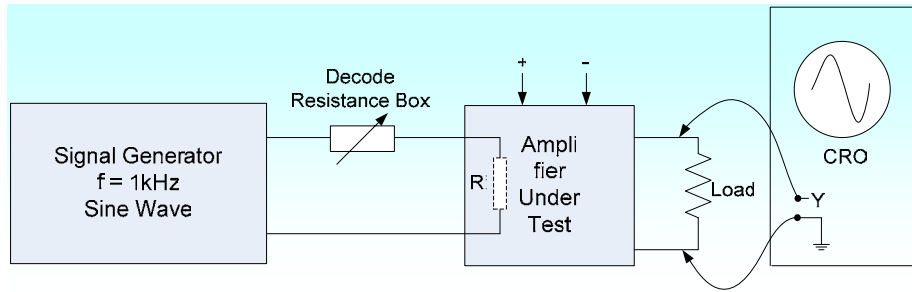
- **Pengukuran frekuensi respons dan *Band Width* :**

Dengan tetap memakai seperangkat alat seperti dalam gambar 6.35. dapat diperoleh penguatan amplifier pada setiap frekuensi. Penguatannya digambarkan terhadap frekuensi pada kertas grafik linier/log, untuk amplifier audio diperlukan 4 siklus log akan menjangkau batas frekuensi 10 Hz sampai dengan 100 kHz dapat ditentukan secara cepat dengan mencatat 2 frekuensi *bandwidth*, dimana penguatan turun sebesar 3 dB dari penguatan frekuensi tengahnya.

- **Pengukuran Impedansi Input :**

Rangkaian untuk pengukuran impedansi input diberikan pada gambar 6.36, dengan memberikan sinyal generator pada 1 KHz. Tahanan disetel nol dan output amplifier dihubungkan pada alat pengukur, yaitu *oscilloscope* atau meter ac. Pengaturan dapat dilakukan sehingga penyimpangan yang besar dapat dilihat.

Tahanan (*resistance*) dari decade box kemudian di setel makin besar sampai sinyal output turun secara pasti yaitu menjadi setengahnya. Selama kotak tahanan (variabel) dan impedansi input dari amplifier membentuk pembagi tegangan, kalau outputnya setengahnya, maka tahanan pada box sama dengan tahanan input.

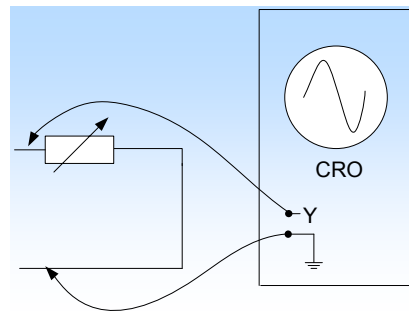


GC Loveday, 1977, 39

Gambar 6.36: Pengukuran Impedansi Input dari Penguat Tegangan Audio.

● **Pengukuran Impedansi Output :**

Rangkaian yang digunakan untuk pengukuran ini ditunjukkan pada gambar 6.37 dengan bagian depan seperti Gambar 6.33 tanpa diberi tahanan box.



GC Loveday, 1977, 40

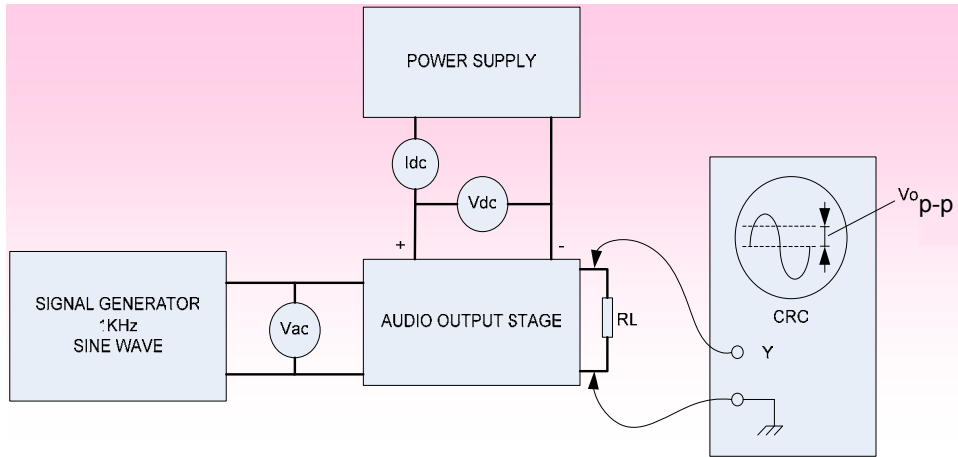
Gambar 6.37: Pengukuran Impedansi Output dari Penguat Tegangan Audio.

Teknik pengukurannya sama dengan teknik pengukuran impedansi input. Frekuensi sinyal yang digunakan 1 KHz dan pertama-tama R_L dilepas dan suatu simpangan (defleksi) yang besar teramati pada osiloskop. Kemudian beban luar R_L dipasang dan nilai beban tersebut diturunkan hingga output turun mencapai **setengah** kali nilai awal. Nilai R_L pada saat itu sama dengan nilai tahanan output (resistansi output).

● **Pengukuran Output daya, efisiensi dan sensitivitas untuk sebuah audio amplifier :**

Untuk pengukuran-pengukuran ini loudspeaker dapat diganti dengan sebuah tahanan *wire-wound* sebagai beban yang nilainya sama dengan impedansi loudspeaker, dan pengetesan-pengetesan dapat dilakukan pada frekuensi dimana impedansi loudspeaker umumnya bersifat resistif, misalnya kira-kira 1 kHz.

Diagram untuk pengukuran ditunjukkan pada gambar 6.38. Nilai watt dari beban tahanan harus lebih besar dari daya maksimum output. Tegangan input dapat diatur sampai sinyal output pada osiloskop menunjukkan level maksimum tanpa distorsi.



GC Loveday, 1977, 40

Gambar 6.38: Pengukuran Daya Output, Efisiensi dan Sensitivitas dari Sebuah Penguat Output Audio.

Hal ini terjadi dimana tidak ada yang terpotong dari sinyal input positif dan sinyal input negatif. Biasanya jika distorsi meter tersedia, maka pengecekan yang lebih teliti untuk mengetahui level-level distorsi dapat dilaksanakan. Kemudian daya output maksimum harus direkam tanpa melampaui nilai distorsi harmonik yang telah ditentukan oleh pembuat amplifier.

$$\text{output daya} = V_o^2 / R_L$$

dengan V_o adalah nilai rms dari sinyal output.

Sedangkan $rms = \text{peak to peak} / 2\sqrt{2}$

Efisiensi amplifier dapat dicek dengan pengukuran daya d.c. yang diambil oleh amplifier dari supply.

Daya d.c. = $V_{dc} \cdot I_{dc}$ dan

$$\text{Efisiensi daya} = \frac{\text{daya output r.m.s}}{\text{daya input dc}} \times 100\%$$

Sensitivitas amplifier adalah besarnya tegangan input yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya output maksimum tanpa distorsi.

6.3.3. Macam-macam Distorsi dan Derau Pada Penguat Serta Penanganannya

Macam-macam tipe distorsi dapat mempengaruhi bentuk sinyal output dari sebuah penguat, yaitu:

- **Distorsi Amplitudo**

Sinyal output terpotong pada bagian salah satu puncaknya atau kedua puncaknya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.39. Distorsi ini dapat terjadi pada saat:

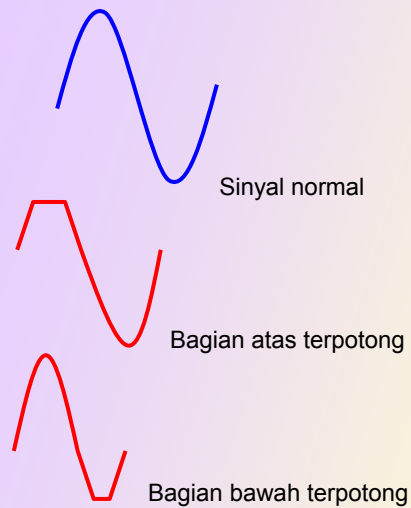
- Penguat diberi input yang terlalu besar,
- Kondisi bias berubah,
- Karakteristik transistor yang tidak linier.

- **Distorsi Frekuensi**

Distorsi ini terjadi ketika penguatan amplifier berubah secara serentak (drastis pada frekuensi-frekuensi tertentu). Anggaplah sebuah amplifier mempunyai respon frekuensi yang normal seperti pada gambar 6.40a, tetapi pada kenyataannya respon frekuensi berbentuk seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.40b, oleh karena itu dikatakan bahwa amplifier mempunyai distorsi frekuensi. Distorsi ini dapat berbentuk penurunan penguatan pada frekuensi rendah atau tinggi dapat juga berbentuk kenaikan penguatan pada frekuensi rendah atau tinggi.

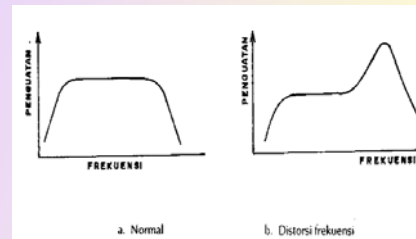
- **Distorsi Crossover**

Tipe distorsi ini terdapat pada output penguat push-pull kelas B (gambar 6.33). Ini terjadi karena transistor pertama sudah *off* tetapi transistor yang kedua belum *on* karena menunggu sinyal input pada basis



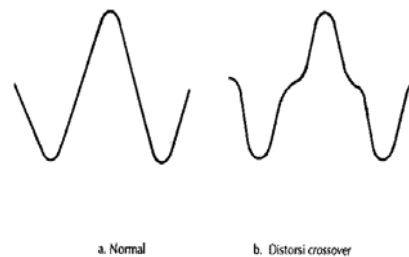
GC Loveday, 1977, 41

Gambar 6.39: Distorsi Amplitudo



GC Loveday, 1977, 42

Gambar 6.40: Distorsi Frekuensi



GC Loveday, 1977, 42

Gambar 6.41: Distorsi Crossover

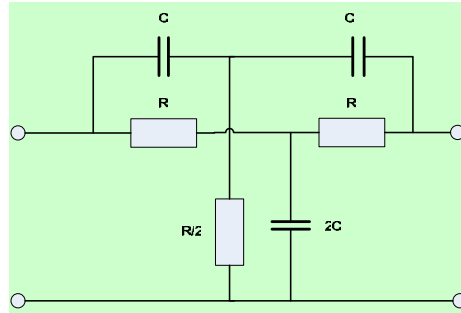
transistor harus lebih besar dari 0,6 V (untuk silikon). Bentuk gelombangnya dapat dilihat pada gambar 6.41.

• **Distorsi Fasa**

Kenaikan frekuensi sinyal akan menimbulkan perubahan fasa sinyal output terhadap input secara relatif. Tipe distorsi ini menyusahkan ketika sinyal input berbentuk gelombang kompleks, karena tersusun dari beberapa komponen gelombang sinus yang mempunyai frekuensi yang berbeda. Hasilnya adalah bentuk output takkan serupa dengan bentuk input.

• **Distorsi Intermodulasi**

Ketika ketidak linieran berada pada sebuah rangkaian amplifier, dua sinyal dengan frekuensi yang berbeda, katakanlah 400 Hz dan 1 kHz akan diperkuat dengan baik apabila dicampur, dan output akan berisi sinyal-sinyal dengan amplitudo yang kecil dan frekuensi yang berbeda, yaitu 600 Hz dan 1,6 kHz dan harmonik-harmonik dari frekuensi-frekuensi tersebut. Nilai distorsi harmonik total yang merupakan hasil dari distorsi amplitudo dan distorsi non-linier, tetapi tidak termasuk distorsi frekuensi, distorsi fasa atau distorsi intermodulasi. Rangkaian yang baik untuk mengukur distorsi harmonik total adalah filter *twin tee* seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.42 yang mempunyai peredaman maksimum pada satu frekuensi. Output dapat diukur dengan menggunakan millivolt meter r.m.s yang sensitif. Sinyal generator diset 1 kHz yang digunakan sebagai sinyal input yang baik untuk sinyal level rendah dan sinyal tersebut juga dimasukkan ke input X osiloskop. Osiloskop akan menunjukkan garis dengan kemiringan 45°

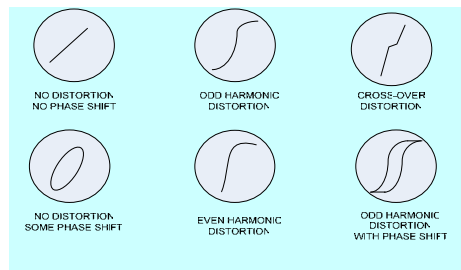
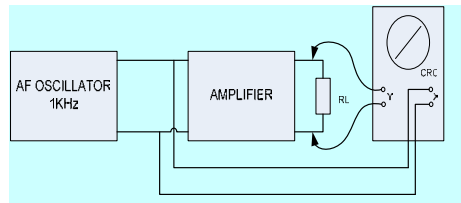


GC Loveday, 1977, 42

Gambar 6.42: Filter Twin Tee

Distorsi intermodulasi dapat diukur dengan memberikan dua buah sinyal 400 Hz dan 1 kHz ke dalam amplifier yang biasanya dengan sebuah ratio kira-kira 4:1. Kemudian dengan menggunakan sebuah filter pada 1 kHz hasil dari beberapa intermodulasi akan dinyatakan penggunaan metoda yang diuraikan terdahulu.

Sebuah metoda yang dapat digunakan untuk memperagakan distorsi amplitudo, distorsi pergeseran fasa untuk sebuah audio amplifier ditunjukkan pada gambar 6.43.



GC Loveday, 1977, 43

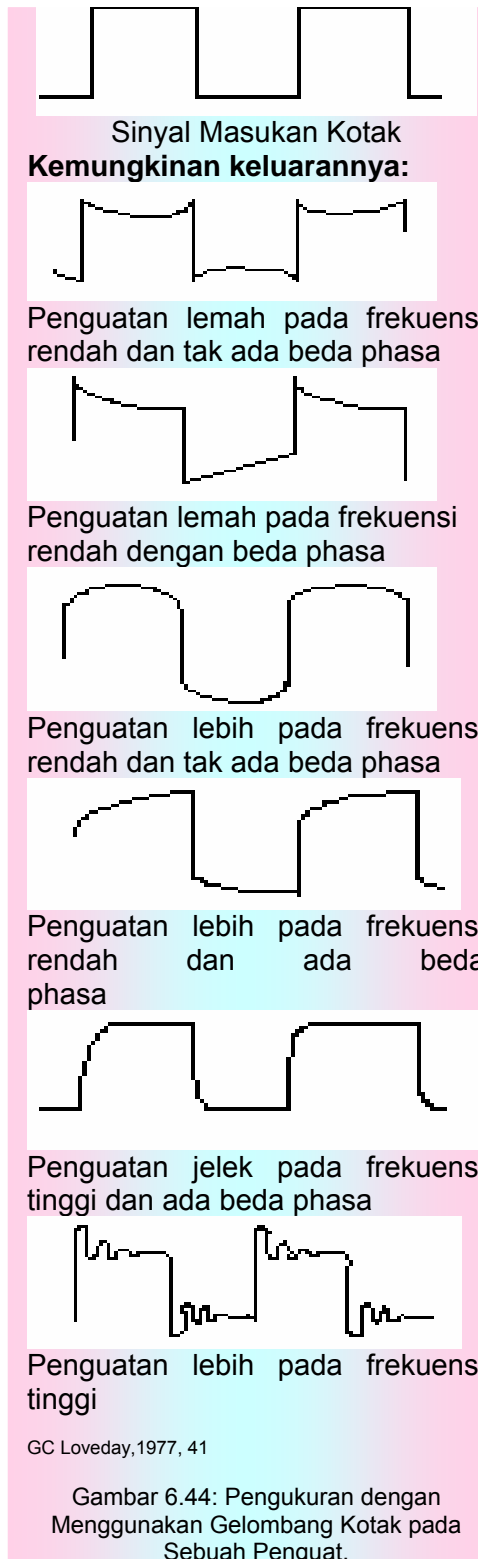
Gambar 6.43: Metoda dari Peragaan Distorsi Menggunakan Sebuah CRO.

apabila output amplifier tidak mengalami distorsi. Biasanya osiloskop yang berkualitas tinggi yang harus digunakan untuk pengetesan ini, hingga beberapa ketidaklinieran penguat dalam osiloskop akan diperagakan. Macam-macam output untuk tipe - tipe distorsi yang berbeda ditunjukkan pada gambar 6.43.

Selain cara pengukuran di atas, ada suatu cara pengukuran yang lebih mudah dan hasil yang lebih jelas yaitu dengan memberukan input berupa gelombang kotak dengan frekuensi antara 400 Hz – 1 KHz. Hasil output pada osiloskop akan terlihat mempunyai distorsi atau tidak, seperti terlihat pada gambar 6.44.

● **Derau Pada Sistem Audio.**

Selain distorsi sebuah sistem audio sangat mudah kemasukan derau (*noise*) dari luar, karena pada sistem audio yang lengkap ada rangkaian-rangkaian yang sangat sensitif (menguatkan sinyal yang sangat kecil) yang sangat mudah kemasukan noise jika pengawatannya salah. Di bawah ini diberikan beberapa kemungkinan terjadinya derau karena lingkungan dan cara penanganannya secara sederhana. Derau yang disebabkan dari luar, biasanya dikenal dengan istilah interferensi, yang selalu dapat dikurangi atau dibatasi bila sumber derau telah dapat diidentifikasi. Teknik yang sering digunakan untuk mengurangi derau jenis ini ialah dengan menggunakan filter, pelindung dan pemilihan frekuensi.



Pelacakan Kerusakan Sistem Analog

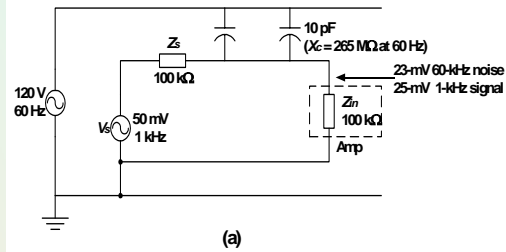
Gambar 6.45a menunjukkan bagaimana jalur mikrofon yang pendek tanpa pelindung dapat menimbulkan derau 60 Hz, karena adanya kopling kapasitansi liar, yang hanya 10 pF pada instalasi rumah 120 volt.

Derau frekuensi tinggi (dari transien saklar, sikat arang motor, dimmer lampu) juga muncul pada saluran ac, dan ini akan dikopel lebih kuat lagi, karena adanya reaktansi kapasitif rendah.

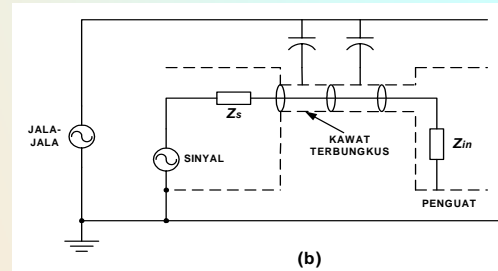
Gambar 6.45b menunjukkan pelindung saluran (menggunakan kabel *coaxial*), sehingga mikrofon mengkopel derau ke tanah dari pada kemasukan penguat.

Gambar 6.46a menunjukkan beberapa kesalahan umum pada pelindung, yakni menghubungkan pelindung dengan tanah. Gambar 6.46b menunjukkan penggunaan pelindung yang benar.

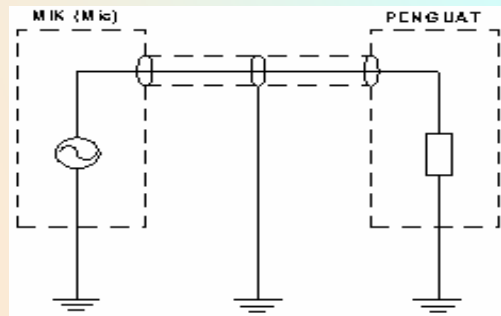
Jadi sebuah sistem audio yang bagus selalu memperhatikan sistem sambungan-sambungan yang ada antara satu bagian kebagian yang lain, karena begitu salah satu sambungan kemasukan derau/*noise* dari luar maka derau ini akan ikut dikuatkan bersama sinyal yang ada sampai ke penguat yang terakhir.



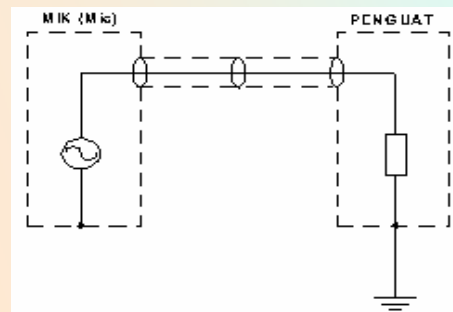
Gambar 6.45a: Kapasitansi liar yang kecil pada saluran ac dapat menimbulkan derau yang besar pada level saluran berimpedansi tinggi.



Gambar 6.45b: Pelindung Mengeliminasi Derau.



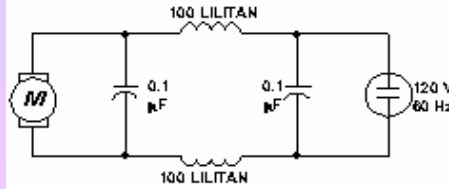
Gambar 6.46a: Pelindung Dihubungkan Ketanah.



Daniel L. Metzger, 1981, 319

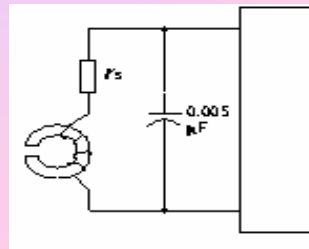
Gambar 6.46b: Pelindung Sambungan yang Benar.

Derau yang lain dapat juga disebabkan oleh sebuah motor. Gambar 6.47a menunjukkan filter derau-brush sebuah motor, yang akan menjaga pemusnahan frekuensi tinggi dari saluran ac yang masuk yang akan terdasi selamanya. Kapasitor sederhana dipilih, karena akan mempunyai reaktansi tinggi pada frekuensi audio, tetapi mempunyai reaktansi rendah untuk interferensi frekuensi radio, yang akan dapat mengeliminasi interferensi dalam *tape* atau *phone* (seperti ditunjukkan pada gambar 6.47b).



Daniel L. Metzger, 1981, 320

Gambar 6.47a: Teknik Meredam Derau untuk Loncatan Bunga Api Motor.



Daniel L. Metzger, 1981, 320

Gambar 6.47b: Alat Phone atau Tape-magnet (Head).

Selain derau yang disebabkan dari luar, dapat juga derau disebabkan dari dalam rangkaiannya sendiri. Di bawah ini diberikan beberapa penyebab derau dari dalam, yaitu:

a. Derau termal

Derau termal adalah tegangan yang dihasilkan melalui terminal beberapa resistansi yang disebabkan oleh vibrasi thermal acak dari atom yang menyusunnya. Spektrum frekuensi derau termal membentang dari dc hingga batas frekuensi teknik penguatan elektronik. Puncak gelombang derau biasanya mencapai empat kali lipat nilai rms. Semua komponen resistor bias, antenna penerima, *strain gages*, semikonduktor menghasilkan derau thermal. Hal ini dapat dikurangi dengan mengurangi lebar pita penguat atau dengan menurunkan temperatur komponen terhadap sinyal.

b. Derau shot

Derau ini terdapat pada beberapa sambungan atau interferensi yang disebabkan oleh pembawa muatan. Derau *Shot* dapat dikurangi dengan mengoperasikan penguat yang sensitif pada arus bias rendah.

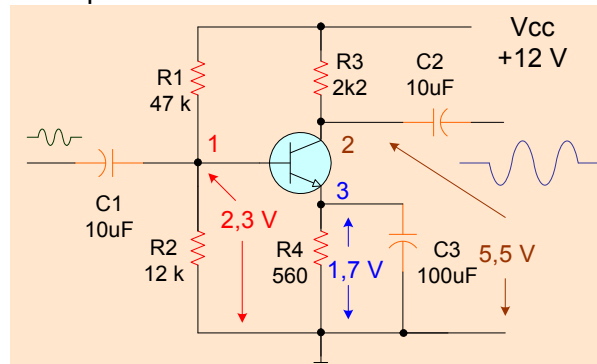
c. Derau Flicker

Derau ini disebabkan oleh fluktuasi arus bias, terutama pada frekuensi rendah. Untuk mengurangi efek tersebut penggunaan frekuensi 100 Hz atau lebih rendah hendaknya dihindari untuk peralatan yang sensitif. Untuk penggunaan frekuensi satu KHz atau lebih, efek derau mungkin masih dapat diabaikan.

Selain derau di atas masih banyak lagi penyebab derau pada suatu sistem audio dan itu bisa dibahas pada tingkat yang lebih tinggi lagi.

6.3.4. Kasus Penguat Satu Tingkat dan Penguat Daya

Karena ini merupakan prinsip dasar pelacakan kerusakan sebuah penguat dengan menggunakan transistor, maka sebelum membahas sistem audio stereo, di bawah ini diberikan contoh rangkaian penguat satu tingkat dengan semua jenis kerusakan yang mungkin terjadi dan tegangan terukur pada titik-titik yang telah ditetapkan. Tentunya dari sini dapat diambil makna untuk melangkah pada rangkaian yang lebih rumit lagi. Terlihat pada gambar 6.48 di bawah ini penguat satu tingkat dengan tegangan DC terukur pada kondisi normal.



Gambar 6.48: Penguat Satu Tingkat dengan Tegangan DC Normal

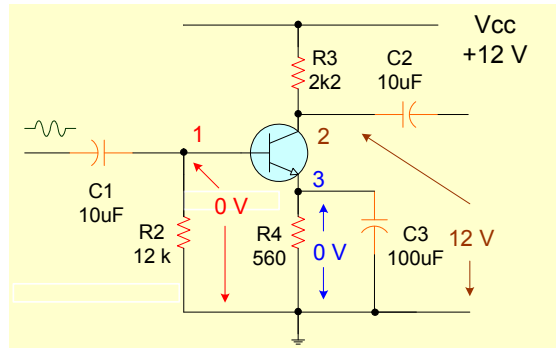
Penguat satu tingkat di atas menggunakan jenis transistor silikon dengan h_{FE} antara 50 sampai 500. Melalui perhitungan, maka akan didapatkan tegangan-tegangan pada titik-titik 1, 2, dan 3 sebagai berikut :

- **Titik 1** : didapat dengan menggunakan rumus yang mudah, yaitu prinsip pembagi tegangan sebagai berikut : $V_1 = \{V_{CC} / (R_1 + R_2)\} R_2$, sehingga didapat $V_1 = 2,4$ Volt.
- **Titik 2** : Didapat dengan rumus $V_2 = V_{CC} - I_C.R_3$, sedangkan untuk mencari I_C dengan cara mencari I_E , yaitu $I_E = V_3 / R_4$, karena I_B sangat kecil dibandingkan I_E maka $I_C = I_E$. Sehingga didapat $I_C = 3,05$ mA dan $V_2 = 5,3$ Volt (ingat harus dicari terlebih dahulu V_3).
- **Titik 3** : karena menggunakan transistor jenis silikon ($V_{BE} = 0,6$ V atau $0,7$ V) maka didapat V_3 dengan sangat mudahnya, yaitu $V_3 = V_1 - V_{BE} = 2,4$ V - $0,7$ V = $1,7$ V.

Dalam kenyataannya rangkaian terukur dengan menggunakan multimeter adalah : $V_1 = 2,3$ V, $V_2 = 5,5$ V dan $V_3 = 1,7$ V, ini semua terjadi karena digunakan resistor dengan toleransi 10 %, jadi tak ada masalah. Sedangkan hasil sinyal keluarannya diperkuat berbalik fasa dengan masukkannya, dan ini memang ciri khas penguat satu tingkat tersebut.

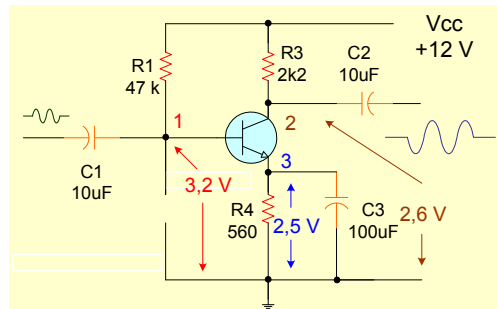
Di bawah ini diberikan kerusakan-kerusakan yang terjadi dan hasil pengukuran tegangan DC nya serta alasannya, sebagai berikut:

- **R₁ terbuka** diberikan pada Gambar 6.49, maka tegangan terukur adalah : $V_1 = 0$ V, $V_2 = 12$ V, $V_3 = 0$ V dan keluaran tak ada sinyal. Karena arus dan tegangan DC basis = 0 V (tak dapat catu dari R₁) , maka transistor kondisi mati (*cut off*), sehingga V_3 juga = 0V.



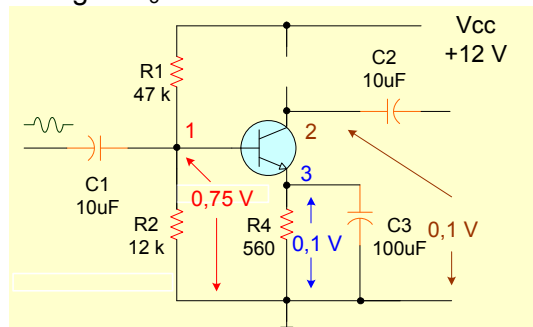
Gambar 6.49: Kondisi R₁ Terbuka

- **R₂ terbuka** diberikan pada gambar 6.50, maka tegangan terukur menjadi $V_1 = 3,2 \text{ V}$, $V_2 = 2,6 \text{ V}$, $V_3 = 2,5 \text{ V}$ dan keluaran cacat terpotong bagian negatifnya. Karena berarti arus transistor naik sehingga tegangan pada $R_1 = V_1$ juga naik. Transistor kondisi *on* dan hampir saturasi sehingga tegangan V_2 hampir sama dengan tegangan pada V_3 .



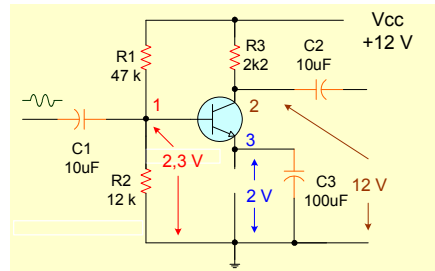
Gambar 6.50: Kondisi R₂ Terbuka

- **R₃ terbuka** diberikan pada gambar 6.51, maka tegangan terukur menjadi $V_1 = 0,75 \text{ V}$, $V_2 = 0,1 \text{ V}$, $V_3 = 0,1 \text{ V}$, dan keluarannya tak ada sinyal. Karena tanpa R_3 maka arus kolektor = 0, sehingga arus emitter didapat dari basis. Akibatnya hubungan basis emitter adalah dioda arah maju, sehingga R_4 paralel dengan R_2 , dan karena R_4 kecil maka tegangan V_3 juga kecil. Sedangkan tegangan pada V_2 boleh dikata hampir sama dengan V_3 .

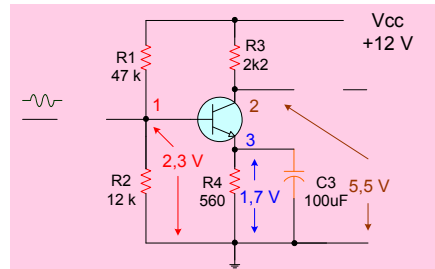


Gambar 6.51: Kondisi R₃ Terbuka

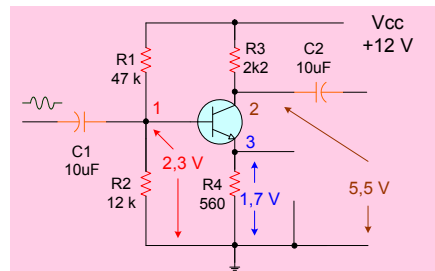
- R4 terbuka** diberikan pada gambar 6.52, maka tegangan terukur menjadi $V_1=2,3V$, $V_2= 12V$, $V_3 = 2V$, dan keluarannya tak ada sinyal. Karena emitter terbuka dengan *ground* maka tak ada arus yang mengalir pada transistor. Tegangan pada kolektor = V_{CC} , sedangkan pada V_1 kondisi normal, dan pada V_3 karena diukur terhadap *ground* maka ada tegangan terbaca pada meter karena ada arus melalui meter tersebut.
- C1 atau C2 terbuka** diberikan pada gambar 6.53, maka tegangan terukur menjadi $V_1 = 2,3 V$, $V_2 = 5,5 V$, $V_3 = 1,7 V$, dan keluarannya tak ada sinyal. Tegangan DC disini tak berubah seperti normal karena hanya kapasitor *coupling* saja yang terbuka sehingga sinyal masukan tak diteruskan ketransistor-nya.
- C3 terbuka** diberikan pada gambar 6.54, maka tegangan ter-ukur menjadi $V_1=2,3V$, $V_2 = 5,5V$, $V_3 = 1,7V$, dan keluaran dengan penguatan kecil. Karena C_3 terbuka maka rangkaian mempunyai *feed back* negatif melalui R_4 , sehingga penguatan nya menjadi kecil ($R_3:R_4 \approx 4$) sedangkan tegangan DC nya tetap normal.
- C3 hubung singkat** diberikan pada gambar 6.55, maka tegangan terukur menjadi $V_1=0,7V$, $V_2 = 0,1V$, $V_3 = 0V$, dan keluaran tak ada sinyal. Berarti emitter hubung singkat ke *ground* sehingga $V_3 = 0 V$. Transistor kondisi saturasi sehingga V_2 sangat kecil.



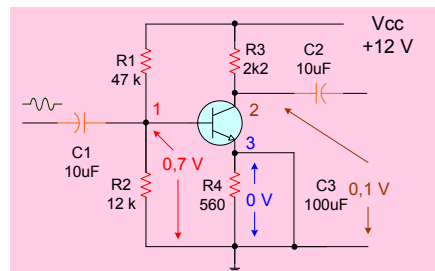
Gambar 6.52: Kondisi R₄ Terbuka



Gambar 6.53: Kondisi C₁ atau C₂ Terbuka

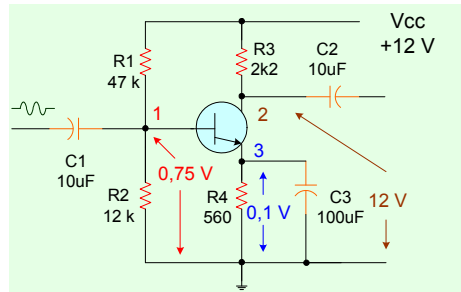


Gambar 6.54: Kondisi C₃ Terbuka

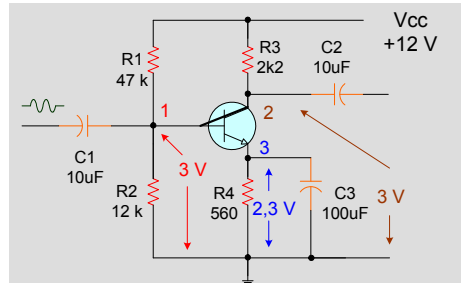


Gambar 6.55: Kondisi C₃ Hubung Singkat

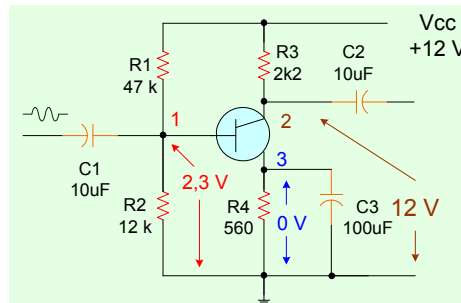
- Hubungan kolektor basis terbuka** diberikan pada gambar 6.56, maka tegangan terukur menjadi $V_1=0,75V$, $V_2 = 12V$, $V_3 = 0,1V$, dan keluaran tak ada. Sejak kolektor terbuka maka tak ada arus mengalir pada kolektor, sehingga $V_2 = 12 V$. Sedangkan hubungan emiter basis seperti dioda dengan tegangan maju, jadi sama dengan kerusakan R_3 terbuka.
- Hubungan kolektor basis hubung singkat** diberikan pada gambar 6.57, maka tegangan terukur menjadi $V_1=3 V$, $V_2 = 3 V$, $V_3 = 2,3V$, dan keluaran tak ada. Tegangan basis dan kolektor sama karena hubung singkat. Hubung singkat ini menyebabkan R_3 seri dengan R_4 , sehingga arus yang mengalir pada R_4 adalah $I = (V_{CC}-V_{BE}) / (R_3+R_4) = 4 \text{ mA}$, dan $V_3 = I \times R_4 = 2,3 V$.
- Hubungan emiter basis terbuka** diberikan pada gambar 6.58, maka tegangan terukur menjadi $V_1 = 2,3 V$, $V_2 = 12 V$, $V_3= 0V$, dan keluaran tak ada. Tak ada arus mengalir pada transistor, sehingga tegangan pada kolektor = V_{CC} , dan tegangan pada emiter = $0 V$. Sedangkan Pada V_1 kondisi normal.
- Hubungan emiter basis hubung singkat** diberikan pada gambar 6.59, maka tegangan terukur menjadi $V_1 = 0,13 V$, $V_2= 12 V$, $V_3= 0,13V$, dan keluaran tak ada. Basis dan emiter mempunyai tegangan yang sama dan ke-cil karena R_2 dan R_4 terhubung parallel sehingga Tegangan pada R_4 menjadi kecil. Dengan hubung singkat-



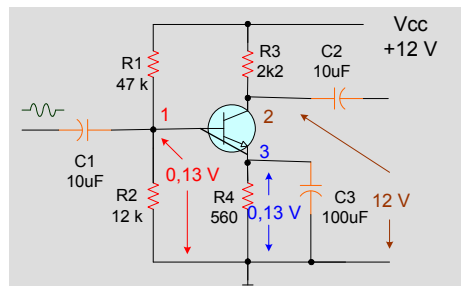
Gambar 6.56: Hubungan Kolektor Basis Terbuka



Gambar 6.57: Hubungan Kolektor Basis Hubung Singkat



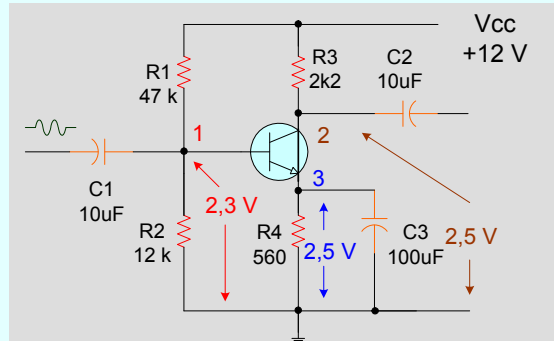
Gambar 6.58: Hubungan Emiter Basis Terbuka



Gambar 6.59: Hubungan Emiter Basis Hubung Singkat

nya basis emitter maka transistor tak aktif, sehingga tegangan kolektor = V_{CC} .

- **Hubungan kolektor emiter hubung singkat** diberikan pada gambar 6.60, maka tegangan terukur menjadi $V_1 = 2,3 \text{ V}$, $V_2 = 2,5 \text{ V}$, $V_3 = 2,5 \text{ V}$, dan keluaran tak ada.



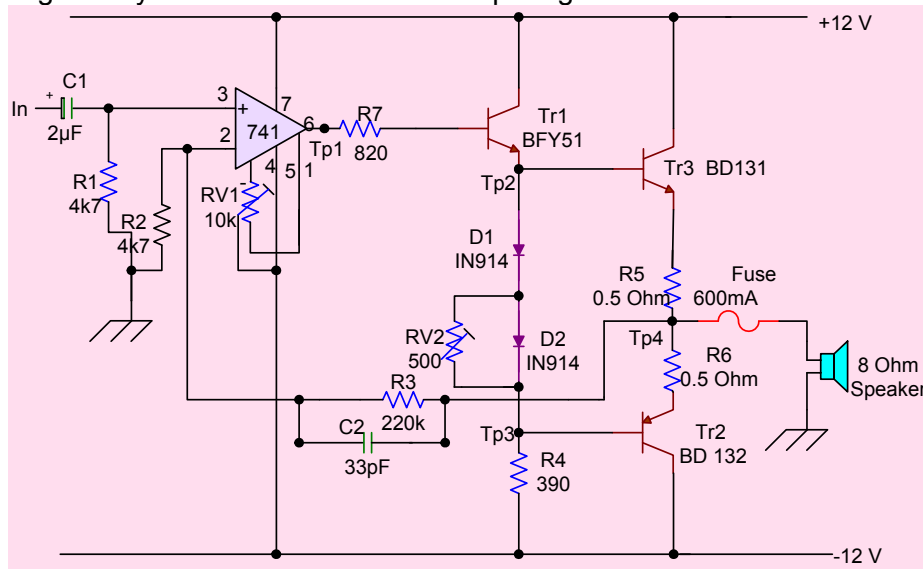
Gambar 6.60: Hubungan Kolektor Emiter Hubung Singkat.

Tegangan emitter sama dengan tegangan pada kolektor, itu menandakan hubung singkat pada emitter dan kolektor. Tegangan ini didapat dari pembagi tegangan antara R_3 dan R_4 . Sedangkan tegangan V_1 normal karena saat tegangan emitter bertambah, maka hubungan dioda basis emitter dicatu mundur (*reverse*), jadi tegangan V_1 merupakan pembagi tegangan antara R_1 dan R_2 .

Melalui rangkaian penguat satu tingkat di atas, kita dapat belajar banyak tentang:

- Macam-macam kerusakan pada sebuah penguat, jika kerusakannya salah satu komponen pada rangkaian tersebut.
- Ciri-ciri kerusakan yang terjadi, dimana jika terjadi kerusakan pada salah satu komponen akan dapat diketahui tegangan-tegangan pada titik-titik yang dibutuhkan, dan masing-masing kerusakan mempunyai harga tegangan yang berbeda.
- Kerusakan transistor dapat bermacam-macam, tapi yang pasti setiap kerusakan transistor, sinyal keluarannya pasti tak ada karena sebenarnya komponen aktifnya rusak. Hanya perlu dipelajari tegangan yang terjadi, sehingga jika terjadi kerusakan pada transistor segera bisa dideteksi lagi apakah merusak komponen yang lainnya.
- Kerusakan kapasitor *coupling* saat hubung singkat pada penguat satu tingkat tak akan ada bedanya. Tetapi bila rangkaiannya lebih dari satu tingkat, maka kerusakannya akan berakibat cukup fatal, karena tegangan DC dari rangkaian sebelum atau sesudahnya akan saling bercampur sehingga transistor bisa bergeser titik kerjanya atau bahkan transistor-transistor bisa ikut rusak dengan pergeseran titik kerja tersebut.
- Penguat satu tingkat ini biasanya bekerja pada kelas A dan banyak dipakai sebagai *driver* sebelum kepenguat akhir (penguat daya).

Penguat daya adalah sebuah penguat akhir yang selalu dipakai pada sistem audio apapun, bahkan tidak hanya pada penguat audio saja karena semua sistem elektronika pasti membutuhkan penguat akhir untuk menghasilkan suatu keluaran yang dikehendaki. Untuk itu diberikan rangkaian penguat daya untuk frekuensi audio seperti gambar 6.61 di bawah ini.



Gambar 6.61: Penguat Daya Frekuensi Audio

Cara kerja rangkaian dapat diterangkan perbagian adalah:

- Rangkaian ini Dibangun dari sebuah op-amp 741 dalam mode non-inverting, yang akan menjalankan penguat akhir dalam bentuk penguat komplemen yang kemudian akan menjalankan pengeras suara (loudspeaker) 8Ω .
- Penguat ini dirancang mempunyai respon frekuensi 15 Hz hingga 15 kHz dengan daya keluaran sebesar 3,5 W.
- Sinyal input dimasukan melalui C1 ke pin 3 IC 741, dan akan menghasilkan output pada pin 6 dengan polaritas yang sama. Sinyal output ini kemudian akan dimasukan kebasis transistor keluaran Tr3 dan Tr2 melalui sebuah emitter follower Tr1.
- Sebagian dari sinyal keluaran diumpun balikkan ke input inverting IC 741 melalui pembagi tegangan R3 dan R2. kedua resistor ini akan menentukan penguatan rangkaian secara keseluruhan, disamping itu, umpan balik jenis ini akan memperbaiki kinerja rangkaian penguatan AC-nya dan dan menjaga kestabilan keluarannya serta menjadikan tegangan pada TP4 sama dengan nol atau mendekati nol.
- Adapun prinsip kerja penguat komplemen adalah: pada setengah siklus positif Tr3 konduksi dan Tr2 mati. Pada setengah siklus negatif Tr2 konduksi dan Tr3 mati. Jadi penyaluran daya dari penguat komplemen ke loudspeaker dilakukan melalui Tr3 pada setengah siklus positif dan melalui Tr2 pada setengah siklus negatif.

- Untuk mendapatkan keluaran yang baik, kedua transistor tersebut harus benar-benar sesuai dan dipasang dengan menggunakan pendingin yang baik. Bila transistor tersebut tidak benar-benar sesuai, maka terjadi cacat *cross-over*. Dioda D1 dan D2 dipasang untuk membantu mengatasi cacat *cross-over* dengan mengatur bias majunya pada harga yang kecil.
- Tegangan offset pada masukan akan diperkuat dan akan muncul pada TP4 dalam orde beberapa millivolt, baik positif maupun negatif. Hal ini menyebabkan arus DC yang tidak diinginkan akan mengalir melalui penguat suara, hingga akan mengurangi kualitas penguat suara yang dihasilkan. Untuk menghilangkannya, digunakan RV1 sebagai pengatur *offset null*.
- Daya keluaran maksimum yang tersedia dapat ditentukan dengan perkiraan pertambahan amplitudo sinyal input dimana keluaran gelombang outputnya dimonitor oleh osiloskop. Tegangan Rms melalui beban dengan mengabaikan distorsi dapat digunakan untuk mendapatkan daya keluaran. Dan rumus dari daya keluarannya yaitu:

$$P_O = \frac{V^2_{rms}}{R_L} \quad \text{dimana } R_L = 8 \Omega. \text{ Sedangkan penguatan}$$

tegangannya adalah: $A_v = (R_2 + R_3) / R_2$.

- Transistor Tr3 dan Tr2 akan rusak jika dialiri arus yang melebihi kemampuannya. Hal ini dapat terjadi jika Tr1 hubung singkat. Oleh karena itu harus dipilih catu daya yang sesuai dengan batas arus maksimum 1 A sehingga kemampuan maksimum transistor tidak terlampaui.

Dengan diterangkan perbagian tentunya akan makin jelas, sehingga jika ada kerusakan akan lebih mudah diketahui komponen mana yang rusak.

Pada kondisi normal tanpa sinyal masukan tegangan DC yang terukur di TP-TPnya terhadap *ground* adalah sebagai berikut:

TP	1	2	3	4
Tegangan DC (Volt)	1,2	0,6	-0,5	10 mV

Ada beberapa kerusakan yang dapat dijelaskan, yaitu:

- Jika diberikan pengukuran terhadap *ground* sebagai berikut:

TP	1	2	3	4
Tegangan DC (Volt)	10,2	-10,7	-11,9	-11,3

Dan disini ternyata sekiranya putus tapi transistor tak ada yang panas sekali. Dari kasus ini ternyata TP 2, 3, dan 4 negatif semua, jadi tegangan positif tak tersalurkan, artinya Tr1 tak bekerja (terbuka bukan hubung singkat) walau TP1 sangat tinggi (sebagai pemicu Tr1 untuk konduk). Artinya Op-Amp tetap bekerja normal hanya keluarannya menjadi positif besar karena masukan *invertingnya* mendapat tegangan negatif besar dibandingkan masukan *non invertingnya*. Jadi ini terjadi karena dua kemungkinan, yaitu **R7 terbuka** atau **basis dan emiter Tr1 terbuka**.

Disini Tr3 *cut off* dan Tr2 konduk sehingga timbul tegangan negatif. Sedang sekring putus karena arus yang mengalir melebihi 0,6 A.

- Jika penguatan penguat menjadi sangat rendah. Tegangan keluaran hampir sama dengan tegangan masukan. Transistor tak ada yang panas. Hal ini pasti terjadi karena munculnya umpan balik negatif (ingat pada penguat satu tingkat), ini dimungkinkan terjadi jika **R2 terbuka** atau **C2 hubung singkat**, sehingga penguatannya mendekati satu.
- Keluaran sangat tak stabil penguatannya sehingga sinyalnya tak menentu. Harus diketahui bahwa untuk menjaga kestabilan rangkaian pada umumnya selalu diberi umpan balik negatif. Karena tak stabil maka hanya satu kemungkinan yang membuat itu semua, yaitu rangkaian umpan baliknya yang tak beres. Dan umpan balik rangkaian ini adalah R3, jadi pasti **R3 terbuka**.
- Terjadi distorsi setengah gelombang positifnya (gelombang positif terpotong) pada keluarannya, sedang bagian negatifnya normal. Telah diketahui dari cara kerja rangkaian bahwa yang menghasilkan setengah gelombang positif adalah daerah Tr3, jadi jika Tr1 tak panas dan tetap bekerja karena Tr2 dapat masukkan dari Tr1 tetap bekerja normal maka kerusakannya pasti pada daerah Tr3 dan keluarannya, yaitu **basis dan emitter Tr3 terbuka** atau **R5 terbuka**.
- Apa yang terjadi bila sampai **Rv2 terbuka**. Ini sangat berbahaya, karena Rv2 adalah penentu setting titik kerja Tr2 dan Tr3, jadi jika Rv2 terbuka maka keluaran akan distorsi *crossover* dan kedua transistor Tr2 dan Tr3 akan cepat panas dan rusak. Jadi jangan disepelekan kerusakan sebuah resistor itu karena dapat berdampak sangat banyak pada rangkaian.
- Jika Op-Amp rusak, dengan kondisi bagian keluarannya terbuka (pin 6 terbuka). Ini bukan berarti aman, karena walaupun TP1 = 0, yang artinya Tr1 dan Tr3 *cut off*, tapi Tr2 sangat konduk sehingga pasti sekring akan putus lagi (seperti pada kerusakan yang pertama R7 terbuka atau basis dan emitter Tr1 terbuka).

Jadi ternyata rangkaian penguat akhir untuk model komplemen ini sangat sensitif, sedikit saja salah *setting* maka akan berakibat fatal pada rangkaianannya. Disini diperlukan ketelitian dan pengalaman, jadi walaupun tanpa diukur tegangan-tegangan DC nya pada TP-TP tertentu tetap bisa ditentukan daerah mana yang tidak benar dan komponen mana yang rusak saat ada suatu kasus kerusakan

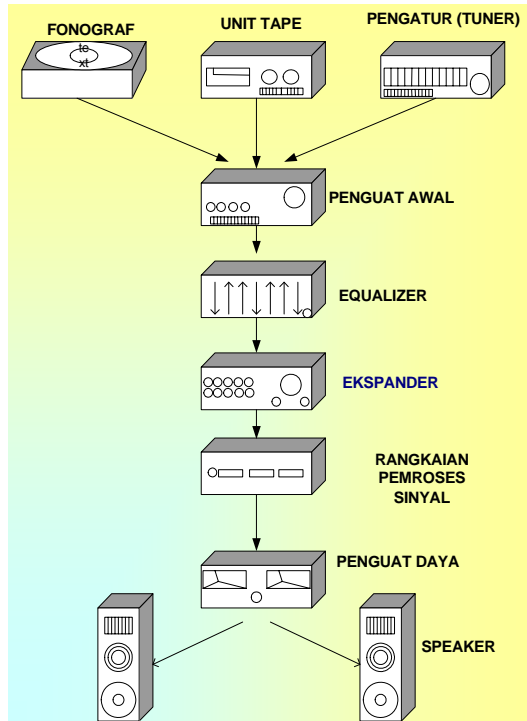
Melalui dua contoh rangkaian sederhana di atas, kiranya dapat menambah wawasan berpikir kita tentang sebuah penguat pada sistem audio dan membuat kita makin penasaran untuk mengetahui lebih lanjut tentang sebuah sistem audio stereo itu. Karena dalam rangkaian sistem audio akan ditemui banyak sekali ragamnya, dan tentunya banyak sekali kasus kerusakan yang akan dihadapi dengan segala bentuk kerusakan yang bisa dikatakan sangat bervariasi, tapi pada intinya kuasai dahulu dasar sebuah penguat baik itu bagian *driver* maupun penguat akhir/daya.

6.3.5. Dasar Sistem Audio Stereo

Sistem stereo lengkap dapat terdiri dari sejumlah modul, masing-masing dengan kotaknya, dan mempunyai fungsi masing-masing yang berbeda. Gambar 6.62 menunjukkan diagram modular sistem stereo. Secara umum terdiri dari empat grup, yaitu: sumber sinyal, prosesor, penguat, dan transduser audio. Akan tetapi, ada dua modul tambahan yang juga perlu diperhitungkan, yaitu catu daya dan sistem sambungan antar modul.

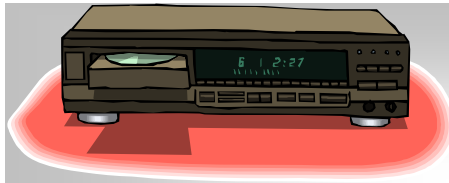
- **Sumber sinyal**

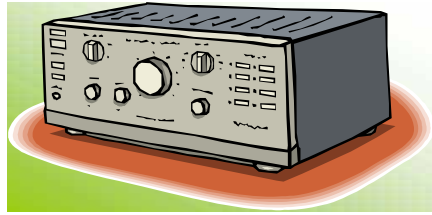
Sumber sinyal adalah segala sesuatu yang menghasilkan sinyal yang diproses, dikuatkan, dan kemudian diubah dalam audio. ada dua hal yang perlu diperhatikan, pertama kualitas sinyal. Bila sumber sinyal mempunyai respon frekuensi yang rendah, sinyal yang dihasilkan akan cacat (terpotong atau distorsi) dan mengalami pergeseran fasa, sehingga pada akhir sistem tidak dapat diharapkan untuk menghasilkan sesuai dengan yang diinginkan. Masalah kedua yang perlu dipertimbangkan adalah sinyal harus bebas derau. Bila sumber sinyal mengandung derau, maka derau akan diproses dan dikuatkan secara bersamaan oleh sistem.



Lucas M. Faulkenberry, 1986, 203

Gambar 6.62: Diagram Modul Sistem Stereo





Gambar 6.63: Beberapa Contoh Bagian dari Sistem Audio .

- **Prosesor**

Prosesor ada bermacam-macam, pada umumnya berfungsi **memilih dan memodifikasi sinyal** dari sumber atau prosesor lain **tanpa mengikut sertakan derau atau sinyal yang tidak akurat**. Prosesor dapat diuji dengan cara melepas modul tersebut dari sistem, kemudian dilihat apakah masih ada masalah yang sama setelah modul dilepas. Akan tetapi, penguat depan *preamp* harus selalu diperiksa, untuk melihat dan membandingkan sinyal masukan dengan sinyal keluarannya.

- **Penguat**

Kebanyakan sistem hanya mempunyai satu penguat stereo, dan biasanya dikombinasikan dengan penguat depan yang terintegrasi dengan penguat. Bagian ini akan menguatkan sinyal (termasuk derau dan sinyal yang cacat) yang diterimanya, untuk menggerakkan keluaran transduser.

Masalah yang dapat terjadi pada penguat adalah:

- Sinyal terpotong,
- Hilangnya sinyal keluaran,
- Suhu berlebih,
- Volume tidak berfungsi,
- Respon frekuensi yang tidak baik. Gunakanlah penguat sesuai dengan batas-batas yang ada.

- **Transduser**

Transduser akan mengubah sinyal elektrik menjadi suara yang dapat didengar. Mungkin anda beranggapan hanya ada satu transduser, yaitu speaker. Secara umum anggapan ini benar, tetapi janganlah beranggapan, bahwa speaker itu sederhana. Sistem ini bisa terdiri dari magnet permanen standar, *tweeter*, penguat suara elektro statik dan sebagainya. Semua bagian akan menerima sinyal dan mengelola daya yang dikirim oleh penguat kepadanya.

Speaker dapat menyebabkan:

- Distorsi suara,
- Penambahan derau dari speaker
- Masalah penguatan karena impedansi tidak sesuai.

Cara untuk memeriksa speaker adalah dengan mencoba speaker pada keluaran penguat kiri dan kanan secara bergantian. Bila masalahnya mengikuti berarti speaker itu rusak.

- **Catu daya**

Hampir setiap modul mempunyai catu daya sendiri. Bagian ini seharusnya dapat memberikan catu dc (tanpa derau dan *hum*) dan dapat mempertahankan-

kan level dc pada batas yang dapat diterima oleh komponen dalam modul tersebut tanpa dipengaruhi oleh perubahan beban atau tegangan jala-jala.

- Catu dc yang tak murni, akan menimbulkan dengung atau *hum* pada audio.
- Bila level dc kurang, maka modul akan kehilangan salah satu atau beberapa spesifikasinya.

● Sambungan antar modul

Masalah yang ada di dalam sistem modular adalah perlunya sambungan listrik antar modul berupa kabel dan konektornya. Hal ini biasanya tergantung dari masalah pengawatan dan sambungan fisik. Fungsi sambungan antar modul adalah membawa sinyal (termasuk tanah) dari satu titik ke titik lain.

- Sambungan / konektor korosi atau teroksidasi dapat menyebabkan sinyal kadang hilang atau ledakan derau yang timbul secara periodik.
- Kawat tanpa isolasi yang baik dapat menimbulkan derau (*hum*)
- Kawat yang saling berdekatan akan menambah kapasitansi, sehingga impedansi menjadi tidak sesuai lagi, khususnya efek frekuensi tinggi dan impedansi tinggi.
- Untuk itu gunakan konektor yang bagus, dan biasanya menggunakan kabel coaxial khusus untuk audio.

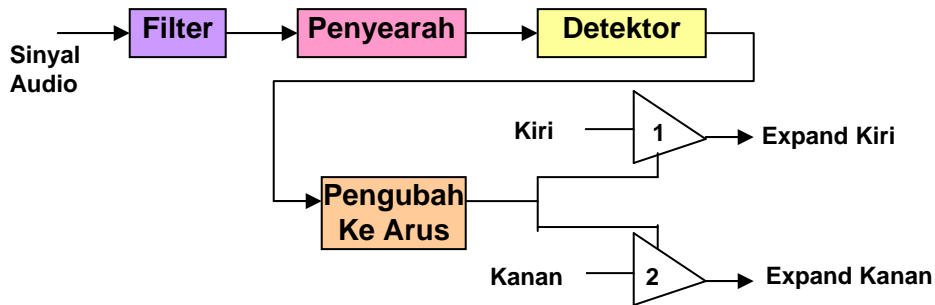
Pada sistem modular untuk menghasilkan suara audio yang makin enak untuk didengar, biasanya sebelum prosesor ditambah lagi beberapa modular yang lain, yaitu *equaliser* dan *ekspander*.

● *Equaliser*

Sebuah *equalizer* memisahkan informasi audio kedalam lebar frekuensi yang berbeda dan mengontrol kekuatan setiap lebar '*band*' pada saat pengguna melakukan pengesetan. *Equalizer* yang bagus mengizinkan pengguna memilih lebar *band* yang diinginkan dengan mengatur potensiometer yang ada pada panel. Dan sebenarnya rangkaian *equaliser* merupakan rangkaian filter aktif yang dapat diatur pada daerah frekuensi berapa yang akan dihilangkan atau dimunculkan. Jadi disini karena berupa filter aktif pastilah ada unsur penguatan jika dikehendaki pada suatu frekuensi tertentu. Tapi ada juga equaliser yang menggunakan filter pasif dan penambahan penguatan pada ujungnya. Yang perlu diingat equaliser tidak dapat memperbaiki kualitas dari sinyal yang masuk, kalau sinyalnya tak menghasilkan frekuensi tinggi / rendah, tentunya dengan equaliser tak akan menjadi muncul frekuensi tersebut. Apalagi mengandung noise / desis, ini akan tetap terbawa bahkan untuk equaliser yang standard akan makin menguatkan noise tersebut.

• **Ekspander**

Dasar dari expander ditunjukkan oleh Gambar 6.64, alat ini akan mendeteksi level sinyal input. Reaksinya dengan meningkatkan penguatan pada expander untuk input yang besar dan mengurangi penguatan pada expander untuk input yang kecil.



Lucas M. Faulkenberry, 1986, 224

Gambar 6.64: Blok Diagram Expander

Rangkaian filter mengisolasi beberapa bagian yang mewakili spectrum audio (700 Hz sampai 7KHz) yang dideteksi. Kemudian, rangkaian penyearah dan detector mengkonversi audio yang telah difilter menjadi tegangan variabel dc yang berubah didalam bagiannya sesuai level input (ac audio). Dc variabel ini (dalam bentuk arus) digunakan untuk mengontrol sebuah tegangan atau arus baik kanal kiri maupun kanan melalui penguat transkonduktan 1 dan 2, yang memproses sinyal audio. Didalam rangkaian *ekspander* ada sebuah kapasitor yang menentukan seberapa cepat penguatan dapat berubah. Dan perubahan inilah yang didengar oleh telinga kita. Akan tetapi bila perubahan penguatan terlalu lambat maka tak akan ada suara, dan bila terlalu cepat akan timbul noise. Biasanya yang paling sering rusak adalah penguat 1 dan 2.

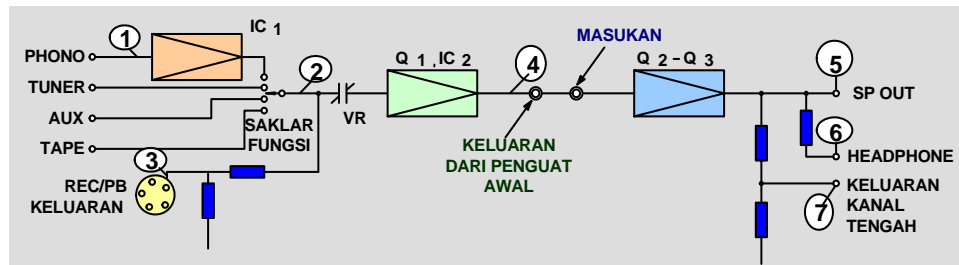
Ekspander sederhana seperti ini mempunyai beberapa kelemahan; nada tunggal yang keras dalam perekaman dapat meningkatkan gain keseluruhan spectrum, akibatnya seluruh nada menjadi lebih keras.

6.3.6. Cara Pelacakan Kerusakan Penguat Stereo

Di atas telah diuraikan bagian-bagian dari sebuah sistem stereo yang berupa modul dan masalah yang sering dijumpai. Pada bagian ini kalian akan dijelaskan bagaimana melacak kerusakan pada penguat stereo.

Dalam hal ini sebenarnya hanya akan dibahas salah satu penguat dari dua penguat yang identik. Bila terjadi kerusakan, salah satu penguat diantara dua penguat tersebut mengalami kerusakan. Dengan memeriksa terlebih dahulu dan mematikan salah satu penguat, kemudian anda mendengarkan bagian yang satu secara bergantian. Gambar 6.65 menunjukkan blok diagram sebuah penguat stereo yang terdiri dari dua buah penguat depan dan sebuah penguat akhir.

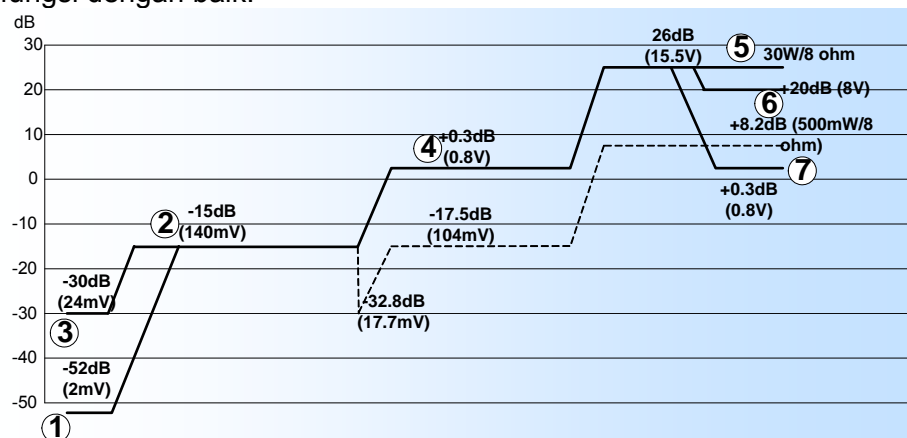
Pelacakan Kerusakan Sistem Analog



Walter, 1983, 197

Gambar 6.65: Diagram Blok Sistem Penguat Stereo

Penguat depan pertama biasanya terdiri dari sebuah IC1 dan hanya digunakan untuk menguatkan sinyal keluaran phono. Penguat depan kedua biasanya terdiri dari satu IC2 dan satu transistor penggerak (Q1), dan digunakan untuk menguatkan sinyal keluaran dari *tuner*, *tape*, *VCD/DVD* atau masukan lainnya. Saklar pemilih fungsi, kontrol volume dan kontrol *tuner* biasanya selalu diletakkan sebelum penguat daya. Keluaran yang berbeda, pada tingkat yang berbeda, menghasilkan sinyal audio untuk speaker, *headphone*. Keluaran kanal pusat, suatu jaringan yang dapat digunakan untuk menghasilkan keluaran untuk speaker ketiga. Pengukuran tingkat sinyal perlu dilakukan untuk mengetahui apakah penguat berfungsi dengan baik.



Walter, 1983, 197

Gambar 6.66: Grafik Audio Level Untuk Penguat Pada Gambar 6.59.

Gambar 6.66 menunjukkan diagram tingkat, untuk menunjukkan tingkat sinyal relatif, baik di atas dB atau di bawah dBm dan dalam milivolt.

Bila anda menggunakan informasi diagram tingkat untuk diagram blok Gambar 6.62, maka dengan mudah anda dapat menentukan bagian yang mengalami kerusakan. Misalnya, bila sinyal masukan pada titik 2 adalah 140 mV, maka pada titik 4 seharusnya diperoleh sinyal sebesar 0,8 volt, dengan mengatur kontrol volume pada posisi maksimum bila sinyal yang

didapat ternyata kurang dari 0,8 volt, maka ada sesuatu yang tidak beres pada bagian penguat depan. Respon frekuensi, linieritas penguatan, bebas derau serta interferensi lain juga merupakan parameter penting dalam operasi penguat stereo.

6.3.7. Mengenali Kerusakan Pada Sistem Stereo

Kerusakan pada sistem stereo pada dasarnya dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu: kerusakan mekanik dan kerusakan elektronik. Karena kebanyakan bagian elektronik terdiri dari IC, maka kerusakan atau gangguan sering terjadi pada bagian mekaniknya.

- **Kerusakan mekanik**

Mekanisme penggerak pada tape dan tuning adalah bagian mekanik sering mengalami gangguan. Pada tape biasanya digunakan sabuk penggerak karet untuk mentransfer rotasi motor ke transport tape. Karena sabuk penggerak ini mempunyai waktu pakai terbatas, maka seringkali menjadi sumber gangguan. Bila anda merasakan adanya getaran pada motor listrik, tetapi tidak terjadi gerakan pada transport tape, maka kemungkinan besar kerusakan terjadi pada sabuk penggerak. Bila hal ini terjadi, maka anda harus mengganti sabuk penggeraknya dengan yang benar-benar bagus.

Bagian yang tak kalah penting sebagai sumber kerusakan adalah motor itu sendiri. Tidak adanya pelumasan, penyetelan mekanis yang kurang baik, akan menyebabkan tangkai dan penggerak motor menjadi macet.

Hal ini dapat anda ketahui pada saat memeriksa kerusakan sabuk penggerak. Dengan memberi sedikit pelumas biasanya masalah ini akan dapat diatasi.

- **Kerusakan elektronik**

Karena rangkaian elektronik dalam tuner dan peralatan audio dapat mengalami kerusakan, maka kerusakan sering kali dijumpai pada penguat daya dan bagian catu daya. Pada bagian ini komponen mengalami stres paling berat dan pembangkit cenderung untuk meningkat yang akan mempersingkat waktu pakai kapasitor dan semikonduktor. Kebanyakan penguat daya menggunakan push-pull. Bila salah satu dari rangkaian push-pull tersebut mengalami kerusakan, maka akan menyebabkan distorsi pada keluaran audio dan ini akan dapat segera dikenali oleh pendengaran. Transistor audio yang merupakan bagian dari penguat daya dapat diperiksa dengan menggunakan ohm meter untuk mengetahui apakah transistor hubung singkat atau terbuka (Baca Bab 4). Bila anda harus mengganti transistor ini dengan yang baru, pastikan bahwa komponen penggantinya sudah tepat, dan pasanglah pada tempat yang benar dengan cara yang benar pula.

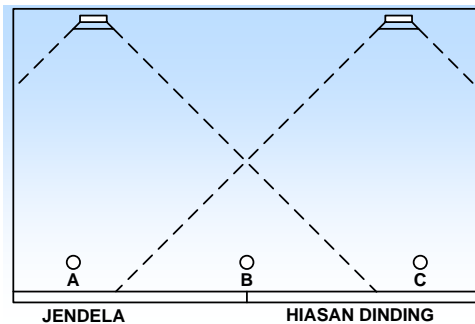
Transformer audio sering juga mengalami kerusakan. Koil speaker dapat putus, disebabkan oleh adanya hentakan arus.

Akan tetapi, kerusakan dalam speaker seringkali merupakan kerusakan mekanik murni. Mekanik koil suara dapat melengkung dan hal ini menyebabkan, gesekan disekitar permukaannya. Kerusakan speaker (kerucut speaker patah, sambungan lepas dan lain-lain) dapat juga terjadi.

• **Kerusakan Akustik**

Orang sering mengabaikan kerusakan ini. Mereka mengira, jika rangkaian audionya bekerja dengan baik, penguat suara baik, dan jika sinyal dari sumber baik, maka akan dapat diperoleh suara yang bagus. Padahal kenyataannya, situasi akustik pada tempat tertentu adalah jauh dari ideal. Peralatan *hi-fi* yang sama akan menghasilkan suara yang berbeda jika digunakan pada lingkungan yang berbeda.

Hiasan dinding, karpet lantai, ukuran ruangan, letak pintu dan jendela akan mempengaruhi kualitas suara yang sebenarnya. Gambar 6.66 akan dapat digunakan untuk memberikan gambaran tentang masalah akustik.



Walter, 1983, 214

Gambar 6.66: Gambaran Tentang Masalah Akustik

Pemasangan yang sesuai speaker kanan dan kiri akan dapat memproduksi suara yang terdengar sempurna, bila pendengar duduk pada titik B. Anggap jendela terpasang pada setengah bagian dinding dibelakang pendengar, hiasan dinding menutupi setengah dinding sisanya. Bila pendengar pindah pada titik A, dia akan tetap dapat mendengar secara langsung, baik dari kiri maupun kanan, tetapi refleksi terkuat akan diperoleh dari permukaan jendela. Refleksi ini sangat tergantung pada dimensi ruangan, mungkin interferensi yang serius akan terjadi terhadap suara yang langsung diterima. Bila pendengar pindah ketitik C, hiasan dinding akan menyerap suara dan akan mencegah refleksi, mungkin dia akan mendapatkan suara yang jauh lebih baik dibanding di A.

Pada ruangan yang sangat luas terdapat titik mati, yaitu volume sangat rendah, karena terjadi pemusnahan suara refleksi dan yang diterima langsung. Di samping itu, terjadi pula titik keras, yaitu suara yang diterima terasa sangat tajam. Oleh karena itu, pastikan dulu lingkungan yang sangat baik untuk pemasangan peralatan audio anda, agar diperoleh kualitas suara yang sempurna.

Jadi sangat kompleks untuk mencari kerusakan suatu sistem stereo, maka diperlukan ketrampilan khusus untuk itu.

6.3.8. Identifikasi Kerusakan Pada Modular Sistem Stereo

Sebelum anda menghidupkan sistem, perhatian beberapa pertanyaan berikut ini:

- Bagaimana unit tersebut bekerja? (jangan tanyakan apa yang rusak, tetapi apa gejalanya). Bagaimana suara yang terdengar?
- Kapan gejala tersebut muncul? Tak tentu atau sepanjang waktu?
- Dari setiap sumber (AM, FM, phono dst). Pada semua volume? Apakah ada peralatan rumah tangga yang sangat kuat pada saat itu?
- Apakah gejala tersebut timbul secara perlahan-lahan atau tiba-tiba?
- Apakah gejala tersebut berubah dengan bertambah panasnya alat?
- Apakah pemakai telah memindahkan sesuatu, atau mengubah / menambahkan komponen pada sistem?
- Adakah suara aneh / asing atau tercium bau tertentu? Apakah panel lampu menyala atau redup?

Bila anda mendengar gejala, untuk mengidentifikasi apakah penguat daya yang rusak (tidak ada suara, terjadi distorsi, ada suara gemerisik, unit lampu padam atau berkedip), maka jangan hidupkan sistem. Gejala ini juga muncul bila terjadi kerusakan pada bagian catu daya.

Masalah tersebut akan dapat menyebabkan bencana, misalnya berasap, timbul percikan bunga api dan rusak. Bila gejala tersebut muncul setiap kali alat dihidupkan, hal itu menunjukkan adanya lonjakan daya yang menyebabkan alat rusak. Carilah masalahnya pada:

- Sambungan disekitar catu daya,
- Saklar daya
- Pengolah daya
- Periksalah kapasitor besar pada catu daya
- Periksalah pengawatan pada saklar daya.

Pemeriksaan Sistem

Bila anda yakin bahwa tidak akan terjadi kerusakan pada catu, maka hidupkan sistem, dan kemudian amati gejalanya. Ingatlah langkah berikut untuk menentukan kerusakan modul.

- Lakukan pemeriksaan *hum*, dengan melepas berbagai blok dari sistem. Bila perlu, lepaskan saklar, matikan semuanya, dan lepas semua kabel.
- Bila masalah tampak pada beberapa tempat, periksalah sistem prosesor yang digunakan pada semua mode operasi. Kemudian periksa berurutan hingga pada bagian yang terakhir (penguat suara)
- Ingat kabel dan penghubung juga dapat menimbulkan derau, atau suara gemerisik.
- Adakah sambungan yang kurang baik (goyang misalnya)?
- Bila modul tersebut baru, yang perlu dicurigai adalah sambungannya. Apakah setiap modul telah dihubungkan dengan benar?

Pemeriksaan modul

Mulailah pemeriksaan modul secara visual

- Tanda panas
- Area yang bersih, sementara bagian lain kotor penuh debu. Ini menandakan seseorang baru saja memperbaiki sesuatu disekitar area tersebut.
- Komponen yang salah tempat karena sebelumnya seseorang telah memperbaiki atau memodifikasi rangkaian.

- Foil yang telah rusak karena panas.
- Komponen yang tidak fit (berbeda ukuran, umur, pabrik dan lain-lain)
- Periksa bagian lain (PCB, plug yang sudah korosi, kabel yang menunjukkan kerusakan akibat panas dan lain-lain)

6.3.9. Jenis Kerusakan dan Gejalanya

Di bawah ini diberikan tabel jenis kerusakan dan gejala yang terjadi bila kerusakan dialami oleh rangkaian penguat, baik itu penguat awal maupun penguat daya.

Tabel 6.3: Kerusakan Pada Penguat Sinyal Kecil (Penguat awal)

Jenis Kerusakan	Gejala
Komponen bias rusak, rangkaian terbuka atau harga resistor terlalu besar	Titik kerja bergeser menuju titik mati transistor cenderung mati, gejalanya terjadi distorsi besar, atau bahkan tidak ada keluaran
Kapasitor kopling atau decoupling hubung singkat	(gejala sama dengan diatas)
Kapasitor kopling terbuka	Bias DC normal: tidak ada keluaran, karena sinyal dari tingkat yang satu tidak dapat diteruskan ke tingkat berikutnya.
Kapasitor decoupling terbuka	Terjadi umpan balik negatif seri, sehingga penguatan menjadi lebih rendah.
Saluran daya kapasitor decoupling terbuka	Menaikkan derau pada frekuensi 100Hz, pada keluaran penguat. Masukan penguat depan normal.
Saluran rangkain umpan balik terbuka	Penguatan menjadi tidak stabil dan kemungkinan dapat terjadi osilasi.
Nilai kapasitor kopling dan decoupling berkurang	Respon frekuensi rendah sangat kurang; lebar pita berkurang

Tabel 6.4: Kerusakan Pada Penguat Daya

Jenis kerusakan	Gejala
Resistor bias dari rangkaian terbuka atau nilainya membesar	Pada penguat kelas B akan memperbesar distorsi crossover.
Kapasitor keluaran hubung singkat	Sekering putus atau transistor menjadi panas. Lakukan pengukuran resistansi untuk mengetahui komponen yang rusak.
Potensiometer bias di set pada harga yang kurang tepat	Kenaikan distorsi crossover. Transistor Daya menjadi panas.

6.3.10. Laporan Perbaikan Sistem Penguat

Coba anda perhatikan dan amati bila anda membawa peralatan yang rusak ke tempat reparasi resmi yang besar, pasti disana banyak terdapat lembaran-lembaran isian baik bagi kita maupun buat mereka sendiri. Salah satu lembaran isian itu adalah laporan tentang kerusakan yang terjadi (ciri-ciri kerusakannya) yang anda laporkan laporan hasil perbaikan peralatan anda. Laporan ini akan sangat berguna bagi teknisi untuk melihat jenis kerusakan dan penanganan yang telah dilakukan, dimana pada saat yang lain mungkin dibutuhkan yaitu saat mereparasi barang yang sama tipenya.

Jadi biasakanlah membuat laporan perbaikan yang sangat besar manfaatnya buat anda dan buat perusahaan dimana anda bekerja. Sebagai contoh salah satu bentuk lembaran laporan perbaikan untuk penguat adalah sebagai berikut:

LAPORAN PERBAIKAN SISTEM PENGUAT

Jenis / Merk Penguat :
 Tipe :
 Tanggal masuk :
 Tanggal keluar :

No	Jenis Kerusakan	Perbaikan/Penggantian	Keterangan

6.4. Penerima TV Berwarna

6.4.1. Pendahuluan

Sebelum membahas lebih jauh tentang TV berwarna, coba anda pikirkan bagaimana mungkin sebuah radio bisa kita dengar siarannya atau sebuah TV bisa kita lihat dan dengar siarannya ? Inilah yang disebut telekomunikasi (komunikasi jarak jauh). Komunikasi satu arah ini dapat terjadi karena ada pemancar dan penerimanya dan masing-masing mempunyai syarat yang harus dipenuhi agar terjadi komunikasi tersebut. **Persyaratannya** adalah: informasi yang dikirim berupa suara (pada radio) atau suara dan gambar (pada TV) dibawa oleh sinyal pembawa, yang kita kenal dengan modulasi (rangkaiannya disebut modulator) pada frekuensi tertentu. Pada radio ada dua cara memodulasi yaitu AM (*amplitude modulation*) dan FM (*Frequency Modulation*), sedangkan pada TV dengan sistem FM. Frekuensi modulasi inilah yang menjadikan kita dapat menangkap siaran suatu stasiun radio ataupun stasiun TV. Saat kita mencari gelombang frekuensi suatu siaran itu artinya kita menyamakan frekuensi penerima kita dengan frekuensi pemancarnya. Jadi walau ba-nyak siaran radio dan TV dimana-mana yang tertangkap oleh antena ra-dio / TV penerima di rumah, tetapi yang dapat kita dengar atau lihat ha-nya satu stasiun pemancar saja pada frekuensi tertentu. Kalau kita hen-dak mendengarkan atau melihat stasiun pemancar yang lain, maka kita harus mencari dengan cara merubah frekuensi penerima kita (di *tuning*) yang disesuaikan dengan frekuensi dari pemancar yang kita cari. Inilah proses telekomunikasi satu arah saja, yang satu memancarkan saja se-dangkan yang lainnya menerima.

Televisi adalah sebuah alat penangkap siaran bergambar. Kata televisi berasal dari kata *tele* dan *vision*; yang mempunyai arti masing-masing jauh (*tele*) dan tampak (*vision*). Jadi televisi berarti tampak atau dapat melihat dari jarak jauh. Penemuan televisi disejajarkan dengan penemuan roda, karena penemuan ini mampu mengubah peradaban dunia. Di Indonesia 'televisi' secara tidak formal disebut dengan **TV**, **tivi** atau **teve** . Awal dari televisi tentu tidak bisa dipisahkan dari penemuan dasar, hukum gelombang elektromagnetik yang ditemukan oleh *Joseph Henry* dan *Michael Faraday* (1831) yang merupakan awal dari era komunikasi elektronik. Kemudian berturut-turut ditemukan tabung sinar katoda (CRT), sistem televisi hitam putih, dan sistem televisi berwarna. Tentunya perkembangan ilmu ini akan terus maju apalagi dengan ditemukannya LCD, yang membuat TV dizaman ini semakin tipis dengan hasil gambar yang tak kalah bagusya dengan TV tabung.

Jadi dizaman ini kita harus tahu betul tentang TV karena hampir semua rumah tangga mempunyai TV baik yang hitam putih maupun yang berwarna. Anda siap untuk mempelajarinya ?

Televisi (TV) yang kita kenal terdiri dari dua jenis, yaitu:

a. Televisi hitam putih (gambar 6.67)

b. Televisi berwarna (gambar 6.68)
Pada televisi hitam putih tidak dapat dilihat gambar sesuai dengan warna aslinya. Apapun yang terlihat dilayar kaca hanya tampak warna hitam dan putih. Hal ini sangat berbeda dengan televisi berwarna, yakni warna gambar yang tampil di layar akan terlihat menyerupai aslinya.

Gambar yang kita lihat di layar televisi adalah hasil produksi dari sebuah kamera. Objek gambar yang ditangkap lensa kamera (gambar 6.69) akan dipisahkan berdasarkan **tiga warna dasar**, yaitu **merah (R= red)**, **hijau (G=green)**, dan **biru (B=blue)**. Hasil tersebut akan dipancarkan oleh pemancar televisi.

Pemancar TV berwarna memancarkan sinyal-sinyal :

- **Audio (bunyi)**
- **Luminansi (kecerahan gambar)**
- **Krominansi (warna)**
- **Sinkronisasi vertikal / horizontal**
- **Burst**

Pada pesawat televisi berwarna, semua warna alamiah yang telah dipisah ke dalam warna dasar R (*red*), G (*green*), dan B (*blue*) akan dicampur kembali pada rangkaian matriks warna untuk menghasilkan sinyal luminansi Y dan dua sinyal krominansi, yaitu V dan U menurut persamaan berikut :

$$Y = +0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$V = 0,877 (R - Y)$$

$$U = 0,493 (B - Y)$$



Gambar 6.67: Contoh TV Hitam Putih



Gambar 6.68: Contoh TV Berwarna

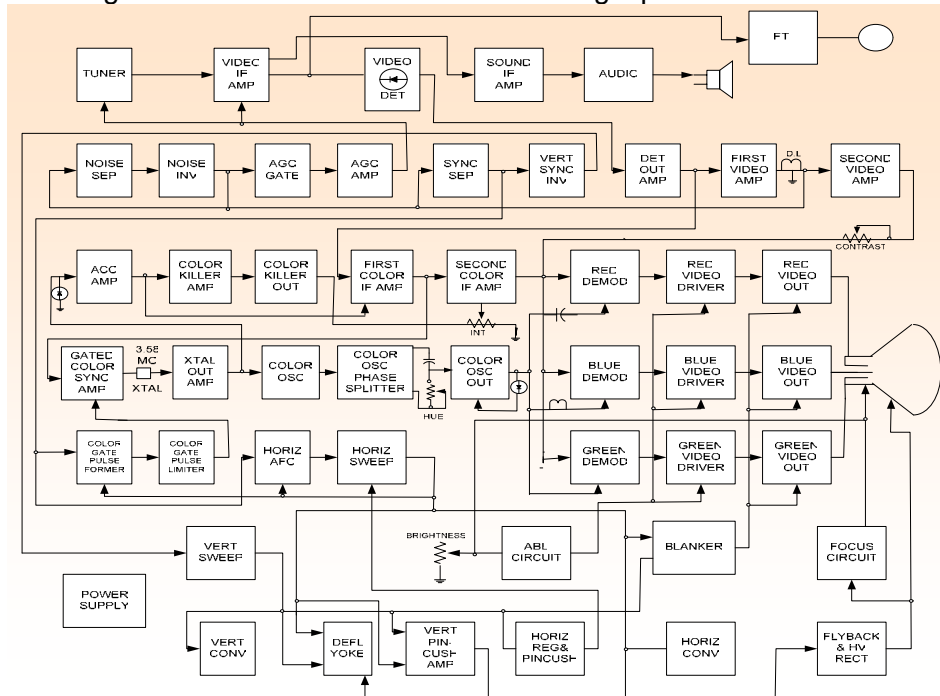


Gambar 6.69: Pengambilan Gambar oleh Kamera dan disalurkan ke TV

Selain gambar, pemancar televisi juga membawa sinyal suara yang ditransmisikan bersama sinyal gambar dalam modulasi frekuensi (FM) untuk menghindari derau (*noise*) dan interferensi. Sistem pemancar televisi yang kita kenal diantaranya: NTSC, PAL, SECAM, dan PAL B. NTSC (*National Television System Committee*) digunakan di Amerika Serikat, sistem PAL (*Phases Alternating Line*) digunakan di Inggris, sistem SECAM (*Sequential Couleur a'Memorie*) digunakan di Prancis. Sementara itu, Indonesia sendiri menggunakan sistem PAL B. Hal yang membedakan sistem tersebut adalah: format gambar, jarak frekuensi pembawa, dan pembawa suara.

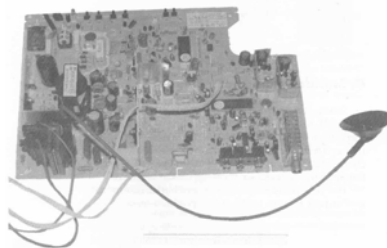
6.4.2. Prinsip Kerja TV Berwarna

Blok diagram sebuah TV berwarna secara lengkap adalah:



Walter, 1983, 194

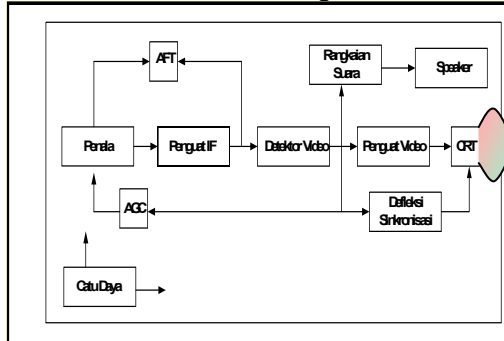
Gambar 6.70: Diagram Blok Penerima TV Berwarna



Sofyan, 2004

Gambar 6.71: Contoh Rangkaian TV Berwarna

Gambar 6.72 menunjukkan diagram blok TV berwarna, sebagai berikut:



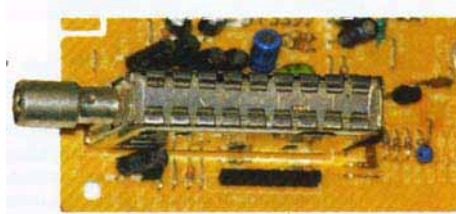
Sofyan, 2004

Gambar 6.72: Diagram Blok Penerima TV Berwarna

Secara garis besar blok tersebut memiliki fungsi-fungsi sebagai berikut:

a. Rangkaian Penala (Tuner)

Contohnya dapat dilihat pada gambar 6.73. Rangkaian penala berfungsi untuk menerima sinyal masuk (gelombang TV) dari antena dan mengubahnya menjadi sinyal frekuensi IF.



Sofyan, 2004

Gambar 6.73: Tuner TV

Tuner mempunyai tiga bagian utama sebagai berikut:

- **RF Amplifier.**

Berfungsi untuk memperkuat sinyal yang diterima antena.

- **Lokal Osilator.**

Berfungsi untuk membangkitkan sinyal frekuensi tinggi. Besar frekuensi osilator dibuat selalu lebih besar dibandingkan frekuensi RF yang diterima antena (sebesar frekuensi-RF+IF).

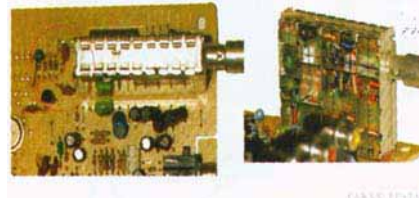
- **Mixer.**

Oleh mixer sinyal RF dan sinyal

osilator dicampur sehingga menghasilkan frekuensi menengah atau IF. PAL tuner umumnya mempunyai frekuensi IF 38,9MHz, tetapi ada yang mempunyai frekuensi 38MHz, sedangkan NTSC tuner mempunyai frekuensi IF 42,75MHz.

b. Penguat IF (Intermediate Frequency)

Rangkaian ini (gambar 6.74) berfungsi sebagai penguat sinyal output yang dihasilkan Tuner hingga 1.000 kali, karena output Tuner merupakan sinyal yang lemah dan sangat tergantung pada jarak pemancar, posisi penerima, dan bentang alam. Rangkaian ini juga berguna untuk membuang gelombang lain yang tidak dibutuhkan dan meredam interferensi pelayangan gelombang pembawa suara yang mengganggu gambar.



Sofyan, 2004

Gambar 6.74: Penguat IF

c. Rangkaian Detektor Video

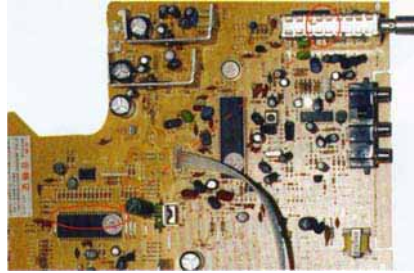
Rangkaian ini berfungsi sebagai pendeteksi sinyal video komposit yang keluar dari penguat IF gambar. Selain itu, rangkaian ini berfungsi pula sebagai peredam seluruh sinyal yang mengganggu karena apabila ada sinyal lain yang masuk akan mengakibatkan buruknya kualitas gambar. Salah satu sinyal yang diredam adalah sinyal suara.

d. Rangkaian Penguat Video

Rangkaian ini berfungsi sebagai penguat sinyal luminan yang berasal dari detektor video sehingga dapat menjalankan layar kaca atau CRT (*catode ray tube*). Di dalam rangkaian penguat video terdapat pula rangkaian ABL (*automatic brightness level*) atau pengatur kuat cahaya otomatis yang berfungsi untuk melindungi rangkaian tegangan tinggi dari tegangan muatan lebih yang disebabkan oleh kuat cahaya pada layar kaca.

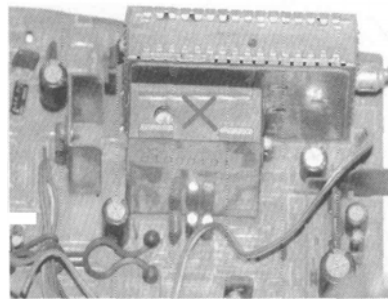
e. Rangkaian AGC (*Automatic Gain Control*)

Rangkaian AGC (gambar 6.75 / 76) berfungsi untuk mengatur penguatan input secara otomatis. Rangkaian ini akan menstabilkan sendiri input sinyal televisi yang berubah-ubah sehingga output yang dihasilkannya menjadi konstan.



Sofyan, 2004

Gambar 6.75: Rangkaian AGC. Lingkaran merah menunjukkan komponen AGC yang Berada di dalam Sebagian IC dan Sebagian Tuner



Sofyan, 2004

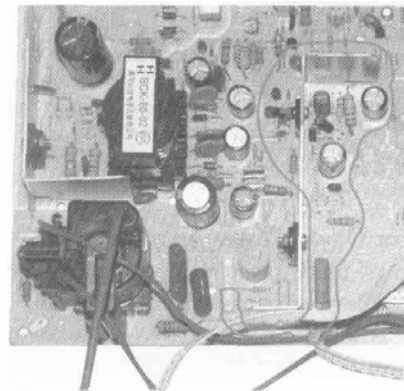
Gambar 6.76: AGC Model Lain. Beberapa merek TV memiliki AGC yang Berdiri Sendiri seperti Ditunjukkan oleh Tanda Silang.

f. Rangkaian Penstabil Penerima Gelombang TV

Rangkaian penstabil penerima gelombang TV di antaranya adalah AGC dan AFT. AGC (*automatic gain control*) akan menguatkan sinyal jika sinyal yang diterima terlalu lemah. Sebaliknya, jika sinyal yang diterima terlalu besar, AGC dengan sendirinya akan memperkecil sinyal. Sementara itu, AFT (*automatic fine tuning*) atau penala halus secara otomatis akan mengatur frekuensi pembawa gambar dari penguat IF secara otomatis.

g. Rangkaian Defleksi Sinkronisasi
Rangkaian ini terdiri dari empat blok, yaitu (gambar 6.77):

- Rangkaian sinkronisasi,
- Rangkaian defleksi vertikal,
- Rangkaian defleksi horizontal,
- Rangkaian pembangkit tegangan tinggi.

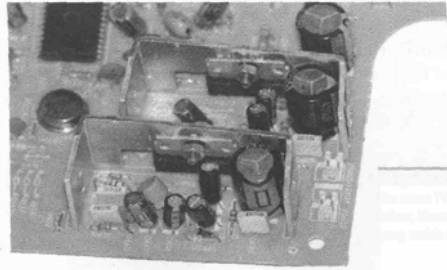


Sofyan, 2004

Gambar 6.77: Rangkaian Defleksi Sinkronisasi ditunjukkan Batas Garis Hitam

h. Rangkaian Suara (*Audio*)

Suara yang kita dengar adalah hasil kerja dari rangkaian ini (gambar 6.78), sinyal pembawa IF suara akan dideteksi oleh modulator frekuensi (FM). Sebelumnya, sinyal ini dipisahkan dari sinyal pembawa gambar.

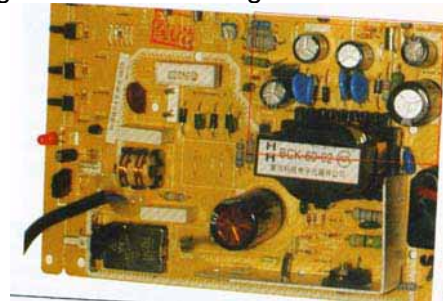


Sofyan, 2004

Gambar 6.78: Rangkaian Suara.

i. Rangkaian Catu Daya (*Power Supply*)

Rangkaian ini berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi DC yang selanjutnya didistribusikan ke seluruh rangkaian. Pada gambar 6.79, rangkaian catu daya dibatasi oleh garis putih pada PCB dan daerah di dalam kotak merah. Daerah di dalam garis putih adalah rangkaian input yang merupakan daerah tegangan tinggi (*live area*). Sementara itu, daerah di dalam kotak merah adalah output catu daya yang selanjutnya mendistribusikan tegangan DC ke seluruh rangkaian TV.



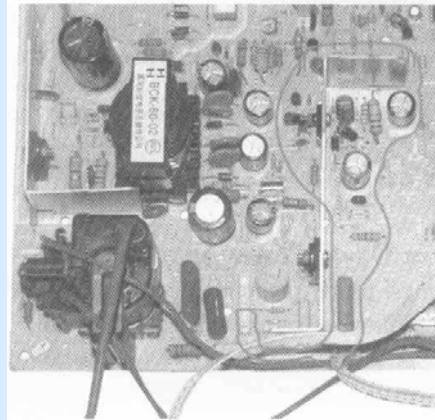
Sofyan, 2004

Gambar 6.79: Rangkaian Catu Daya TV

j. Defleksi Horizontal dan Tegangan Tinggi

Rangkaian defleksi horizontal (gam-

bar 6.80) berfungsi untuk menyediakan arus gigi gergaji untuk diumpankan ke kumparan defleksi yoke, sehingga sinar elektron pada CRT dapat melakukan scanning pada arah horizontal dengan benar. Selain itu rangkaian horizontal juga dimanfaatkan sebagai pembangkit tegangan tinggi (*High Voltage*) untuk anode CRT serta untuk pembangkit beberapa macam tegangan menengah dan tegangan rendah lainnya.



Sofyan, 2004

Gambar 6.80: Rangkaian Defleksi Horizontal. Sebagian Berada Di dalam Trafo *Flyback*

Bagian-bagian dari rangkaian horizontal meliputi :

- **Osilator Horizontal**

Sebagai pembangkit pulsa frekuensi horizontal. Pada sistem CCIR frekuensi horizontalnya adalah 15.625 Hz, dan pada sistem FCC frekuensi horizontalnya adalah 16.750Hz.

- **Horizontal Driver**

Horizontal driver dipakai untuk memperkuat frekuensi horizontal

dari osilator guna menyediakan arus yang cukup untuk mendriver transistor *horizontal output* (HOT), sehingga transistor HOT berlaku sebagai saklar.

• **Horizontal Output (HOT)**

Bagian horizontal output berfungsi untuk menyediakan power arus gigi gergaji untuk diumpankan ke kumparan defleksi horizontal. Dari transistor HOT kemudian dikopel secara kapasitif ke kumparan defleksi yoke. Pada umumnya transistor HOT TV berwarna mendapat tegangan DC sekitar 110 V.

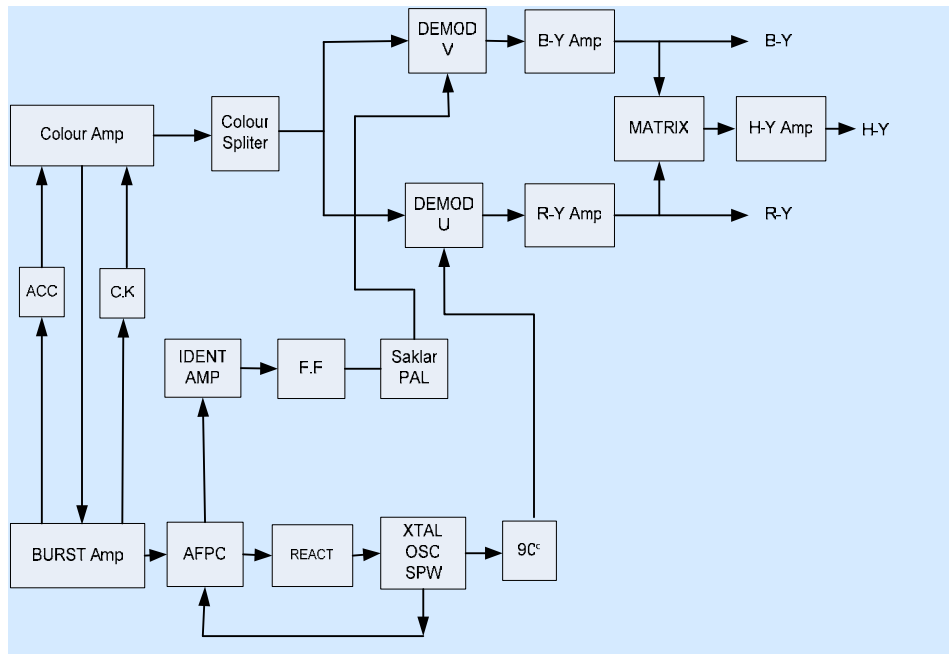
Trafo *plyback* (FBT, HVT) dipasang pada bagian HOT, dengan memanfaatkan arus gigi gergaji saat horizontal *retrace* yang dapat menginduksikan tegangan sangat tinggi.

• **Horizontal AFC (Automatic Frequency Control)**

Gambar pada pesawat TV harus sinkron dengan gambar dari pemancar TV, oleh karena itu diperlukan sinkronisasi horizontal dan vertikal. Rangkaian *High Pass Filter* (HPF) dipakai untuk memisahkan sinyal sinkronisasi horizontal, rangkaian ini mudah sekali dipengaruhi oleh *noise*, maka osilator horizontal selalu dilengkapi dengan rangkaian AFC, yang berfungsi untuk menjaga agar frekuensi dan phase sinyal horizontal *scanning* selalu stabil.

Pada bagian AFC terkadang dipasang V_R pengatur fasa yang berfungsi untuk mengatur posisi horizontal center.

Dari keterangan di atas untuk lebih Jelasnya diberikan blok diagram khusus bagian warna (gambar 6.81) sebagai berikut:



Gambar 6.81: Diagram Blok Bagian Warna dari TV

Fungsi setiap blok dari gambar 6.81 adalah:

- **Colour Amp** : Suatu penguat krominan yang menguatkan sinyal nada warna (sekitar 4,43 MHz) dengan bandwidth 2 MHz. Didalamnya mengandung sinyal (termodulasi) selisih warna yang telah dilemahkan (V dan U) juga terdapat sinyal ledakan (burst sinyal) dengan denyut sinkronisasi horisontal.
- **Colour splitter** (pembelah warna) : memisahkan sinyal V dengan sinyal U dimana signal V diputar 180° sedangkan sinyal U tidak diputar. Pada blok ini terdapat garis-garis NTSC dan PAL dan beberapa perlawanan.
- **Demodulator-V dan Demodulator-U**: untuk mendeteksi sinyal V dan sinyal U. Bagian ini menerima gelombang pembawa warna dan sinyal secara bersamaan dan harus benar-benar sefasa baik sinyal V maupun sinyal U. Jika yang diterima sinyal NTSC maka gelombang pembawa yang dimasukkan kedemodulator V harus dimasukkan dalam fasa 90°, sedangkan untuk sinyal PAL gelombang pembawa yang dimasukkan dalam fasa 270°. Jikalau fasa-fasa dari sinyal itu benar, maka sinyal-sinyal ini akan dikuatkan melalui bagian ini dan penguatan untuk kedua sinyal ini tak sama.
- **Saklar PAL**: selama sinyal NTSC yang masuk, maka saklar PAL melewatkan sinyal yang berasal dari osilator kristal tanpa disertai pergeseran fasa. Sedangkan saat ada sinyal PAL, maka pelewatan sinyal disertai dengan pergeseran fasa 180°, sehingga menjadi 270°.
- **FF (Flip-Flop)**: saklar PAL didrive dari suatu Flip-Flop atau *bistable multivibrator*. Flip-Flop ini dikemudikan dengan sinyal clock yang disebut sinyal identifikasi yang berasal dari diskriminator fasa yang kemudian dikuatkan oleh suatu penguat. Dalam sinyal ledakan, setiap pergantian sinyal garis satu ke sinyal garis berikutnya selalu berubah-ubah dasarnya, karena diskriminator fasapun mengeluarkan suatu tegangan bolak-balik.. Selama sinyal NTSC tegangannya positif, dan selama sinyal PAL tegangannya negatif. Dengan menggunakan sinyal clock positif, maka FF dibawa ke kondisi yang sedemikian hingga saklar PAL selama sinyal-sinyal PAL memutar sinyal sejauh 180°. Pada saat sinyal NTSC masuk, maka penguat akhir horisontal mengirimkan clock yang membuat FF ke kondisi stabil yang lain. Maka sekarang saklar PAL berada dalam kondisi yang tidak memutar fasanya sinyal.
- **BURST Amp** : Penguatan sinyal ledakan mengandung sinyal ledakan, sinyal krominansi dan pulsa dari penguat akhir horisontal. Penguat dapat menguatkan hanya pada saat-saat pulsa horisontal masuk ke penguat. Sinyal ledakanpun dimasukkan selama penguat itu sedang menguatkan, sehingga menghasilkan tegangan output untuk mengontrol *BURST Amp* melewati ACC dan mematikan warna lewat CK.

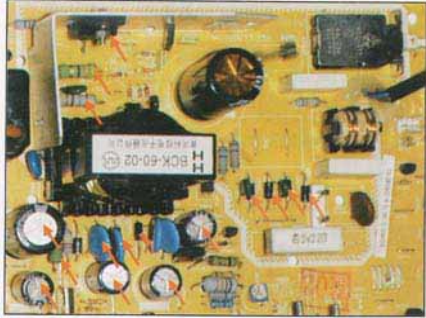

- **Colour Killer (CK)**: Untuk menindas penguat warna apabila signal selisih warna / krominan karena sedang menerima siaran hitam putih (azas kontabilitas). Penindasan warna ini perlu, agar pada waktu penerimaan hitam putih bagian warna tak menguatkan sinyal-sinyal desah yang akan dapat muncul di layar gambar. Namun demikian apabila ada signal nada warna yang dikirimkan ke penguat oleh ledakan akan dihasilkan tegangan kontrol sehingga *colour killer* tidak bekerja (*colour killer* akan bekerja apabila tidak ada signal *BURST* yang dikirimkan).
- **ACC (Automatic Colour Control)** : Blok ini bekerjanya sama dengan AGC yaitu mengontrol penguatan secara otomatis, apabila signal ledakan naik yang disebabkan oleh naiknya penguatan *colour killer* maka *BURST Amp* menghasilkan tegangan ACC yang merupakan tegangan kemudi yang dikirimkan ke *colour amp*.
- **Demodulator (V dan U)** : Untuk memisahkan selisih warna dari SPWnya yang dibuat dirangkaian ini. Disini harus dibuatkan SPW sebesar 4.43 MHz dari kristal demodulator yang phasanya sama dengan yang dikirimkan selama diterima garis NTSC, SPW digeser 90° sedangkan selama diterima garis PAL SPW harus digeser 270°. Hasil demodulator yang masih merupakan signal V dan signal U dikuatkan kembali sehingga berubah lagi menjadi selisih warna R-Y dan B-Y (merupakan proses kebalikan dari pemancar).
- **AFPC (Automatic Frequency and Phase Control)** : berfungsi agar fasa dan frekuensi dari SPW persis dengan yang dikirimkan (meskipun ditindas) maka harus diadakan pengontrolan terutama tegangan VCOnya.

6.4.3. Pelacakan Kerusakan TV Berwarna

Teknik termudah dan cukup dapat diandalkan untuk melacak kerusakan sebuah TV berwarna adalah menggunakan **Teknik Gejala-Fungsi (symptom-function)**, karena dapat dilihat dengan jelas gejala kerusakan gambar yang terjadi pada layar / CRT maupun gejala kerusakan suara pada speaker.

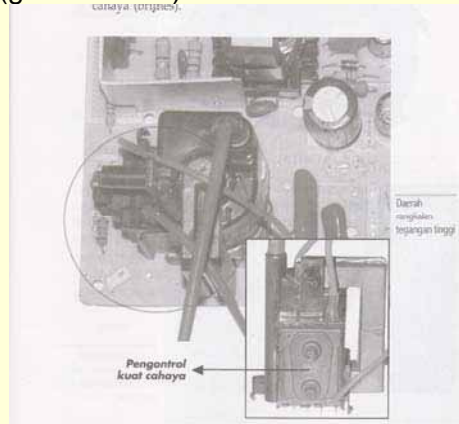
Sebagai contohnya: asumsikan bahwa video (penerimaan gambar TV) *drive* transistor adalah rusak. Ini berarti itu akan tidak ada gambar pada CRT. Apakah ini juga berarti bahwa akan tidak ada *raster*? tentu tidak, karena *raster* diproduksi oleh rangkaian defleksi vertikal dan horisontal dan memerlukan adanya tegangan tinggi, dimana ini didapatkan dari output horisontal trafo. Jadi CRT akan menyala tetapi akan terlihat sebuah layar kosong. Apakah audio mempunyai efek? tentu tidak Karena signal audio mulai keluar sebelum rangkaian *drive* video. Untuk menyimpulkannya lalu kebenaran bahwa ini tidak ada gambar pada CRT, tetapi ada suara dan *raster*, hal yang sudah pasti untuk mencurigai salah satunya yaitu *drive* video atau *video output stage*.

Di bawah ini akan diberikan tabel bermacam-macam gejala kerusakan sebuah TV berwarna dan perkiraan fungsi rangkaian mana yang menyebabkan kerusakan itu terjadi.

GEJALA YANG TERJADI	FUNGSI RANGKAIAN YANG RUSAK
a. TV mati total (lampu indikator tak menyala)	<ul style="list-style-type: none">- Rangkaian catu daya. Rangkaian regulator input sampai output. Perhatikan gambar 6.82 rangkaian regulator pada PCB TV . Pada umumnya catu daya pesawat televisi mempunyai output tegangan sebesar 115v, 24v, 12v, dan 5v.  <p data-bbox="980 919 1091 940">Sofyan, 2004</p> <p data-bbox="816 953 1258 1008">Gambar 6.82: Tanda Panah Menandakan Komponen yang Mudah Rusak.</p>
b. TV dan lampu indikator mati total serta terdengar suara derit getaran trafo switching.	<ul style="list-style-type: none">- Rangkaian horisontal (gambar 6.83), biasanya yang mudah rusak adalah trafo flyback, transistor horisontal dan kapasitornya.  <p data-bbox="980 1472 1091 1493">Sofyan, 2004</p> <p data-bbox="781 1505 1292 1587">Gambar 6.83: Garis Daerah Merah Menunjukkan Komponen yang Mudah Rusak pada Rangkaian Horisontal.</p>
c. Lampu indikator hidup tapi TV tak dapat dioperasikan.	<ul style="list-style-type: none">- Rangkaian horisontal.- Rangkaian regulator, biasanya dioda pembatas tegangan rusak.

d. Tak ada raster tapi suara normal (layar tetap gelap).

- Rangkaian penguat video, rangkaian penguat cahaya, rangkaian tegangan tinggi (gambar 6.84) atau CRT (gambar 6.85).



Sofyan, 2004

Gambar 6.84: Daerah Tegangan Tinggi



Sofyan, 2004

Gambar 6.85: CRT (Catode Ray Tube) Filamennya Mudah Putus.

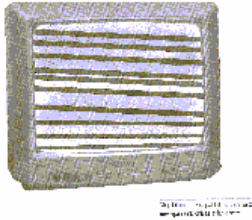
e. Raster satu garis horizontal.

- Rangkaian vertikal dan osilatornya.
- Rangkaian defleksi vertikal.



Gambar 6.86: Raster Satu Garis

f. Garis strip-strip hitam pada layer yang tak dapat hilang.



Sofyan, 2004

Gambar 6.87: Strip Hitam Tidak Dapat Hilang dari Raster Meskipun Sinkronisasi Telah Disetel.

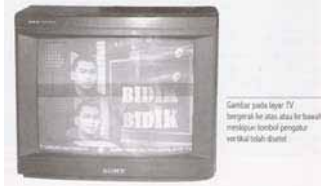
g. Sebagian gambar tergeser horizontal.



Sofyan, 2004

Gambar 6.88: Tergeser Horizontal

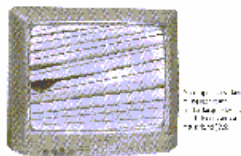
h. Gambar bergerak terus ke atas / ke bawah



Sofyan, 2004-

Gambar 6.89: Rolling Ke Atas /Bawah

i. Garis hitam miring dan bergerak ke atas / ke bawah terus.



Sofyan, 2004

Gambar 6.90: Garis Hitam Bergerak Terus.

- Rangkaian osilator horizontal, biasanya kapasitor elektrolit yang sudah kering (terlihat kusam / pecah).
- Pada TV yang baru jarang dijumpai, biasanya disebabkan komponen yang sudah termakan umur.

- Rangkaian sinkronisasi, rangkaian buffer video dan rangkaian AGC. Biasanya kapasitor elektrolit yang kering atau dioda yang bocor.

- Rangkaian osilator vertikal. TV yang baru terjadi akibat kapasitor keramik-nya bocor.

- Rangkaian pemisah sinkronisasi, rangkaian penguat sinkronisasi, rangkaian AGC dan rangkaian penghapus noise.

j. Gambar menyempit



Sofyan, 2004

Gambar 6.91: Menyempit Kiri / Kanan

k. Pelebaran Horizontal



Sofyan, 2004

Gambar 6.93: Gambar Melebar

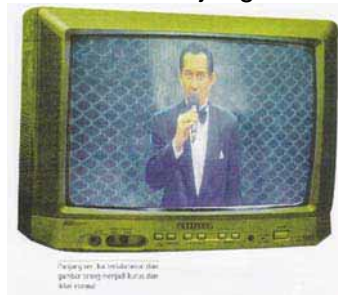
l. Pemendekan tinggi gambar



Sofyan, 2004

Gambar 6.94: Gambar Memendek

m. Gambar memanjang vertikal



Sofyan, 2004

Gambar 6.95: Gambar Memanjang

- Rangkaian output catu daya, rangkaian defleksi horizontal dan kumparan yoke.



Sofyan, 2004

Gambar 6.92: Daerah Horizontal

- Potensio pengontrol lebar horizontal, rangkaian catu daya dan tegangan anoda CRT.

- Potensio Vsize dan Vline dan rangkaian defleksi vertical (transistornya).

- Rangkaian defleksi vertikal, potensio pengatur vertikal atau elko yang sudah kering.

n. Kontras gambar rendah



Gambar 6.96: Perbedaan Terang dan Gelap Kurang Jelas

o. Muncul garis miring atau pola jala pada gambar.



Muncul garis-garis miring yang saling bersekatkan, tipe seperti jala, dan bergoyang.

Sofyan, 2004

Gambar 6.97: Garis Miring Tipis

p. Gambar TV tampak biru / merah / hijau / cyan / kuning saja.



Gambar 6.98:Warna Gambar Ada Yang Hilang.

- Rangkaian *mixer* sampai ke rangkaian penguat video.

- Interferensi dari luar, seperti pemancar radio berada didekatnya. Jauhkan antenna dari sumber frekuensi gangguan.

- Rangkaian RGB (harga resistor membesar / transistor rusak), coba atur V_r pada RGB atau CRT.

q. Gambar bagus tapi tak ada suara.



- Rangkaian audio antara IF audio dan speaker

r. Gambar pada layar tidak jelas tapi masih berwarna; suara normal



Gambar 6.99: Gambar Tak Jelas Tapi Warna Masih Ada

- Rangkaian video detector rusak

s. Gambar pada layar bergulung ke tengah search sumbu horizontal; suara normal.



Gambar 6.100: Gambar Sebagian Melipat Arah Vertikal

- Rangkaian vertikal, biasanya kapasitornya.

- t. Gambar pada layar tidak jelas; warna buram; suara normal



Gambar 6.101: Gambar dan Warna Tak Jelas

- u. Gambar pada layar hitam-putih; suara normal



Gambar 6.102: Gambar Tak Berwarna

- v. Gambar pada layar rusak; suara normal



Gambar 6.103: Gambar Tak Ada

- Penguat video rusak, biasanya transistornya.

- Penguat warna rusak, biasanya transistornya.

- Penguat akhir video rusak.

- w. Raster ada berbintik-bintik, gambar hilang dan suara mendesis (hilang).
- Rangkaian tuner ada yang rusak
 - Rangkaian AGC tak bekerja



Gambar 6.104: Raster Berbintik-Bintik

Sedangkan untuk **antena TV** yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Antena TV yang berada diluar rumah mempunyai batas umur tertentu karena terkena hujan dan panas setiap waktu. Jadi jika sudah rapuh harus tetap diganti.
- Jika terjadi gambar TV buram, coba putar dan arahkan antena sambil dilihat gambar di TV sampai gambar jelas kembali.
- Jika tetap buram coba periksa konektor pada antena yang terhubung ke kabel menuju TV, kebanyakan pasti korosi dan harus dibersihkan dengan ampelas.
- Tak ada penanganan khusus dari antena, yang terpenting adalah hubungan kabel ke konektor antena dan kabel ke konektor TV harus bagus benar, sehingga gambar yang dihasilkan pada TV bagus.

Seperti juga pada bagian perbaikan penguat, maka perbaikan pada TV pun harus membuat laporan perbaikan yang nantinya dapat digunakan sebagai masukan para teknisi reparasi lainnya. Salah satu lembaran isiannya adalah sebagai berikut:

LAPORAN PERBAIKAN TELEVISI

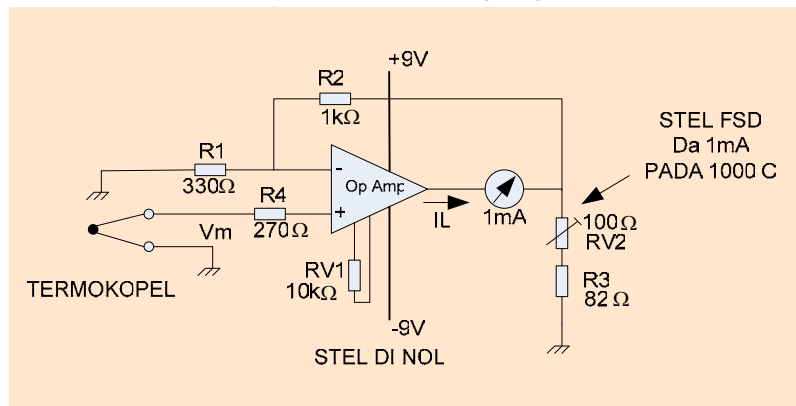
Jenis / Merk Televisi :
Tipe :
Tanggal masuk :
Tanggal keluar :

No	Jenis Kerusakan	Perbaikan/Penggantian	Keterangan

6.5. Rangkaian IC Linear dan Kasusnya

Kata **linier** dipakai untuk menguraikan kelas-kelas rangkaian dan IC yang terutama memberikan tanggapan terhadap sinyal-sinyal analog dibandingkan terhadap sinyal - sinyal digital. **Sinyal analog** adalah sinyal yang variabel dan oleh karena itu dapat mengambil tiap nilai diantara beberapa limit yang didefinisikan. Suatu contoh yang baik dari suatu sistem analog adalah penguatan tegangan kecil yang dibangkitkan oleh sebuah termokopel pada suatu level yang cukup untuk memberikan suatu indikasi suhu pada gerakan meter 1 mA. Sebuah IC linier, dalam hal ini sebuah op-amp, dipakai seperti diperlihatkan di gambar 6.105 untuk menaikkan tegangan keluar termokopel. Pada saat suhu yang diukur oleh termokopel bervariasi, terjadi suatu perubahan kecil di tegangan termokopel, dimana ini tidak lain dari suatu sinyal analog. Amplifier, yang dioperasikan di daerah liniernya, menaikkan tegangan termokopel memakai suatu faktor penguatan tetap yang tergantung dari perbandingan resistor-resistor umpan balik. Selanjutnya, indikasi meter ini dapat dikalibrasi terhadap suhu.

$$\frac{I_L}{V_m} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{R_5 + R_6}$$



Gambar 6.105: Penguat termokopel Sebuah Rangkaian Analog

Bagaimanapun juga, IC jenis linier tidak harus dioperasikan di daerah liniernya saja, dan sebagai contohnya op-amp dapat dipakai untuk menghasilkan osilasi-osilasi gelombang segi 4 (square) dan lain sebagainya yang akan dibahas pada bagian kasus.

Banyak pembuat komponen elektronika yang membuat daftar tipe-tipe rangkaian berikut ini dibawah nama linier :

- Op-amp dan pembanding (Comparator)
- Penguat video dan penguat pulsa
- Penguat frekuensi audio dan penguat frekuensi radio
- Regulator

- Phase locked loops (PLL)
- Timer
- Pengganda (Multiplier)
- Konverter analog ke digital
- Generator bentuk gelombang

Jadi yang berhubungan dengan rangkaian linear itu sangat luas, oleh karena itu akan diperhatikan pada beberapa tipe rangkaian yang lebih populer saja. IC yang paling banyak dipergunakan adalah op-amp (operational amplifier) dengan begitu banyak tipe-tipe berbeda yang tersedia di pasaran.

6.5.1. Prinsip - prinsip Dasar Op-amp

Pada dasarnya sebuah op-amp IC merupakan sebuah d.c *coupled differential amplifier* dengan penguatan yang amat besar. Simbol di Gambar 6.106 menunjukkan tersedianya dua buah terminal masukan. Terminal pertama disebut masukan non inverting, diberi tanda + , terminal kedua adalah terminal *inverting*, diberi tanda -. Penguatan tegangan loop terbuka A_{vol} adalah 100 dB (100.000 dalam perbandingan tegangan), sehingga hanya dibutuhkan suatu masukan differensial kecil untuk mendapatkan suatu perubahan masukan yang besar. Yang dimaksud dengan *differential* adalah suatu sinyal yang mengakibatkan suatu beda fraksi sebesar 1 milivolt diantara dua hubungan masukan. Sebagai contoh, jika masukan inverting adalah 0 volt dan level masukan non inverting dibuat + 0,1 mV; maka keluaran akan positif mendekati + 10V. Jika level masukan non inverting dibuat - 0,1 mV; keluarannya akan menjadi - 10 V. Dengan cara yang sama bila masukan non inverting 0 volt dan masukan inverting dibuat + 0,1 mV, keluaran akan menjadi -10 V. Amplifier memberikan tanggapan beda tegangan diantara dua masukan dan jika beda ini nol, keluarannya juga seharusnya mendekati nol. Jadi Op-amp harus disediakan tegangan suplai tegangan positif dan negatif, sehingga keluarannya dapat berayun-ayun disekitar nol.

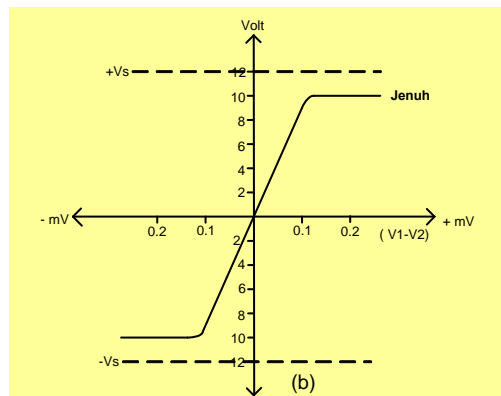
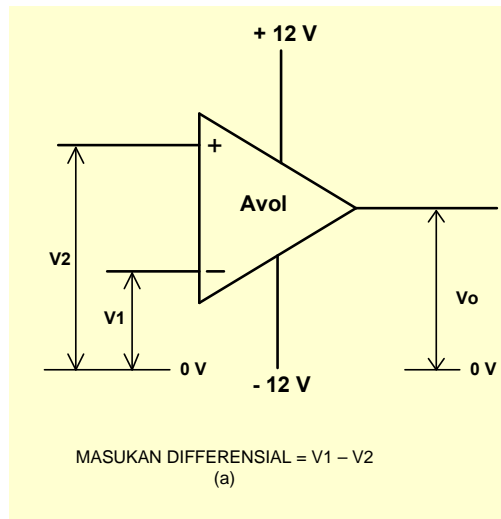
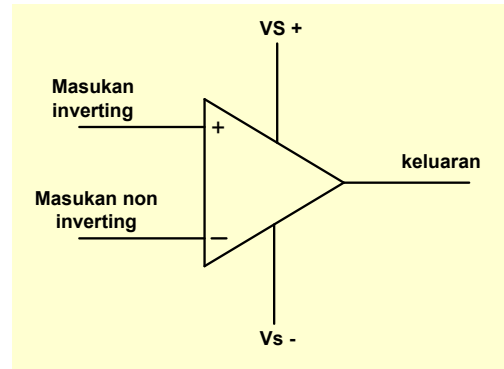
Karakteristik transfernya diperlihatkan di gambar 5.2.b Gambar ini menunjukkan bahwa, jika $(V_1 - v_2)$ positif, keluarannya juga akan positif. Keluaran ini akan jenuh jika $(V_1 - V_2)$ mencapai sekitar +0,1 mV. Begitu juga, jika $(V_1 - V_2)$ negatif , keluarannya akan negatif. Karakteristik ini telah digambarkan melalui nol pada titik dimana $V_1 = V_2$. Dalam praktek, selalu timbul offset, dan untuk itu perlu ditambahkan sebuah potensiometer untuk "trim out" atau menolak (*null*) setiap tegangan off set ini. Hal ini akan didiskusikan belakangan. salah satu tolak ukur kualitas op-amp adalah CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*). Dimana:

CMRR = penguatan diferensial / penguatan *common mode*

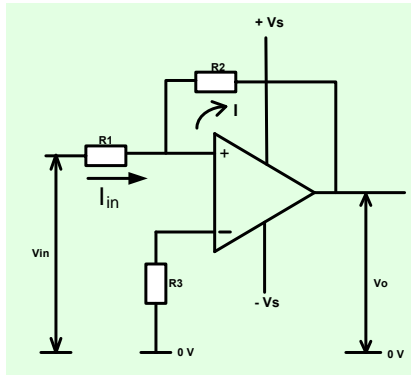
Keuntungan utama dari penataan diferensial adalah jika sinyal-sinyal yang polaritasnya sama diterapkan pada kedua masukan, maka sinyal-sinyal ini secara efektif akan saling menghilangkan dan hasil keluarannya akan amat kecil. Sinyal-sinyal seperti ini disebut "Common mode".

Op-amp dengan CMRR tinggi dapat dipakai untuk mengukur sinyal diferensial kecil yang menyertai suatu sinyal *common mode* sebesar seperti halnya pada kasus sinyal-sinyal elektrodiagram yang berasal dari dua buah elektroda-elektroda ini mempunyai amplitudo sekitar 1 mV, tetapi bagaimanapun juga kedua elektroda ini bisa mengandung sinyal *common mode* yang biasanya sekitar 0.1 V pada frekuensi jalur daya. Op-amp dengan CMRR tinggi mendekati dan memperkuat sinyal diferensial dan membuang sinyal *common mode*.

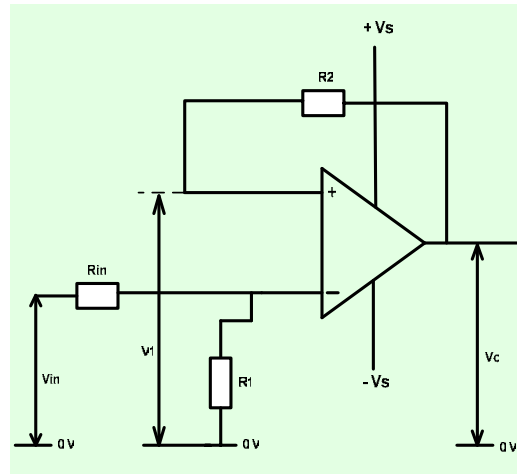
Sedangkan penguatan loop tertutup semata-mata tergantung pada nilai-nilai komponen loop umpan balik dan karena hal ini dapat dibuat resistor-resistor dengan toleransi kecil, penguatan dari sistem penguat (amplifier) dapat diatur secara akurat. Cara penerapan umpan balik negatif ditunjukkan di gambar 6.107.a s/d d. Disini ditunjukkan empat rangkaian penting yang paling sering digunakan, sedangkan yang lainnya pengembangan dari rangkaian-rangkaian ini.



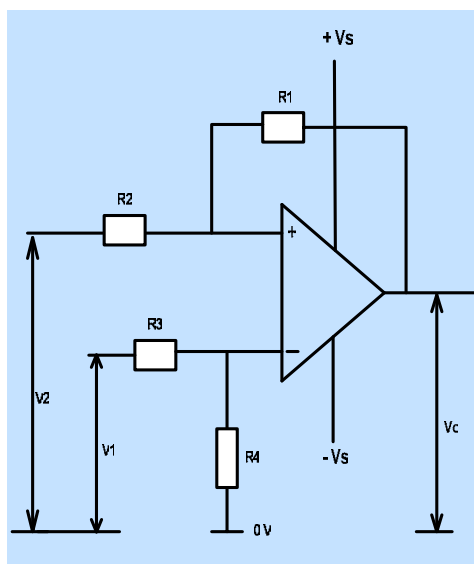
Gambar 6.106: Simbol Op - amp dan Karakteristik Perpindahannya.



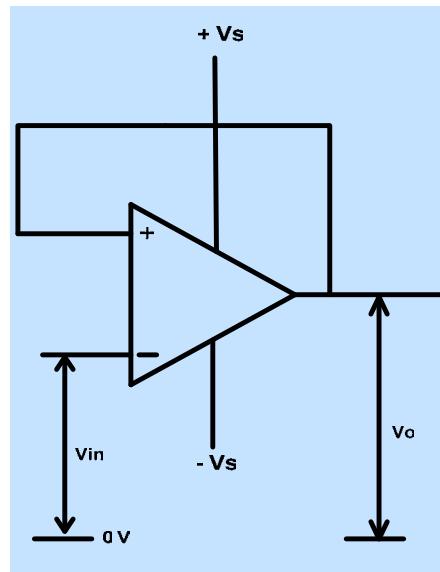
(a) penguat inverting
 Penguat tegangan $\approx -R_2/R_1$
 Impedansi masukan = R_1



(b) penguat non inverting
 Penguat tegangan $\approx R_1+R_2/R_1$
 impedansi masukan = R_{in}



(c) penguat differensial
 Penguat tegangan = $R_2 (V_2-V_1)/R_1$
 Biasanya, $R_1=R_3$, $R_2=R_4$
 Impedansi keluaran = amat rendah

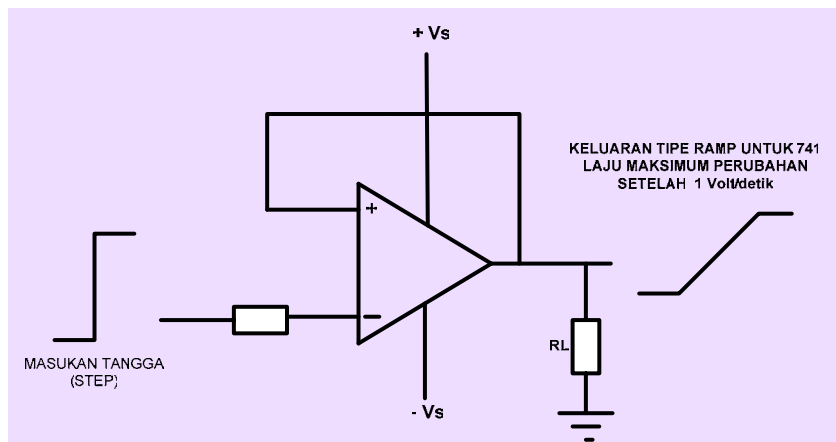


(d) voltage follower
 Penguat tegangan $\approx R_1+R_2/R_1$
 impedansi masukan = sangat tinggi
 impedansi keluaran = amat rendah

Gambar 6.107: Metoda-Metoda untuk Menerapkan Umpan Balik Negatif pada Suatu Op-Amp.

Karakteristik-karakteristik unjuk kerja utama dari sebuah op-amp, adalah :

- a) **Penguatan tegangan loop terbuka A_{VOL}** : penguatan differensial frekuensi rendah tanpa adanya penerapan umpan balik.
- b) **Resistansi input R_{in}** : resistansi yang dipasang secara langsung pada terminal-terminal masukan pada kondisi loop terbuka. Nilai untuk IC bipolar adalah 1Mohm selanjutnya untuk tingkat masukan FET mungkin lebih besar dari 10^{21} ohm.
- c) **Tegangan off-set masukan** : untuk masukan-masukan yang keduanya ditanahkan, idealnya keluaran dari op-amp seharusnya adalah nol. Bagaimanapun juga karena adanya sedikit ketidak tepatan tegangan bisa di rangkaian masukan, timbul tegangan *off-set*. Nilai dari *off-set* masukan differensial ini adalah sekitar 1 MV kebanyakan op-amp yang modern dilengkapi dengan sarana untuk membuat *off-set* ini menjadi nol.
- d) **CMRR** : perbandingan antara penguat differensial dengan penguatan *common mode*, yaitu kemampuan penguat (amplifier) untuk membuang (*reject*) sinyal-sinyal *common mode*.
- e) **Supply Voltage Rejection ratio** : jika diterapkan suatu masukan tenaga (step) secara mendadak, pada suatu op-amp, keluarannya tidak akan mampu memberikan tanggapan secara cepat. Akan tetapi, keluarannya akan berpindah ke nilai baru pada suatu laju yang *uniform* (seragam). Hal ini disebut **slew rate limiting**, yang mempengaruhi laju maksimum dari perubahan tegangan pada keluaran peralatan tersebut. *Slew rate* ini bervariasi antara 1 volt/u sec (741) hingga 35 volt/sec (signetic NE 531 lihat gambar 6.108.)



Gambar 6.108: Op-Amp Slew Rate Limiting

- g) **Bandwith daya penuh** : frekuensi sinyal maksimum dimana dapat ditemukan ayunan keluaran tegangan penuh.
- h) **Ayunan tegangan penuh** : ayunan keluaran puncak, direfensikan terhadap nol, yang dapat ditemukan.

Beberapa Op-Amp yang tersedia dipasaran diberikan parameter-parameternya seperti pada tabel 6.5.

Tabel 6.5: Parameter-Parameter Op-Amp dan Karakteristiknya

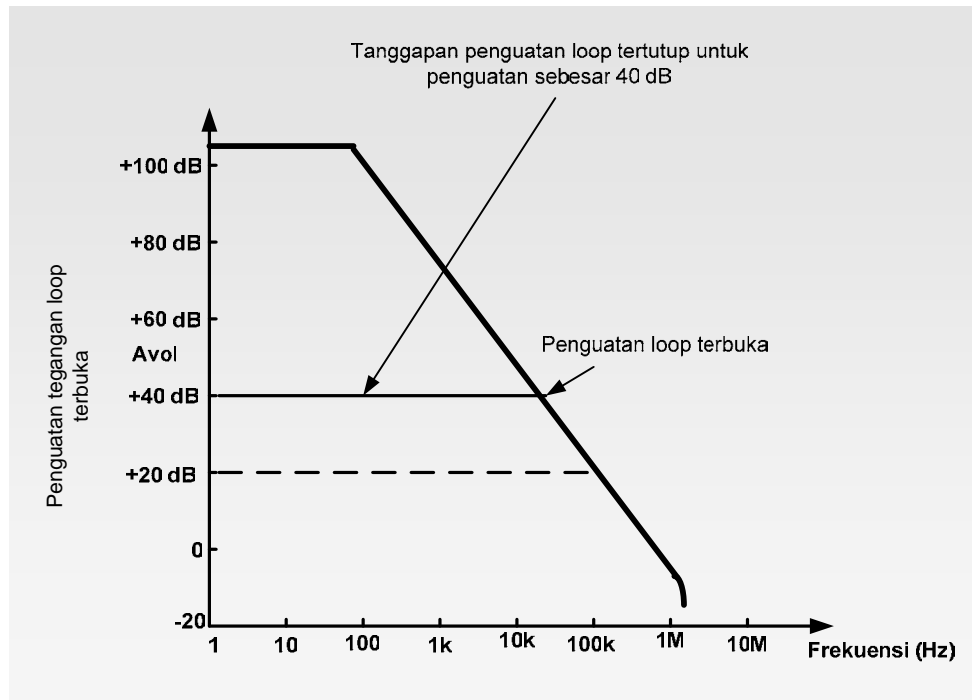
Tipe Komponen	741	NE 531	709	FETinput NE 536
Daerah tegangan supply	3V ke 18V	5V ke 22V	9V ke 18V	6V ke 22V
Tegangan masukan differensial maksimum	30V	15V	5V	30V
Tenggang waktu hubung singkat keluaran	Indefinite	Indefinite	5 sec	Indefinite
Penguatan tegangan loop terbuka Avol	106 dB	96 dB	93 dB	100 dB
Resistansi masukan	2 M Ω	20 M Ω	250 K Ω	10 ¹⁴ Ω
Tegangan offset masukan differensial	1mV	2mV	2mV	30mV
CMRR	90 dB	100 dB	90 dB	80 dB
Laju slew (slew rate)	1 V/usec	35 V/usec	12 V/usec	6 V/usec
Bandwidth daya penuh	10 kHz	500 kHz	-	100 kHz
Ayunan tegangan keluaran	13V	15V	14V	10V

Jenis 709 juga membutuhkan komponen-komponen luar untuk memberikan kompensasi frekuensi dan untuk mencegah terjadinya osilasi-osilasi yang tidak diharapkan.

Kebanyakan dari masalah-masalah ini telah dapat diatasi pada rancangan op-amp IC generasi berikutnya. Tipe 741 dan NE 531 adalah tipe yang diproteksikan terhadap hubung singkat dan disediakan kemampuan untuk membuat tegangan *offset* menjadi nol dan tidak mempunyai masalah *latch-up*.

Tanggapan frekuensi untuk op-amp 741 diperlihatkan di gambar 6.109. Dapat dilihat bahwa pada 10 kHz, penguatan loop terbuka turun menjadi

40 dB (100 sebagai suatu perbandingan tegangan) dan pada 100 kHz penguatan loop terbuka akan turun menjadi 20 dB.



Gambar 6.109: Tanggapan Frekuensi Op-Amp 741

Tipe 741 mempunyai komponen-komponen kompensasi frekuensi dalam untuk mencegah osilasi yang tidak diinginkan, dan hal ini mengakibatkan penguatan untuk menjadi turun. Jika dibutuhkan *bandwidth* daya yang lebih lebar, dapat dipakai motorola MC 1741S atau silicon general SG 471S mempunyai *bandwidth* daya penuh pada 200 kHz.

6.5.2. Kasus Pada Rangkaian Op-Amp

Diberikan dua kasus rangkaian dengan menggunakan Op-Amp dibawah ini:

1. Generator Gelombang Kotak (lihat gambar 6.110):

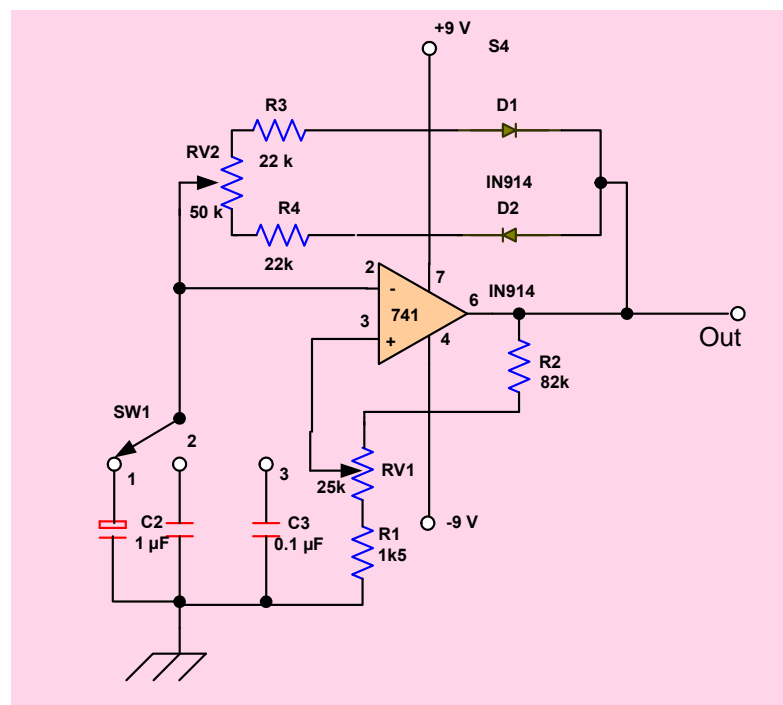
Op-Amp dapat digunakan sebagai pembangkit gelombang kotak karena memiliki nilai penguatan lingkaran terbuka yang sangat tinggi dan tersedianya masukan beda (*diffrential inputs*). Bila suatu catu daya digunakan pada rangkaian, dan kapasitor C belum mengalami pengisian, maka keluaran Op-Amp akan bersaturasi pada kondisi saturasi level positifnya (V_{sat}^+).

Sebagian dari tegangan keluaran ini akan diumpan kembali ke masukan *non-inverting* melalui R_2 dan R_1 . Tegangan pada masukan *non-inverting* akan menjadi:

$$V^+ = V_{sat}^+ \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Selama tegangan pada terminal *inverting* lebih kecil dari V^+ . Maka keluarannya akan tetap pada level saturasi positif. Akan tetapi, pengisian C melalui R akan menyebabkan kenaikan tegangan pada terminal *inverting*. Bila tegangan tersebut menjadi lebih besar dari level tegangan pada terminal *non-inverting*, keluaran Op-Amp akan berubah menjadi tegangan saturasi negatif (V_{sat}^-). Tegangan pada terminal *non-inverting* sekarang polaritasnya berlawanan dan menjadi:

$$V^+ = V_{sat}^- \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



Gambar 6.110: Generator Gelombang Kotak

Sekarang terjadi pengosongan kapasitor melalui R, hingga tegangannya turun menuju V_{sat}^- . Pada saat tegangan kapasitor pada terminal *non-inverting* sama dengan tegangan pada terminal *inverting*, maka keluaran Op-Amp akan kembali ke level positif lagi. Hal ini akan terjadi berulang-ulang sehingga rangkaian ini akan menghasilkan gelombang kotak. RC akan menentukan frekuensi gelombang yang dihasilkan, sedangkan R_1 dan R_2 akan menentukan titik pensaklaran (dari V_{sat}^+ ke V_{sat}^- atau sebaliknya). Perubahan SW1 dan RV1

menentukan besarnya frekuensi selain dari R1 dan R2, dirumuskan sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{2RC \ln(1 + 2R1 / R2)}$$

Dari hasil perhitungan dan uji coba rangkaian akan didapat frekuensi-frekuensi sebagai berikut (kondisi RV1 minimum dan maksimum):

Posisi SW1	Frekuensi
1	2 Hz sampai 20 Hz
2	20 Hz sampai 200 Hz
3	200 Hz sampai 2 KHz

Sedangkan RV2 digunakan untuk merubah *mark-to-space ratio* (perbandingan besarnya pulsa positif dan periode pulsa) atau dalam digital dikenal dengan *duty-cycle*.

Kasus dari rangkaian diatas adalah:

- Tak terjadi osilasi pada outputnya, hanya ada tegangan saturasi positif = 8 Volt.

Jawabannya: Rangkaian tak berosilasi karena R atau C nya terbuka, dan karena kondisinya saturasi + maka kaki 3 IC mendapat input besar terus, jadi **ada yang terbuka Kaki RV1 menuju R1nya.**

- Tak terjadi osilasi pada outputnya, hanya ada tegangan saturasi negatif = - 8Volt.

Jawabannya: Sama dengan kasus pertama hanya yang **terbuka sekarang Kaki tengah dari RV1**, sehingga kaki 3 IC tak mendapat input sedikitpun, maka outputnya pasti negatif.

- Perubahan RV2 menyebabkan terjadinya perubahan frekuensi yang besar dalam setiap selang, tetapi hanya terjadi perubahan yang kecil pada *mark-to-space ratio*.

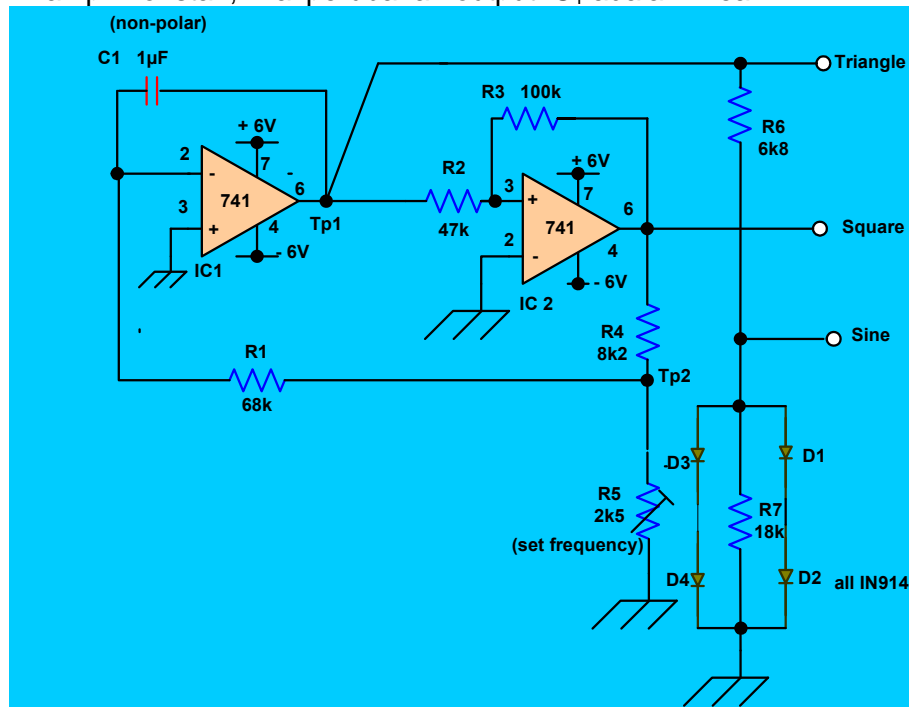
Jawabannya: RV2 seharusnya tak mempengaruhi perubahan frekuensi saat normalnya, dan kerja RV2 ini dibantu oleh D1/D2 serta R3 dan R4 saat mengisi dan mengosongka kapasitor. Karena masih berfungsi walaupun fungsinya berubah, tapi rangkaian tak ada yang terbuka. Jadi pasti ada yang hubung singkat, dan tentunya pastilah **D3 atau D4 yang hubung singkat.**

- Bila R2 berubah berharga besar, maka frekuensi-frekuensi akan tetap berharga besar pada setiap selang.

2. **Function Generator Frekuensi Rendah:**

Generator fungsi merupakan osilator yang menghasilkan secara bersamaan gelombang segitiga, kotak dan sinus (lihat gambar 6.111). Rangkaian ini menggunakan dua Op-Amp, yang menghasilkan output frekuensi rendah. IC₁ dihubungkan dengan C₁ sebagai integrator, dan IC₁ sebagai rangkaian komparator. Jika output IC₂ positif menuju output level positif saturasi. Bagian level positif akan muncul pada titik pengukuran 2 (TP2) karena merupakan pembagi tegangan yang dibangun R₄ dan R₅. Jika R₅ bernilai 1K8 maka level pada TP2 berkisar +700mV. Karena input *non-inverting* IC₁ dihubungkan ke ground, input inverting seharusnya juga mendekati *ground*. Oleh

karena itu, C_1 akan diisi melalui R_1 dengan arus sekitar $10\mu\text{A}$. output IC_1 menjadi negatif seiring C_1 diisi dan karena arus mengisi melalui R_1 hampir konstan, nilai perubahan output IC_1 adalah linear.



Gambar 6.111: Fuction Generator Frekuensi Rendah

Ketika tegangan titik pengukuran 1 (TP1), output IC_1 melebihi level yang cukup mengakibatkan pin3 IC_2 menjadi dibawah nol, output IC_2 akan menjadi negatif. Perhatikan bahwa IC_2 mempunyai umpanbalik positif melalui R_3 , sehingga ketika pin 3 lebih positif daripada pin 2 maka output akan positif, tetapi ketika pin 3 lebih negatif dari pin 2 maka output akan negatif.

Karena penguatan Op-Amp 100.000 aksi perubahan menjadi sangat cepat. Level pada titik pengukuran 1 (TP1) yang memberi *trigger* pada komparator IC_2 ditentukan oleh R_3 dan R_2 . Karena output IC_2 tegangan saturasi positif sekitar +4V, ketika TP1 sekitar -2V pin 3 akan menjadi dibawah nol dan output IC_2 akan berubah negatif.

Dengan output IC_2 pada -4V, TP2 juga berubah negatif menjadi -700mV. Pengisian arus untuk C_1 sekarang berbalik dan TP1 menjadi positif. Ketika level pada TP1 mencapai sekitar +2V, komparator berubah lagi dan prosesnya berulang. Waktu untuk C_1 untuk mengisi dari -2V menjadi +2V adalah waktu untuk setengah gelombang osilator.

Untuk mendapatkan harga pendekatan pada waktu tersebut, dapat digunakan rumus :

$$Q = CV$$

Jika kapasitor diisi dengan arus konstan

$$I dt = C dv$$

$$dt = \frac{CdV}{I}$$

Dengan $C = 1\mu\text{F}$, $I = 10\mu\text{A}$ dan $dV =$ perubahan tegangan yang terjadi pada kapasitor = 4 Volt.

$$dt = \frac{1 \times 10^{-6} \times 4}{10 \times 10^{-6}}$$

$$= 0,4 \text{ detik}$$

$$\text{periode } T = 2t = 0,8 \text{ detik}$$

$$\text{frekuensi } F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ Hz}$$

Frekuensi sebenarnya dari operasi tergantung pada beberapa faktor seperti tegangan saturasi IC_2 , toleransi C_1 dan toleransi resistor. Dengan membuat R_5 preset frekuensi dapat diatur menjadi 1Hz.

Output segitiga diubah menjadi gelombang sinus dengan dioda D_1 , D_2 , D_3 , D_4 . R_6 dan R_7 berfungsi sebagai pembagi tegangan yang dapat mengakibatkan output melalui R_7 menjadi 3 Vpp. Bagaimanapun juga dioda konduksi ketika bias maju dengan 500mV dan menghasilkan gelombang sinus dengan amplitudo 2Vpp. Ini merupakan pengubah segitiga ke sinus dan menghasilkan distorsi yang agak tinggi. R_5 dapat diatur untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Kasus rangkaian di atas adalah:

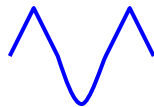
- Frekuensi dari rangkaian akan menuju tinggi kira-kira 66,5 Hz dan frekuensi tak dapat di atur.

Jawabannya: Yang mengatur frekuensi adalah R_5 , jadi kalau sampai frekuensi tak dapat di atur olehnya maka tentunya **R_5 terbuka kaki tengahnya**, sehingga frekuensi masih ada.

- Terjadi distorsi pada gelombang sinus positifnya, sedangkan gelombang yang lainnya normal.

Jawabannya: gelombang sinus terjadi karena adanya dioda-dioda dan R_6 serta R_7 . Karena hasilnya cacad bagian positifnya berarti pembagi tegangan ada yang tak beres, yaitu **R_7 nya terbuka**.

- Terjadi gelombang seperti digambarkan di bawah ini pada output sinusnya, output yang lain tak masalah.



Jawabannya: yang menyebabkan gelombang sinus bagian positifnya rusak pastilah dioda yang anodanya mengarah ke yang lebih positif, jadi pastilah **D_3 atau D_4 terbuka**.

- Jika D_1 terhubung singkat, maka output gelombang sinusakan distorsi, dan gelombangnya mendekati $\frac{1}{2}$ gelombang positif saja.

6.5.3. IC Timer

Pada saat ini tersedia sejumlah besar rangkaian timer monolitik dipasaran, tetapi mungkin yang paling banyak dikenal adalah 555, 556 dan ZN 1034 E. Rangkaian-rangkaian waktu (timing circuits) adalah rangkaian-rangkaian yang akan menyediakan suatu perubahan keadaan dari keluaran setelah suatu selang waktu yang telah ditentukan sebelumnya.

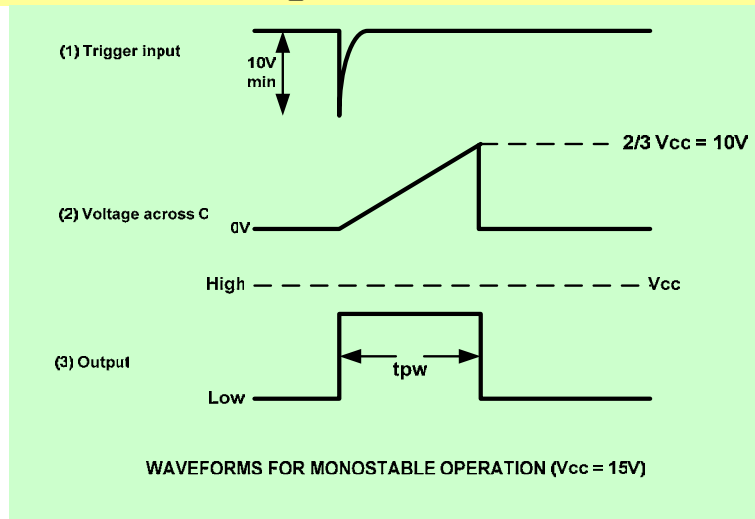
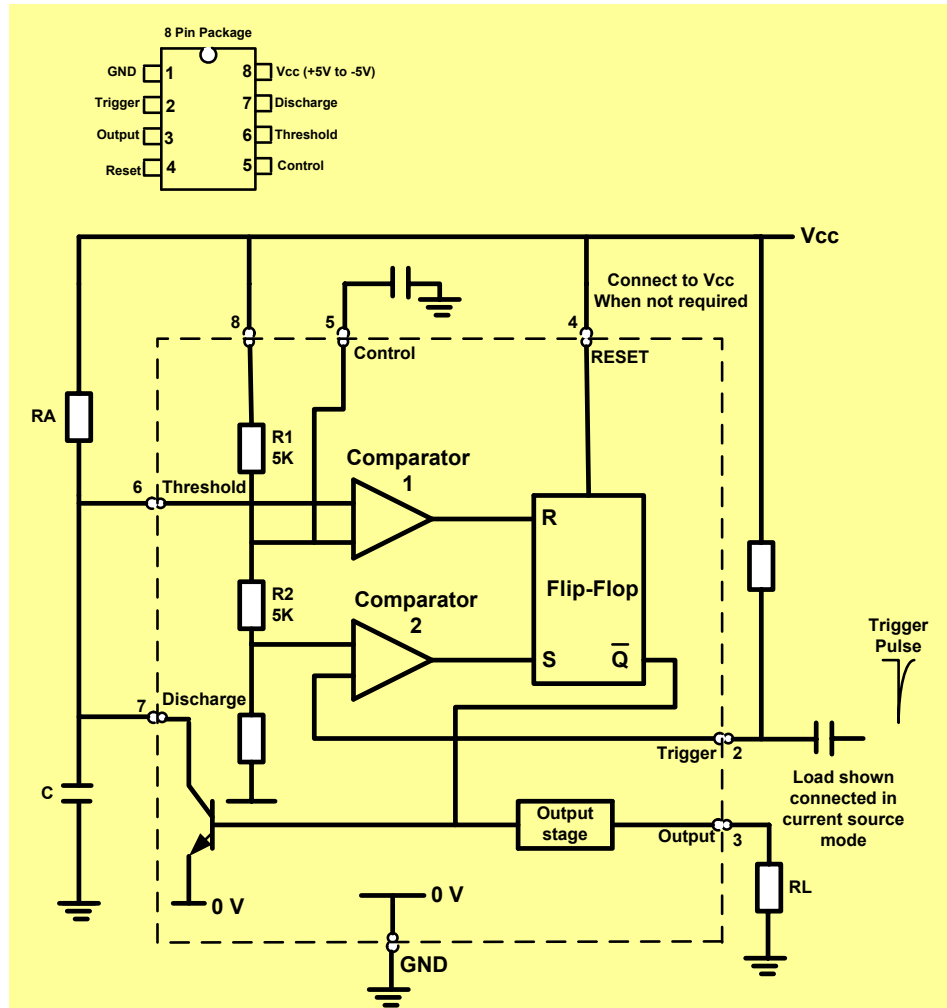
Sudah barang tentu, hal ini merupakan gerak dari suatu multivibrator monostabil. Rangkaian-rangkaian diskrit dapat dirancang dengan mudah untuk memberikan waktu tunda (dari beberapa mikro detik hingga beberapa detik), akan tetapi biasanya untuk dapat memberikan waktu tunda yang amat panjang perlu dipakai peralatan mekanik. IC timer 555, yang pertama-tama tersedia pada tahun 1972, mengizinkan penggunaannya untuk penundaan yang cukup akurat ataupun osilasi-osilasi dari mikro detik hingga beberapa menit, sedangkan ZN 1034 E dapat diset untuk memberikan waktu tunda hingga beberapa bulan.

Operasi dasar 555 dapat dimengerti dengan mudah dengan cara memperhatikan gambar 6.112. Untuk operasi monostabil, komponen waktu luar R_A dan C di hubungkan seperti pada gambar. Tanpa adanya penerapan pulsa pemacu, keluaran Q dari flip-flop

adalah tinggi, memaksa transistor pembuang (*discharge*) menjadi on dan membuat keluaran tetap dalam keadaan rendah.

Ketiga tahanan dalam R_1 , R_2 dan R_3 sebesar 5 k ohm membentuk suatu rantai pembagi tegangan sehingga timbul tegangan sebesar $2/3 V_{cc}$ pada masukan inverting dari pembagi (comparator) 1 dan tegangan sebesar $1/3 V_{cc}$ pada masukan *non-inverting* dari pembanding 2. Masukan pemacu ini dihubungkan ke V_{cc} melalui sebuah resistor luar, sehingga masukan pembanding 2 menjadi rendah. Keluaran-keluaran dari kedua pembanding mengontrol keadaan dari flip-flop dalam. Tanpa adanya penerapan pulsa pemacu, keluaran Q akan tinggi dan hal ini akan memaksa transistor pembuang dalam untuk konduksi.

Pin 7 akan ada pada keadaan tegangan hampir 0 volt, dan kapasitor C akan tercegah untuk diisi. Pada saat yang sama, keluarannya akan menjadi rendah. Pada saat diterapkan pulsa pemacu negatif, keluaran dari pembanding 2 akan menjadi tinggi untuk sesaat dan menyetel flip-flop. Keluaran Q menjadi rendah, transistor pembuang menjadi off dan keluarannya diswitch menjadi tinggi ke V_{cc} . Kapasitor waktu luar C sekarang dapat diisi melalui R_A , sehingga tegangan yang melewati kapasitor ini akan naik secara eksponensial ke V_{cc} . Pada saat tegangan ini mencapai $2/3 V_{cc}$,



Gambar 6.112: Timer 555.

keluaran dari pembanding 1 akan menjadi tinggi dan menyetel ulang flip-flop dalam. Transistor buang akan terhubung dan dengan cepat membuang muatan kapasitor waktu, dan pada saat itu pula keluaran akan diswitch ke nol.

Lebar pulsa keluaran t_{pw} adalah sama dengan waktu yang diperlukan oleh kapasitor luar untuk mengisi dari nol ke $2/3 V_{cc}$, $t_{pw} = 1,1 CR_A$.

Nilai R_A ini dapat berkisar antara 1 K ohm hingga $(1,3 V_{cc})$ M ohm. Dengan kata lain, jika dipakai tegangan suplai sebesar 10 V, nilai R_A minimum adalah 1 K ohm atau maksimum 13 M ohm. Dalam praktek, dipergunakan nilai tengah antara 50 K ohm. hingga 1 M ohm, karena penggunaan nilai-nilai ini cenderung untuk memberikan hasil terbaik. Keluaran 555 menswitch antara hampir nol (0,4 V) hingga sekitar 1 volt di bawah V_{cc} dengan waktu naik dan turun sebesar 100 ndetik. Beban ini dapat dihubungkan dari keluaran ke tanah atau dari keluaran ke V_{cc} . Hubungan pertama dikenal sebagai mode sumber arus dan hubungan kedua dikenal sebagai pembuang arus (*current sink*). Pada kedua situasi ini, dapat diakomodasikan arus beban hingga 200 mA.

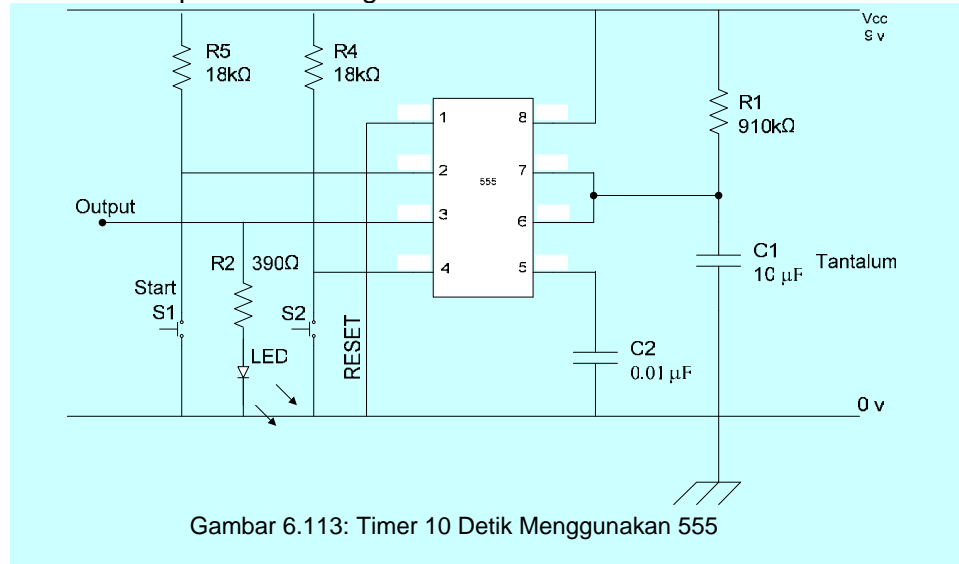
Kedua pin masukan lainnya juga disediakan. Pin 4, terminal reset, dapat dipakai untuk menginterupsi *timing* dan menyetel ulang (reset) keluaran dengan penerapan suatu pulsa negatif. Pin 5, disebut kontrol, dapat dipakai untuk memodifikasi *timing* memodulasi waktu tunda. Tegangan yang diterapkan ke

pin 5 dapat mengganggu level dc. yang dibentuk oleh resistor-resistor dalam. Pada penerapan-penerapan *timing* normal jika tidak ada modulasi yang dibutuhkan, pin 5 biasanya diambil ke tanah melalui kapasitor 0,01 VF. Hal ini mencegah terjadinya pengangkatan/pengambilan kebisingan (*noise*) yang dapat mempengaruhi waktu *timing*.

Salah satu hal penting mengenai 555 adalah bahwa waktu relatif tidak tergantung pada perubahan-perubahan tegangan suplai. Hal ini disebabkan oleh ketiga resistor dalam yang menetapkan perbandingan dari level *threshold* dan level pemacu pada $2/3 V_{cc}$ dan $1/3 V_{cc}$. Perubahan dari waktu tunda terhadap tegangan suplai adalah 0,1 per volt.

Sebagai tambahan, stabilitas suhu dari rangkaian mikro mencapai nilai terbaik pada 50 ppm per °C. Jadi, akurasi dan stabilitas penundaan waktu amat tergantung pada kualitas komponen-komponen waktu luar R_A dan C. Kapasitor-kapasitor elektrolitik mungkin harus dipergunakan bagi penundaan jangka panjang/lama, tetapi arus bocor haruslah cukup rendah. Demikian juga, karena toleransi dari kapasitor-kapasitor elektrolitik cukup besar (-20% + 50%), bagian dari resistor waktu mungkin harus merupakan suatu preset untuk memungkinkan penundaan dapat disetel secara cukup akurat.

Contoh dari sebuah 555 yang dipergunakan sebagai timer 10 detik yang sederhana diperlihatkan di gambar 6.113.



Penekanan tombol start membuat pin.2, pemicu masukan menjadi 0 V. Output akan menjadi tinggi dan LED akan menjadi on. Selanjutnya C_1 akan diisi dari 0 V hingga mencapai $+V_{cc}$. Setelah 10 detik, tegangan yang melewati C_1 mencapai $6 V(2/3 V_{cc})$ dan 555 akan direset, keluarannya akan kembali ke keadaan rendah.

Kasusnya:

- rangkaian gagal berfungsi dengan gejala bahwa keluaran selalu tetap dalam keadaan rendah.

Penyelesaiannya adalah : suatu daftar dari kesalahan-kesalahan yang mungkin memberikan gejala ini adalah :

- a) Rangkaian catu daya yang menuju IC terbuka.
 - b) Kegagalan dari rangkaian pemicu, yaitu terbukanya kontak switch rangkaian atau terbukanya hubungan rangkaian ke pin 2 dari IC.
 - c) Kegagalan didalam IC 555 itu sendiri.
 - d) Rangkaian dari pin 3 ke beban terbuka.
- Jika C_1 , kapasitor timing atau hubungan-hubungannya merupakan rangkaian terbuka, penundaan waktu akan menjadi amat singkat, tetapi penekanan switch start akan mengakibatkan keluaran menjadi tinggi, dan keluaran ini akan tetap tinggi selama switch start tetap dalam posisi seperti itu.

Penyelesaiannya adalah: Untuk menentukan lokasi kesalahan, perlu dilakukan langkah-langkah pemeriksaan berikut:

1. Periksa tegangan catu daya dengan menggunakan voltmeter pada IC diantara pin 8 dan pin 1.
2. Selidiki rangkaian pemacu. Penekanan switch start akan mengakibatkan pin 2 turun dari suatu nilai positif ke 0 V. Karena

pemacu dari 555 ini amat sensitif, sehingga meter ke pin 2 dapat mengakibatkan timer untuk menjadi on. Hal ini saja dapat merupakan suatu indikasi bahwa ada yang salah pada rangkaian switch start dan bahwa kesalahan tidak terletak pada IC.

3. Periksa keluaran antara pin 3 dan pin 1 IC.
4. Periksa apakah pin 4, reset, positif (V_{cc}) dan apakah pin 5 sebesar $2/3 V_{cc}$.

Suatu kesalahan seperti R_1 yang merupakan rangkaian terbuka akan berakibat di keluaran, sekali dipicu akan tetap tinggi. Hal ini disebabkan C_1 tidak lagi mempunyai jalur pengisian ke V_{cc} . Dengan kesalahan ini, rangkaian akan disetel ulang (reset) dengan cara menekan S_2 . Gejala yang serupa akan terjadi jika jalur pcb, atau pengawatan dari C_1 ke pin 6 dan 7 menjadi terbuka, kecuali jika tegangan yang melewati C_1 akan naik secara positif. Perlu dicatat bahwa jika pengukuran tegangan dibuat melewati C_1 atau pada pin-pin 6 dan 7, perlu dipergunakan meter yang impedansinya tinggi.

Beberapa IC linier lain yang telah dibicarakan di pendahuluan seperti regulator-regulator dan konverter-konverter analog ke digital akan didiskusikan di bab lain. Salah satu pertimbangan penting adalah PLL (Phase Locked Loop). Pada dasarnya PLL ini (Gambar 6.114) merupakan suatu sistem umpan balik yang terdiri dari sebuah detektor fasa, sebuah low pass

filter dan sebuah osilator pengontrol tegangan (VCO).

VCO ini merupakan sebuah osilator yang frekuensinya akan bervariasi dari nilai bebasnya (free running value) *ketika* diterapkan suatu tegangan d.c. Analisa tentang PLL tidak akan dilakukan di buku ini. Tanpa adanya penerapan sinyal masukan, tegangan keluaran akan nol dan VCO akan bekerja bebas pada suatu frekuensi yang telah ditetapkan oleh komponen luar R_1C_1 .

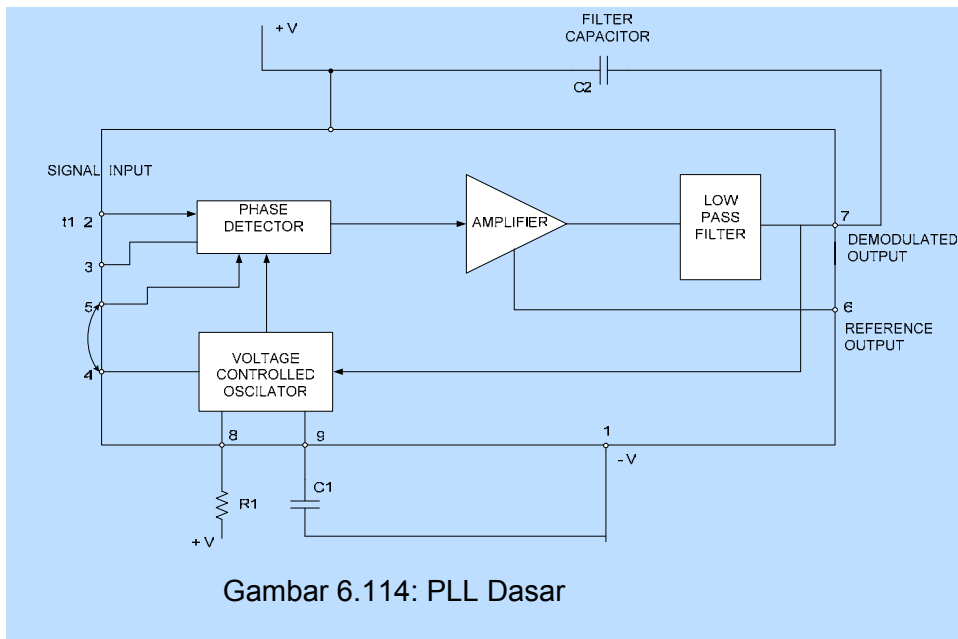
Jika diterapkan suatu sinyal masukan dari frekuensi f_i , rangkaian pembanding fasa membandingkan fasa dan frekuensi dari sinyal yang masuk dengan fasa dan frekuensi yang berasal dari VCO. Suatu tegangan error dibandingkan dimana tegangan ini sebanding dengan selisih antara kedua frekuensi ini. Error ini diperkuat dan difilter oleh sebuah sinyal frekuensi rendah. Error ini diumpan kembali ke masukan VCO dan memaksa VCO untuk membalik frekuensinya sehingga sinyal error atau sinyal selisih ini berkurang.

Jika frekuensi masukan f_i cukup dekat pada f_o , maka VCO akan mensinkronkan operasinya pada sinyal masuk. Dengan kata lain, VCO mengunci frekuensi masukan.

Begitu sinkronisasi ini dilakukan, frekuensi VCO menjadi hampir identik dengan frekuensi masukan kecuali untuk suatu beda fasa yang kecil. Beda fasa yang kecil ini diperlukan, sehingga dihasilkan suatu keluaran d.c yang membuat agar frekuensi VC1 sama dengan frekuensi masukan.

Jika frekuensi masukan atau fasa masukan sedikit berubah, keluaran d.c akan mengikuti perubahan ini. Oleh karena itu, sebuah PLL dapat dipakai sebagai sebuah modulator FM atau telemetri FM, dan untuk penerima FSK. FSK menjaga adanya frekuensi shift keying dan merupakan suatu metoda yang dipakai untuk mentransmisikan data yang menggunakan modulasi frekuensi dari pembawa (*carrier*). Level logik 0 akan menjadi satu frekuensi, katakanlah 1700 Hz, sedangkan logik 1 akan

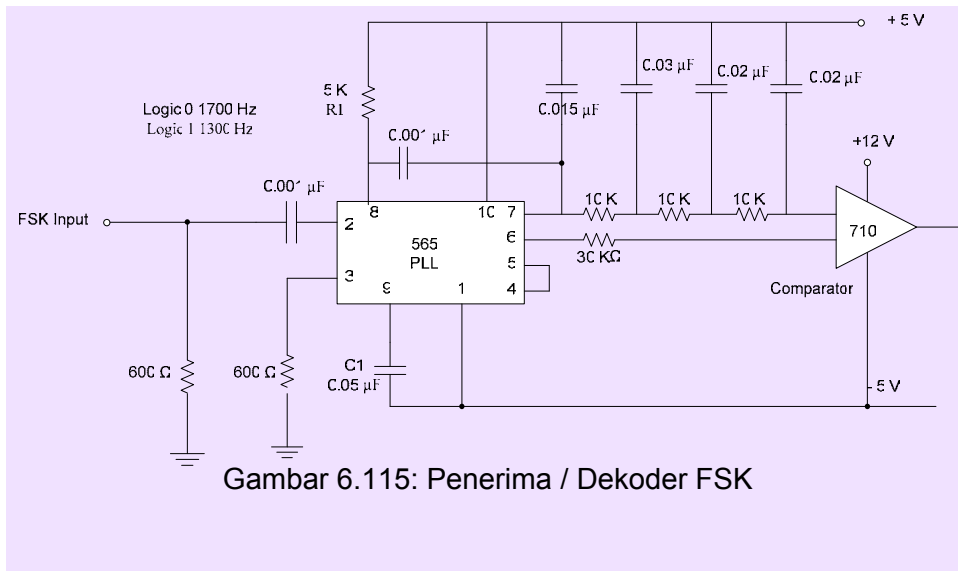
diwakili oleh frekuensi 1300 Hz. Di pemancar (transmitter), level-level logik diterapkan ke suatu VCO untuk memaksa keluaran agar menggeser frekuensinya. Penerima (receiver) merupakan PLL yang mengenai frekuensi-frekuensi masukan dan selanjutnya memproduksi suatu pergeseran level d.c pada keluarannya. Sebuah penerima FSK yang menggunakan PLL IC 565 diperlihatkan di Gambar 6.114. Hal ini dimaksudkan untuk menerima dan mendekode sinyal-sinyal FSK 1700 Hz dan 1300Hz



Gambar 6.114: PLL Dasar

Keluaran dari PLL, yang berupa suatu level tegangan yang tergantung dari frekuensi masukan, dilewatkan melalui sebuah filter RC tiqa tingkat untuk mengeluarkan frekuensi pembawa. Suatu IC pembanding A710 memberikan suatu keluaran

bertingkat tinggi untuk sinyal 1300 Hz dan keluaran bertingkat rendah untuk sinyal 1700 Hz. Laju pemberian sinyal, yaitu laju perubahan antara dua frekuensi yang kuat, maksimum adalah 150 Hz.



Karakteristik - karakteristik rangkaian IC linier yang penting:

- **Arus Bias Masukan** : harga rata-rata antara dua buah arus masukan.
- **Arus offset masukan** : nilai absolut dari selisih antara dua arus masukan yang mana keluarannya akan dikendalikan lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan yang dispesifikasikan.
- **Tegangan offset masukan** : nilai absolut dari tegangan diantara terminal-terminal masukan yang dibutuhkan untuk membuat tegangan keluaran menjadi lebih besar atau lebih kecil dari tegangan yang dispesifikasikan.
- **Daerah tegangan masukan**: daerah tegangan pada terminal-terminal masukan (*common mode*) dimana diterapkan spesifikasi-spesifikasi *offset*.
- **Tegangan logik *Threshold*** : tegangan pada keluaran dari pembanding yang mana pembebanan rangkaian logik mengubah keadaannya.
- **Level keluaran negatif** : tegangan keluaran d.c negatif dengan pembanding dalam keadaan jenuh oleh suatu masukan diferensial yang sama besar atau lebih besar dari tegangan yang dispesifikasikan.
- **Arus bocor keluaran** : arus pada terminal keluaran dengan tegangan keluaran dalam suatu daerah tertentu dan kendali masukan yang sama besar atau lebih besar dari suatu nilai yang diberikan.
- **Resistansi keluaran** : resistansi yang diukur di terminal keluaran dengan level keluaran d.c berada pada tegangan *threshold* logik.

- **Arus buang keluaran** : arus negatif maksimum yang dapat diberikan oleh pembanding.
- **Level keluaran positif** : level tegangan keluaran tinggi dengan suatu beban tertentu dan kendali masukan yang sama besar atau lebih besar dari suatu nilai yang dispesifikasikan.
- **Konsumsi daya** : daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pembanding tanpa beban keluaran. Daya akan bervariasi terhadap level sinyal, tetapi dispesifikasikan sebagai maksimum untuk seluruh daerah dari kondisi-kondisi sinyal keluaran.
- **Waktu tanggap** : selang (*interval*) antara penerapan dari suatu fungsi tangga (*step*) masukan dan waktu ketika keluaran melewati tegangan *threshold* logik. Fungsi tangga (*step*) masukan mengendalikan pembanding dari beberapa tegangan masukan awal yang jenuh pada suatu level masukan yang dibutuhkan untuk membawa keluaran dari kejenuhan kepada tegangan *threshold* logik. Ekses ini dikatakan sebagai tegangan yang berlebihan (*over-drive*).
- **Tanggapan jenuh** : level tegangan keluaran rendah dengan kendali masukan yang sama besar atau lebih besar, dari suatu nilai yang dispesifikasikan.
- **Arus strobe** : arus yang keluar dari terminal *strobe* ketika arus berada pada level logik nol.
- **Level keluaran strobe** : tegangan keluaran dc, tak tergantung pada kondisi-kondisi masukan, dengan tegangan pada terminal *strobe* yang sama besar atau lebih kecil dari keadaan rendah yang dispesifikasikan.
- **Tegangan ON strobe** : tegangan maksimum pada terminal *strobe* yang dibutuhkan untuk memaksa keluaran pada keadaan tinggi yang dispesifikasikan.
- **Tegangan OFF strobe** : tegangan minimum pada terminal *strobe* yang akan menjamin bahwa tegangan ini tidak akan melakukan interferensi terhadap cara kerja pembanding.
- **Waktu batas strobe** : waktu yang dibutuhkan keluaran untuk naik hingga tegangan *threshold* logik setelah mengendalikan dari nol menjadi level logik satu.
- **Arus suplai** : arus yang dibutuhkan dari suplai positif atau negatif untuk mengoperasikan pembanding tanpa adanya beban keluaran. Daya akan bervariasi terhadap tegangan masukan, tetapi daya ini dispesifikasikan adalah maksimum bagi seluruh daerah kondisi-kondisi tegangan masukan.
- **Penguatan tegangan** : perbandingan antara perubahan tegangan keluaran terhadap tegangan masukan di bawah kondisi-kondisi yang dinyatakan bagi

resistansi sumber dan resistansi beban.

- **Bandwidth** : frekuensi yang mana penguatan tegangan dikurangi menjadi $1/\sqrt{2}$ dari nilai frekuensi rendah.
- **CMRR (Common Mode Rejection Ratio)** : perbandingan antara daerah tegangan *common mode* masukan dengan perubahan puncak ke puncak ditegangan *offset* masukan untuk daerah tersebut.
- **Distorsi harmonik** : perbandingan dari distorsi harmonik yang didefinisikan sebagai seperseratus dari perbandingan rms (*root mean square*) dari harmonik-harmonik terhadap fundamental.
Distorsi Harmonik =
$$\frac{(V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 \dots)^{1/2}}{V_1} (100\%)$$
- dimana : V_1 = amplitudo dari fundamental
 V_2, V_3, V_4 = amplitudo rms dari tiap harmonik.
- **Arus bias masukan** : nilai rata-rata dari kedua arus masukan.
- **Daerah tegangan *common-mode* masukan** : daerah tegangan pada terminal-terminal masukan yang mana amplifier dioperasikan. Catat bahwa spesifikasi-spesifikasi tidak dijamin pada seluruh daerah *common-mode*, kecuali dinyatakan secara spesifik.
- **Impedansi masukan** : perbandingan antara tegangan masukan terhadap arus masukan di bawah kondisi-kondisi

yang dinyatakan bagi sumber (R_s) dan resistansi beban (R_L).

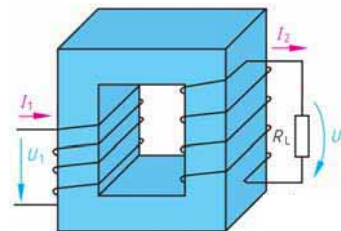
- **Arus *offset* masukan** : selisih arus-arus pada kedua terminal-terminal masukan ketika keluarannya adalah nol.
- **Tegangan *offset* masukan** : tegangan yang harus diterapkan diantara terminal-terminal masukan melalui dua buah resistansi yang sama besar untuk mendapatkan tegangan keluaran nol.
- **Resistansi masukan** : perbandingan dari perubahan di tegangan masukan terhadap perubahan di arus masukan pada salah satu masukan dengan masukan lainnya ditanahkan (*grounded*).
- **Daerah tegangan masukan** : daerah tegangan di terminal-terminal masukan dimana amplifier bekerja dalam batas-batas spesifikasinya.
- **Penquatan tegangan sinyal besar** : perbandingan antara ayunan tegangan keluaran terhadap perubahan di tegangan masukan yang dibutuhkan untuk mengendalikan keluaran dari nol menjadi tegangan ini.
- **Impedansi keluaran** : perbandingan antara tegangan keluaran terhadap arus keluaran di bawah kondisi-kondisi yang dinyatakan bagi resistansi sumber (R_s) dan resistansi beban (R_L).
- **Laju slew (*slew rate*)** : laju batas dalam (*internally limited*) dari perubahan-perubahan di tegangan keluaran dengan suatu fungsi tangga (*step*) beramplitudo besar

- yang diterapkan pada masukan.
- **Arus suplai** : arus yang dibutuhkan dari catu daya untuk mengoperasikan amplifier dalam keadaan tanpa beban dan keluaran berada di tengah-tengah suplai.
 - **Tanggapan transien** : tanggapan fungsi tangga (step) loop tertutup dari amplifier (penguat) di bawah kondisi-kondisi sinyal kecil.
 - **Unity-gain bandwidth** : daerah frekuensi dari d.c. ke frekuensi dimana penguatan loop terbuka dari amplifier bergerak menuju satu.
 - **Penkatan tegangan** : perbandingan antara tegangan keluaran terhadap tegangan masukan di bawah kondisi-kondisi yang dinyatakan bagi resistansi sumber (R_s) dan resistansi beban (R_L).
 - **Resistansi keluaran** : resistansi sinyal kecil yang terlihat pada keluaran dengan tegangan keluaran yang mendekati nol.
 - **Ayunan tegangan keluaran**: ayunan tegangan keluaran puncak, direferensikan ke nol, yang dapat diturunkan tanpa adanya *clipping*.
 - **Drift suhu tegangan offset** : laju *drift* rata-rata dari tegangan *offset* untuk suatu variasi termal dari suhu kamar ke ekstrim suhu yang diindikasikan.
 - **Power supply rejection** : perbandingan antara perubahan ditegangan offset masukan dengan perubahan di tegangan catu daya yang menghasilkannya.
 - **Waktu setting** : waktu diantara pengawalan fungsi tangga (step) masukan dan waktu pada saat tegangan keluaran telah menetap dengan suatu band error yang dispesifikasikan dari tegangan keluaran akhir.

6.6. Transformator

TRANSFORMATOR dapat mengubah energi listrik menjadi tegangan dan arus.

Transformator 1 fasa; terdiri dari 2 belitan kawat penghantar dlm 1 inti berbahan magnet atau bahan yg dapat dimagnetisasi; inti biasanya terdiri dari bbrp lapis

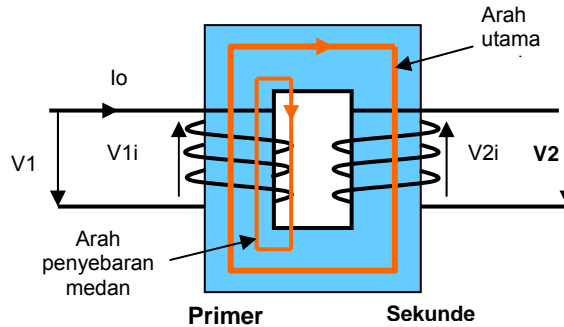


Gambar 6.116.
Rangkaian Trafo 1 Fasa

Arus AC pada lilitan input (lilitan primer) memberikan energi.

Energi tersebut akan mengalir melalui inti magnet. Kerapatan magnet akan berubah sesuai dengan perubahan frekuensi dan tegangan input.

Pada sisi output (lilitan sekunder) akan terdapat tegangan induksi yang mempunyai frekuensi sama dg tegangan inputnya.



Gambar 6.117. Trafo 1 Fasa Tanpa Beban

Trafo dengan tegangan terbuka

Trafo dalam keadaan terbuka (tanpa beban) bersifat seperti lilitan (induktor) dengan induktifitas sangat besar. Pada kondisi ini, trafo tidak memiliki arus output yang mengalir pada beban (krn beban terbuka).

Tegangan terbuka; adalah tegangan pada sisi output ketika trafo tanpa beban.

Tegangan induksi pada output dapat dihitung melalui persamaan utama trafo dengan asumsi bahwa tegangan terbuka linier terhadap kenaikan jumlah lilitan.

$$V_o = 4,44 \cdot B \cdot A_{Fe} \cdot f \cdot N$$

V_o = tegangan terbuka pada output
 B = kerapatan magnet
 A_{Fe} = luas penampang besi
 f = frekuensi jala-jala
 N = jumlah lilitan

Pemindahan tegangan dan arus pada trafo

Dengan asumsi: tidak ada rugi-rugi pada trafo (trafo ideal), maka pemindahan tegangan dan arus dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{V_1}{V_2} \approx \frac{N_1}{N_2} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{I_2}{I_1} \approx \frac{N_1}{N_2} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} \approx \frac{N_1^2}{N_2^2} \quad \Rightarrow \quad a = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

Keterangan:

- V1 = Tegangan input
- V2 = Tegangan output
- N1 = Lilitan primer
- N2 = Lilitan sekunder
- a = Transfer ratio
- I1 = Arus pada lilitan primer
- I2 = Arus pada lilitan sekunder
- Z1 = Impedansi lilitan primer
- Z2 = Impedansi lilitan sekunder

Rangkuman

- Catu daya terstabil dapat menggunakan sistem regulator atau sistem tersaklar.
- Banyak spesifikasi catu daya yang harus diketahui untuk persiapan kita melakukan perbaikan.
- Sistem distribusi atau pengawatan dari catu daya sangat menentukan hasil keluarannya, jadi harus hati-hati dalam pelaksanaannya.
- Catu daya teregulasipun harus tetap mempunyai pengaman, sehingga rangkaian yang dicatu tidak menjadi rusak bila terjadi kerusakan pada catu dayanya.
- Catu daya teregulasi dengan menggunakan sebuah IC lebih sederhana, sehingga kalau ada kerusakan lebih mudah diatasinya
- Catu daya yang disaklar biasanya digunakan untuk mencatu arus besar pada tegangan rendah atau menengah.
- Penguat adalah suatu peralatan dengan masukan sinyal yang kecil dapat dipergunakan untuk mengendalikan daya output yang besar.
- Penguat terdiri dari beberapa kelas operasi, yaitu : A, B, AB dan C yang masing-masing dipakai pada keperluannya sendiri-sendiri.
- Spesifikasi penguat yang penting adalah : Penguatan, respon frekuensi, impedansi input / output, output daya, efisiensi dan sensitivitas.
- Macam-macam distorsi pada penguat: distorsi amplitudo, distorsi frekuensi, distorsi *crossover*, distorsi fasa dan distorsi intermodulasi.

- Derau yang terjadi pada penguat adalah: derau termal, derau *shot* dan derau *flicker*.
- Pada penguat stereo rangkaian kanal kiri dan kanan semuanya sama yang terdiri dari penguat awal, pengatur nada dan penguat daya. Masing-masing mempunyai tipe kerusakan yang berbeda dan penanganan yang berbeda pula.
- Telekomunikasi terjadi karena ada penerima dan pemancarnya, baik pada radio maupun TV.
- TV berwarna mempunyai dua blok besar yaitu blok audio (untuk suara) dan blok video (untuk gambar).
- Blok video pada TV adalah :penala, IF, detektor video, penguat video, AGC, dan defleksi vertikal / horisontal.
- Perbaikan TV dapat diketahui dari gejala kerusakan yang terjadi pada TV tersebut, dan kita menentukan fungsi mana yang tidak bekerja.

Soal latihan Bab 6

1. Sebutkan dua macam unit daya dan beri contoh penggunaannya!
2. Sebutkan dua metode pokok yang digunakan untuk menghasilkan tegangan searah (DC)!
3. Gambarkan blok diagram regulator seri dan terangkan kerjanya secara singkat!
4. Sebutkan macam-macam pengaman dalam rangkaian catu daya regulator seri
5. Apakah keuntungannya menggunakan IC $\mu A 723 A$ sebagai catu daya teregulasi?
6. Sebutkan macam-macam catu daya yang tersaklar!
7. Gambarkan blok diagram catu daya yang disaklar bagian primernya dan terangkan kerjanya secara singkat!
8. Sebutkan kelas-kelas penguat dan dimana mempergunakannya !
9. Apa yang kamu ketahui efisiensi dan sensitivitas pada sebuah penguat itu ?
10. Sebuah penguat mempunyai distorsi frekuensi tinggi yang dikuatkan. Apa maksudnya ?
11. Tuliskan bagian dari sistem audio stereo dan terangkan fungsinya !
12. Apakah kegunaan rangkaian penala dan AGC pada sebuah TV ?
13. Pada blok mana dipisahkan antara sinyal audio dan sinyal video pada rangkaian TV ?

Tugas Kelompok

Dengan membentuk 4 anak perkelompok bukalah penutup belakang sebuah TV yang ada pada laboratorium elektronika sekolah anda (hati-hati jangan masukan tegangan AC pada TV tersebut ada tegangan tingginya). Catatlah / gambarkan bentuk PCB secara garis besar dan tuliskan bagian-

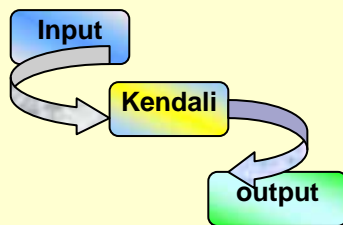
Pelacakan Kerusakan Sistem Analog

bagian komponen yang penting yang ada pada blok diagram sebuah TV, misalnya: bagian horisontal ada pembangkit tegangan tinggi yaitu trafo *plyback* dan seterusnya. Diskusikan juga dengan instruktur anda !

7. PELACAKAN KERUSAKAN ALAT KONTROL INDUSTRI

7.1. Pengetahuan Peralatan Kontrol

Seperti pada kasus TV, hi-fi, dan peralatan digital, harus dimengerti hal-hal yang mendasar dan beberapa aspek istimewa dari kendali dan instrumentasi industri jika diinginkan mencari kerusakannya. Semua kendali dan instrumentasi di industri memiliki dasar-dasar karakteristik yang sama. Seperti blok diagram yang ditunjukkan dalam gambar 7.1, yang terdiri dari sebuah input, bisa sebuah sensor atau transduser, sebuah kendali atau bagian fungsional, dan sebuah output atau aktuator.



Gambar 7.1: Dasar Sistem Kendali.

Perlengkapan input memiliki beberapa karakteristik fisik seperti:

- Gerakan
- Temperatur
- Cahaya
- Kelembaban
- Tekanan udara
- Aliran air
- Perubahan kimia dsb.

Besaran fisik tersebut selalu diubah menjadi analog listrik dan alat yang melakukan perubahan tersebut dinamakan transduser.

Contohnya: thermostat adalah alat pengatur panas, tachometer menyatakan kecepatan putaran, dan photo-



cell mengubah variasi cahaya menjadi variasi arus listrik dll. Bagian kendali dari sistem bekerja pada sinyal input agar menghasilkan sebuah output yang dikendalikan. Output ini berupa sebuah indikator meter atau dapat pula berupa suatu bentuk dari sebuah gerakan fisik (*physical action*). Dalam kasus dari sistem pengatur panas, gerakan fisik ini berarti menghidupkan pemanas. Dalam kasus *photoelectric cell*, yang mana dapat merasakan hilangnya sinar siang, tegangan yang diatur akan digunakan untuk menggerakkan relay untuk menghidupkan lampu dalam ruangan. Oleh karena itu, dapat dilihat bahwa beberapa jenis dari aktuator atau elemen output dibutuhkan. Karena fungsi kendali tersebut bekerja secara listrik, maka elemen output ini harus mampu mengubah energi listrik menjadi beberapa parameter-parameter fisik seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Khususnya, sebuah solenoid atau motor digunakan untuk mengubah arus listrik menjadi medan magnet yang kemudian menjadi gerakan mekanik. Sistem yang input dan outputnya dihubungkan oleh fungsi kendali dapat disebut sebuah sistem servo.

Dua sistem servo dasar adalah:

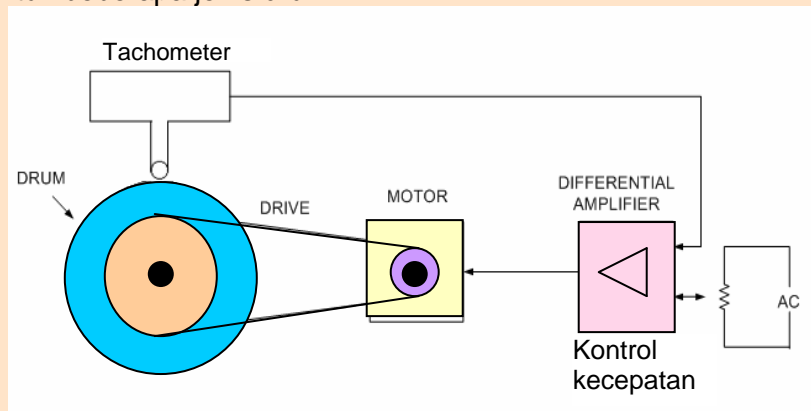


Gambar 7.2: Contoh Sistem Open Loop.

- **Sistem servo open-loop:** sistem kendali tanpa ada *feed back* dari output ke inputnya. Contoh dari sistem *open-loop* adalah kendali waktu lampu lalu lintas. Outputnya ditentukan hanya oleh waktu.

- **Sistem closed-loop:** sistem kendali dengan *feedback* dari output menuju ke input.

Sebuah contoh dari sebuah sistem servo sederhana ditunjukkan pada gambar 7.3 yang menggambarkan pengatur kecepatan yang konstan untuk beberapa jenis drum.

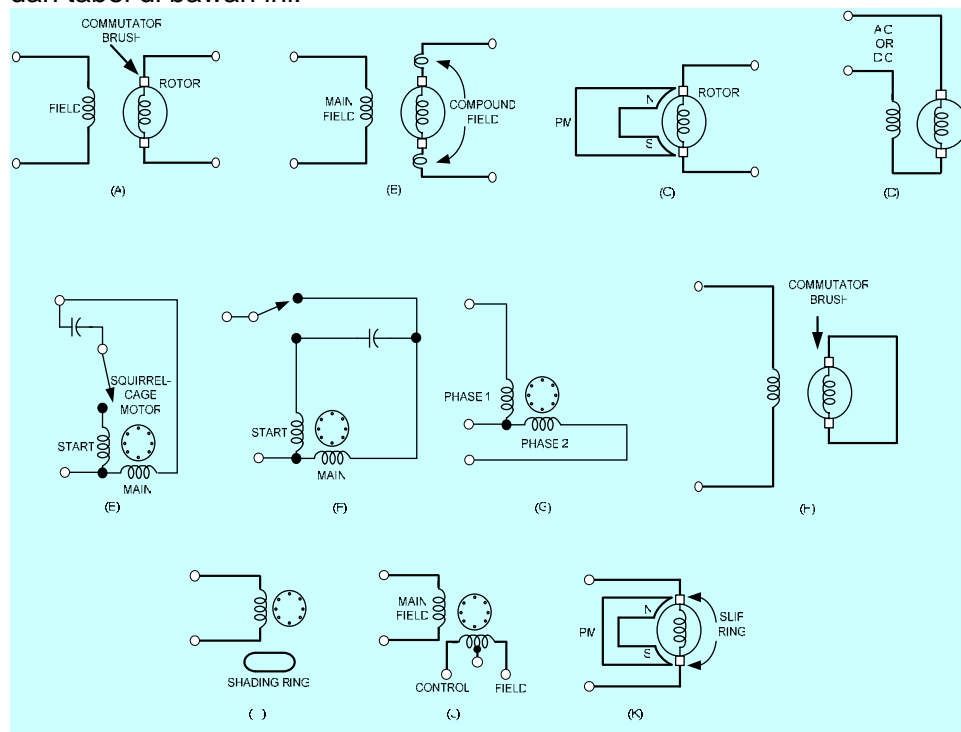


Walter, 1983, 250

Gambar 7.3: Sistem Kendali Closed-Loop.

Potensiometer pengatur kecepatan digunakan untuk menentukan nilai referensi dari differensial amplifier (*elemen control*) yang mengendalikan motor. Dalam contoh ini, **transduser**nya adalah tachometer yang mana menghasilkan tegangan yang tergantung dari kecepatan drum. Selama output tachometer dan tegangan referensi adalah sama, tegangan konstan akan terus disupply ke motor. Jika drum menurunkan kecepatannya untuk beberapa alasan, penurunan *output tachometer* akan menyebabkan *differensial amplifier* mengambil arus lebih banyak pada motor yang mana akan cenderung untuk mempercepat drum hingga kecepatannya kembali pada level yang diinginkan. Elemen *feedback* disini dapat dipertimbangkan sebagai *tachometer*, sementara motor sudah jelas sebagai aktuator.

Jenis-jenis motor dan karakteristik operasinya dapat dilihat pada gambar dan tabel di bawah ini.



Walter, 1983, 252

Gambar 7.4: Model dan Tipe Motor

Tabel 7.1: Karakteristik Operasi dari Model-Model Motor

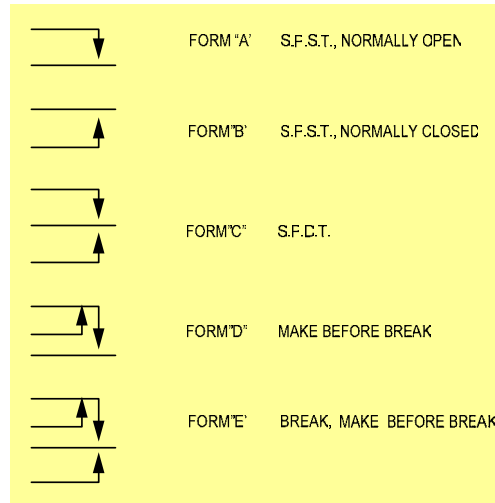
REFERENSI TIPE & GAMBAR	PERPUTARAN AWAL	KONTROL KECEPATAN	KARAKTERISTIK OPERASI	APLIKASI KHUSUS
Paralel D.C. (A)	Menengah	Kontrol Tegangan atau Thyatron	Kecepatan teratur, daya konstan atau perputaran konstan	Pompa, ban berjalan, kumparan kertas dan kawat
D.C Campuran (B)	Tinggi	Biasanya tidak digunakan	Keteraturan kecepatan dalam batas yang kecil, kecepatannya tinggi tetapi bergantian	Mengatur roda gaya
Medan PM D.C. (C)	Rendah	Transistor atau tabung daya		Kipas angin, pendingin, peralatan yang beroperasi dengan baterai

Pelacakan Kerusakan Alat Kontrol Industri

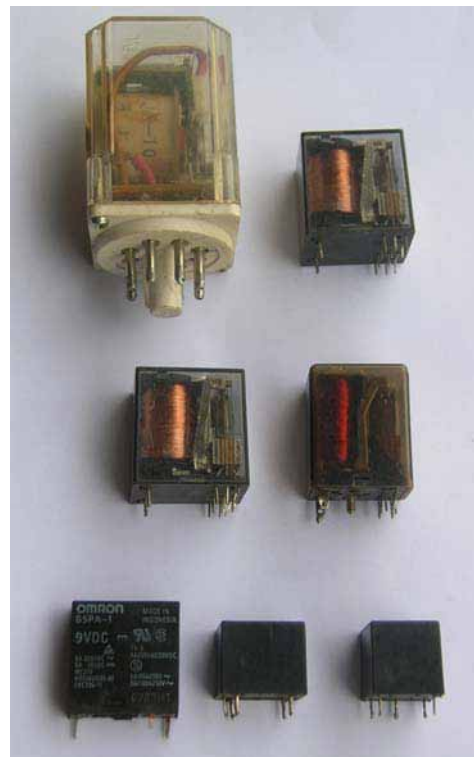
Seri D.C. atau A.C. (D)	Sangat tinggi	Thyratron, resistor seri, reactor kejenuhan	Kecepatan dan efisiensi tinggi	Kendaraan, kran, peralatan tangan, kegunaan umum
A.C. awal kapasitor (E)	Sangat tinggi	Reactor kejenuhan	Daerah control kecepatan terbatas ketika perputaran mendapat tegangan	Kompresor, pompa, pendingin
Kerja kapasitor (mundur) (F)	Rendah	Biasanya tidak digunakan	Variasi kecepatan sangat besar dengan beban	Kipas angin, pendingin, pompa sentrifugal
Phasa banyak (G)	Tergantung pada tipe yang digunakan	Reactor kejenuhan, resistor	Tersedia dalam 6 kelas dalam karakteristik penampilan	Motor industri tujuan umum digunakan ketika sumber daya utama untuk mesin-mesin berat
Penolakan awal induksi bekerja (H)	Sangat tinggi	Biasanya tidak digunakan	Kenaikan arus awal tinggi	Pompa, kompresor, ban berjalan
Kutub tertutup (I)	Sangat rendah	Biasanya tidak digunakan	Relative tidak efisien, tetapi harganya murah	Kipas angin, pendingin
Servo (J)	Tinggi	Penguat daya, reactor kejenuhan	Control akurasi melewati lilitan control khusus	System posisi, computer
Sinkron (K)	Rendah	Tidak ada	Kecepatan konstan tergantung pada jumlah dari kutub dan frekuensi garis	Jam, pewaktu, pendingin, kipas angina, kompresor

Walter, 1983, 252

Dimanapun ketidaksempurnaan motor perlu dicurigai. Kita tahu bahwa ohmmeter hanya memeriksa apakah lilitan *open* atau *short*. Sebagian dari lilitan yang *short* pada sebuah motor adalah sering muncul dan tidak dapat dicek oleh ohmmeter. Perlu diingat bahwa bagian listrik motor dapat rusak jika ada sesuatu yang salah pada bagian mekanik. Contohnya, jika batang motor bengkok, lilitan akan dengan mudah terbakar. Setelah motor, salah satu komponen yang paling banyak menggunakan peralatan elektro-mekanik dalam kendali industri adalah *relay*. *Relay* mempunyai variasi yang luas, yaitu konfigurasi, ukuran, dan rating daya kontak. Dalam mencek *relay*, kita hanya membutuhkan sebuah ohmmeter untuk menentukan apakah *solenoid coil* dalam keadaan *short* atau *open* dan apakah kontaknya putus atau tidak. Sebagai referensi, gambar 7.5 terdiri dari penyusunan kontak relay dan tata namanya. Beberapa *relay* hanya memiliki "*normally open*", *relay* yang lain memiliki campuran. Beberapa *relay* beroperasi pada AC, beberapa juga beroperasi pada DC. Beberapa dari kontak relay adalah tipe "*make-before-break*" dan beberapa *relay* lainnya menggunakan susunan kebalikannya. Kontak *relay* sendiri dapat diperbaiki, sekurang-kurangnya secara berkala. Ketika kontak *relay* sedikit berkarat, maka dapat dibersihkan dengan ampelas. Karena *relay* bukan barang mahal, mengganti dengan relay yang baru adalah metode yang sering dilaksanakan untuk memperbaiki masalah.



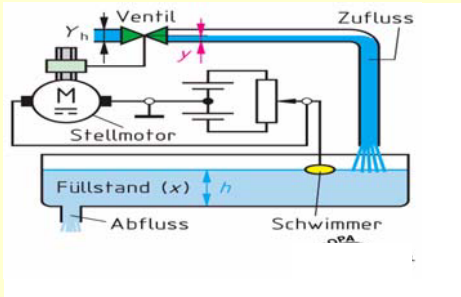


Walter, 1983, 253



Gambar 7.5: Macam-Macam Kontak Relay dan Bentuk Relay.

Dalam gambar 7.6 menunjukkan daftar dari tipe yang berbeda dari transduser, aktuator, dan kendali yang seringkali ditemukan dalam kontrol industri dan peralatan instrumentasi.

Transduser	Aktuator	Kendali
Mekanik : Saklar pembatas (DC) Potensiometer (DC) Kapasitif (AC) Induktif (AC) Trafo beda (AC)	Solenoid Motor Actuator Phneumatic Hidroulik	Relay Penguat magnet Penguat daya Generator fungsi Sekering Saklar elektronik
suhu : Bimetalik (DC / AC) Thermistor (DC / AC) Thermostat (DC / AC)		
Photoelektrik : Fotoresistif (AC) Fotovoltage (DC / AC)		
Kelembaban : Rambut (DC / AC) saluran air (DC / AC) film (DC / AC)		
tekanan air : diafragma (DC / AC) katup burdot (DC/AC)		
aliran cairan : venture (AC) ultrasonic (AC) turbin (AC)		
kimia : perubahan ion (arus kecil → AC/chopper) aksi batere (arus kecil → AC/rangk.Chopper)		

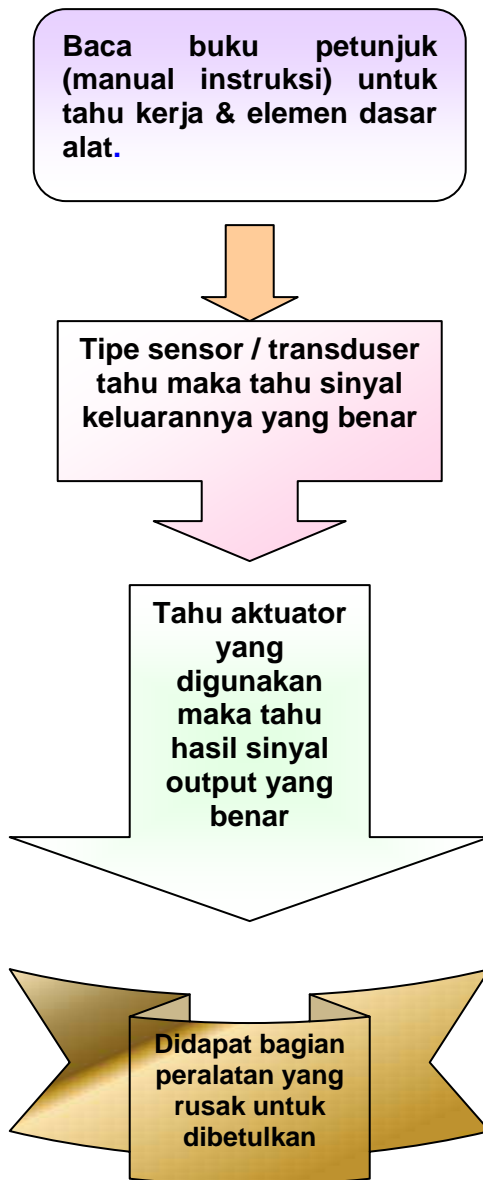
Walter, 1983, 253

Gambar 7.6: Tabel Elemen-Elemen Kendali Industri.

7.2. Pemeriksaan Sinyal Input Dan Output



Langkah-langkah yang dilakukan:



Cara pengukurannya sbb:

- Pengukuran sinyal input AC (keluaran dari transduser) lebih baik menggunakan osiloskop (impedansi tinggi) untuk melihat frekuensi, amplitudo dan distorsi serta tidak membebani rangkaian yang ada.
- Pengukuran sinyal input DC dari output transduser membutuhkan probe impedansi tinggi dan sebuah meter yang sangat sensitif (milivolt / mikrovolt).
- Mengukur sinyal output solenoid dan motor biasanya sekitar 5 sampai beberapa ratusan volt, yang dapat diukur oleh voltmeter standar. Untuk mengetahui apakah tegangan tersebut AC atau DC sesuai dengan motor berdasarkan tabel pada Gambar 3. Untuk menghasilkan gerak linier pada solenoid, membutuhkan pulsa AC atau DC.
- Pneumatik dan hidraulik pada dasarnya merupakan keran udara atau zat cair dan gas yang dikendalikan oleh solenoid yang membuka / menutup (tak ada yang harus diperbaiki elektroniknya pada bagian ini).

PERHATIKAN

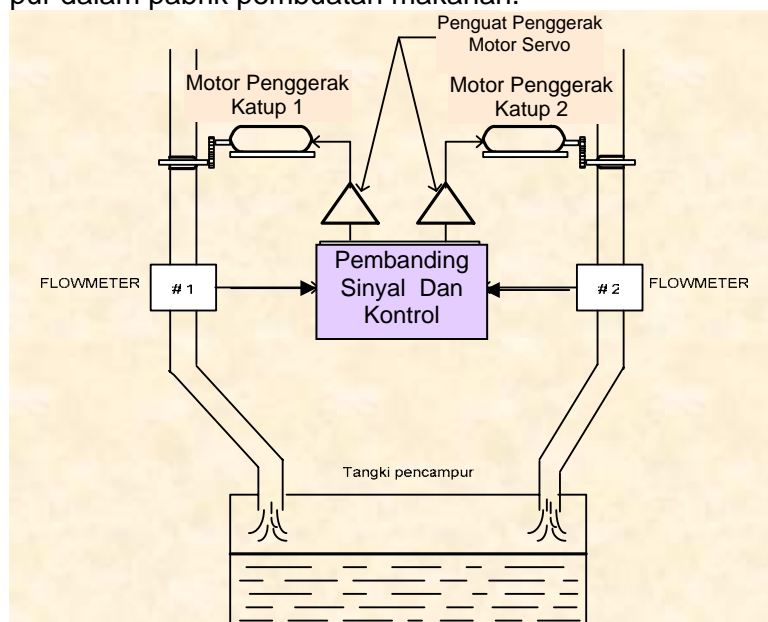
Jika tegangan yang tepat dimasukkan ke solenoid dan keran tidak bekerja, maka semua aktuator harus diganti.

7.3. Menggunakan Teknik *SYMPTON-FUNCTION* (Gejala Fungsi)

- **Keyakinan** untuk menentukan dengan baik yang mana gejala dan yang mana fungsi.
- Troubleshooting sistem servo merupakan bagian yang **sangat khusus**.

Dalam perbaikan pesawat TV, gejalanya dapat dilihat pada layar atau didengar pada speaker. Dalam peralatan digital, gejala-gejalanya dapat ditentukan pada hasil akhirnya. Kesulitannya, ketika umpan balik diperhatikan, akan lebih sukar untuk menentukan mana yang gejala dan mana yang rusaknya.

Contoh pertama diilustrasikan oleh gambar 7.7 sebagai tangki pencampur dalam pabrik pembuatan makanan.



Walter, 1983, 257

Gambar 7.7: Kendali Elektronik Untuk Sebuah Tangki Pencampur.

Kerja dari sistem ini adalah sbb:

- Ada dua cairan yang akan dicampur. Setiap cairan datang dari tangki penyimpanan yang berbeda dan dipompa melalui pipa yang berbeda panjang dan diameternya kedalam tangki pencampur.
- Aliran cairan yang melalui pipa dikendalikan pada setiap kasus dengan keran yang dikendalikan oleh motor.
- Jika diinginkan untuk cairan yang sama dalam galon per menit dialirkan pada kedua pipa, output dari pada *flowmeter* 1 harus sama dengan output *flowmeter* 2. Sebuah pembanding sinyal dan bagian kontrol membandingkan kedua tegangan bersamaan untuk aliran dari cairan melalui kedua pipa.

- Jika tegangan dari *flowmeter* (pengukur aliran) menjadi besar, motor servo mendrive penguat yang tersambung kekatup driver motor no.1 akan mengaktifkan motor untuk memutar katup bagian bawah. Jika meter 2 menunjukkan keluaran yang berlebihan, katup yang dikontrol motor 2 akan dimatikan.
- Pengaturan spesifik level sinyal *flowmeter* maksimum dan minimum dilakukan oleh pembagi sinyal. Tanpa batasan, sebuah kenaikan dalam penguatan servo bisa menyebabkan katup yang digerakkan motor no.1 mematikan atau benar-benar menutup. Ketika ini dibandingkan dengan *flowmeter* no.2, penguat servo ini akan mematikan atau menutup katup no.2, dalam waktu singkat kedua katup dapat ditutup secara menyeluruh.
- Porsi pengaturan tegangan referensi elektronik, adalah sama seperti input kontrol kecepatan untuk penguat beda dalam gambar 7.3, untuk mencegah menutup atau pembukaan katup yang berlebihan.

Kerusakan yang terjadi:

Driver motor katub no.1 mempunyai kecenderungan untuk menutup aliran dalam pipa setelah peralatan dioperasikan selama beberapa jam. Motor penggerak katub no.2 bekerja dengan baik.

Langkah-langkah yang dilakukan:

- Kesulitannya yaitu sirkuit yang mengendalikan aliran melalui pipa no.1. Karena kerusakan ini kedua pipa tertutup di ujungnya. Kita tidak bisa memeriksa output dari kedua *flowmeter* sejak tidak

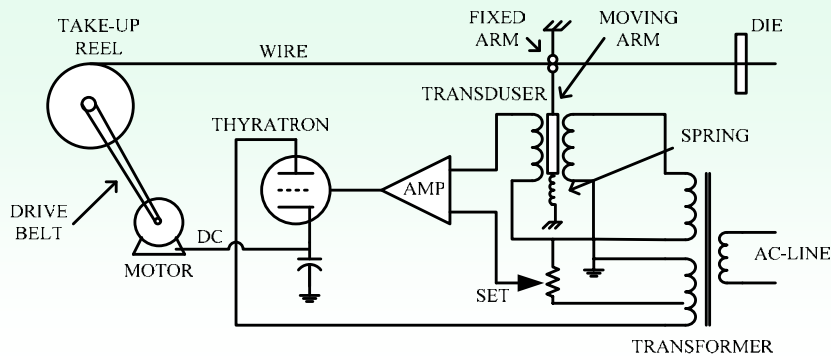
ada yang mengalir melalui pipa.

- Dengan mengaplikasikan fungsi gejala, kita bisa mengurangi kerusakan pada bagian pengendali pipa no.2. Ingatlah bahwa hanya penggerak motor katub no.1 yang memiliki kecenderungan untuk tertutup. Ingat juga bahwa kerusakan ini hanya terlihat setelah peralatan dioperasikan beberapa saat. *Troubleshooter* yang berpengalaman dengan segera mengidentifikasi masalah temperatur. Sebuah kerusakan yang biasanya hanya terlihat setelah periode kerja yang cukup.
- Pemeriksaan visual dari sirkuit pada pembanding sinyal dan alat pengendali, terutama motor servo yang mendrive amplifier, mungkin menyatakan overheat pada resistor atau petunjuk lainnya.
- Dengan memotong, kita bisa menghilangkan *flowmeter* 1 atau *flowmeter* 2 sebagai sumber kerusakan. Keduanya tidak akan panas dan bahkan jika salah satunya panas, hal ini tidak akan menyebabkan motor mendrive katub no.1 dan no.2. Kerusakan pada bagian tersebut akan menyebabkan kerusakan keduanya. Jika pembanding itu sendiri tidak seimbang, maka akan cenderung menutup salah satu valve dan membuka penuh valve lainnya. Kita sudah tahu bahwa motor yang mendrive valve no.2 bekerja dengan baik. Ini tidak terlihat seperti motor mendrive valve dengan sendirinya,

sebuah kombinasi elektro-mekanik gagal dalam hal ini. Dalam berbagai hal, posisi dari valve dikendalikan oleh motor servo yang digerakkan oleh penguat penggerak.

- Yang paling mungkin untuk dicurigai tanpa melakukan test lebih detail lagi yaitu penguat penggerak motor servo ke valve no.1.

Contoh kedua adalah sebuah alat pengendali ketebalan kabel seperti terlihat pada gambar 7.8 yang menunjukkan dalam bentuk skematik sederhana sebuah sistem kontrol ketebalan untuk mesin penarik kabel.



Walter, 1983, 259

Gambar 7.8: Sistem Pengendali Ketebalan Kabel.

Kerja dari sistem ini adalah sbb:

- Kabel ditarik melalui *die* menggunakan penggulung yang digerakkan oleh sebuah motor. Torsi dari motor ini dikendalikan oleh tegangan DC yang diperoleh melalui *thyatron rectifier* dari tegangan AC.
- Alat ukur ketebalan untuk mengukur kabel, timbul dari *die* yaitu diferensial transformator transduser dengan daya yang sama 60 Hz tegangan AC yang diberikan ke plat thyatron. Amplitudo output AC dari transduser berbanding lurus dengan ketebalan kabel. Transduser *drive* amplifier sehingga melengkapi tegangan tembak pada thyatron.
- Jika kabelnya terlalu tebal, *moving arm* (lengan bergerak) dari transduser menarik inti besi menuju transformator, dan ini meningkatkan tegangan kontrol yang diberikan ke amplifier. Akibatnya ini meningkatkan tegangan kontrol grid dari *thyatron* dan juga jumlah tegangan DC yang diberikan ke motor, sehingga motor bisa memutar gulungan lebih cepat, dan ini membuat kabel lebih tipis.
- Sinyal referensi yang masuk ke kontrol amplifier adalah untuk men-set ketebalan kabel yang diinginkan.

Langkah-langkah yang dilakukan:

- Bagaimanapun, sistem tidak mengendalikan ketebalan kabel. Dapat disimpulkan bahwa thyatron dan kontrol amplifier harus bekerja dengan baik, ketika setting referensi mengubah kecepatan motor. Walau transduser kurang baik ataupun transduser tidak mendapat sinyal dari transformator.

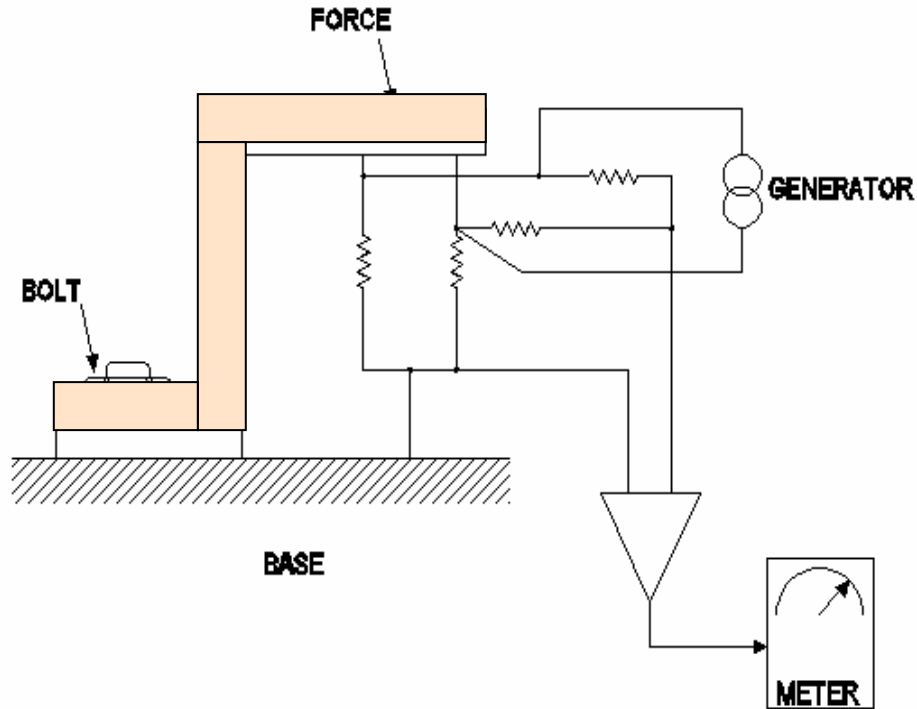
- Kita tahu bahwa kerusakan mekanik lebih mudah daripada kerusakan elektronik, jadi yang pertama kita lihat yaitu *fix arm* dan *moving arm* dari transduser itu sendiri. *Moving arm* harus dapat bergerak bebas.
- Kenyataannya, kumpulan debu tampak pada batang *moving arm* sehingga hanya bisa digerakkan dengan tenaga yang cukup kuat (dengan obeng). Per yang berfungsi untuk mendorong *moving arm* ke atas mungkin telah kehilangan kekuatannya. Dalam keadaan tertentu, membersihkan batang *moving arm* dan mengganti per dapat menyelesaikan masalah ini tanpa pekerjaan elektronik sama sekali.

7.4. Pembatasan **SIGNAL- TRACING**

- Metoda *Signal-Tracing* kurang cocok dan tak dianjurkan diterapkan pada sistem servo loop tertutup karena akan menjadi rumit / lambat / kaku pemeriksaannya dan harus tahu betul diagram rangkaiannya.
- Harus tersedia peralatan ukur yang presisi karena harus dapat untuk mengukur bermacam-macam level tegangan dari yang sangat kecil (output transduser) sampai yang besar (output penguat) serta tak membebani rangkaian tersebut.
- Harus tersedia manual sistem tersebut serta data book dari komponen yang digunakan untuk melihat data input / output sebuah komponen.
- Lebih cocok untuk sistem loop terbuka, sistem digital, TV, HIFI dll. yang perubahan sinyalnya sederhana.

7.5. Menggunakan Teknik Resistansi Tegangan

- Jarang digunakan di dalam perbaikan instrumentasi dan kendali industri. Walaupun sudah diketahui bagian dari peralatan, bagaimanapun juga tidak boleh mengukur tegangan dan resistansi tanpa mempunyai *data book* yang sangat rinci dari pabrik, karena sistem kendali industri selalu memperlakukan tingkatan daya yang berubah-ubah. Ini berarti pengukuran tegangan hanya boleh ditampilkan dengan instrument yang berbeda.
- Sebelum memulai pengukuran, perhatikan secara seksama data manufakturnya untuk kondisi dimana seharusnya pengukuran dimulai.
- Pertimbangan terpenting yang lainnya adalah impedansi peralatan. Jika sudah ditetapkan pada data manufaktur, yakinkan bahwa meter mengikuti data yang ada pada data manufaktur untuk tidak makin membebani peralatan tersebut.
- Kebanyakan transduser mempunyai impedansi yang rendah, tetapi ketika impedansi tinggi output menggunakan meter yang salah dapat mengurangi beban sirkuit. Hati-hati terhadap transduser yang menggunakan **bridge**, jika anda menghubungkan meter yang impedansinya rendah pada **bridge**, maka sistem menjadi tidak stabil dan menghasilkan pembacaan yang salah (gambar 7.9)



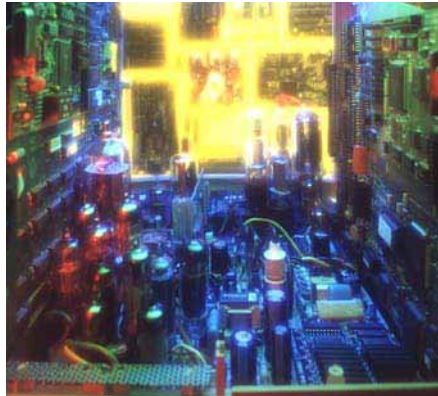
Walter, 1983, 262

Gambar 7.9: *Strain Gauge Bridge*.

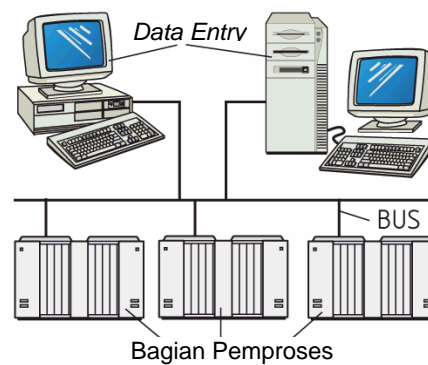
- Pengetesan *bridge* ini secara sederhana dengan mengukur resistansi DC pada setiap kaki biasanya bernilai 100 Ohm. Ketika bebannya maksimum maka akan ada penurunan kecil (2-3 Ohm) pada bridge dan ini akan sulit dideteksi oleh Ohmmeter, maka dengan menggunakan penguatan ***differential amplifier*** dalam keadaan tanpa beban dan beban penuh perbedaan sinyal output akan menunjukkan apakah ***bridge*** bekerja dengan baik atau tidak.
- Memang dalam teknik Resistansi-Tegangan tak banyak menggunakan peralatan ukur, hanya cukup sebuah multimeter saja. Tetapi disini harus dipilih sebuah multimeter yang sesuai dengan yang diinginkan.
- Penggunaan lain pada kendali industri adalah tegangan dan penguat daya. Intinya, sebenarnya ini sama jenisnya dengan penguat AC yang ditemukan pada penguat audio dan peralatan Hi-Fi. Untuk itu, maka saat ditemukan rangkaian kendali industri yang berisi penguat tegangan atau penguat daya, maka ketika dicoba dicari kerusakannya maka lakukan langkah-langkah seperti yang sudah dibahas pada Bab 6 pada buku ini.

7.6. Mencari Kerusakan Komponen

- Jika peralatan menggunakan penguat tabung (gambar 7.10), maka mengganti tabung satu persatu, merupakan langkah-langkah yang patut dilakukan, karena pada beberapa tabung elektron, pengetes tabung / *tube tester* tidak dapat digunakan.
- Beberapa dari tabung ini cukup mahal dan jika diganti dengan yang baru, kerusakan sirkuit atau rangkaian dapat menyebabkan tabung itu rusak lagi. Sebelum mengambil resiko, pertama-tama harus mengukur tegangan, setidaknya pada elemen pengendali pada tabung.
- Dalam sistem kendali industri, rangkaian elektroniknya dapat disambungkan pada modul PC (gambar 7.11) dan kemudian memungkinkan menggantikan seluruh modul. Karena peralatannya mahal, kebanyakan pabrik yang menggunakan kontrol elektronik juga menyimpan suku cadang termasuk *supply* dan modul PC.
- Sambungan-sambungan (soket) gambar 7.12 suku cadang sangat berguna untuk *troubleshooting*. Relay khususnya, sering disambungkan dengan soket, sehingga kapanpun dicurigai bahwa relay mengalami kerusakan, maka tinggal menggantinya.
- Jika tidak satupun bagian elektronik mengalami kegagalan, maka teslah kabel dan konektor dengan ohmmeter.
- Transformer lebih sering mengalami kegagalan dalam perala-



Gambar 7.10: Peralatan Dengan Tabung.



Gambar 7.11: Sistem Komputerisasi.



Gambar 7.12. Macam-Macam Soket.

tan industri. Pastikan untuk mengecek lapisan, kabel dan isolasi atau daerah sekitar transformer.

7.7 Masalah Utama yang Ditemukan Dalam Kontrol

- Dalam sistem penyeimbang elektronik, *strain gauge* paling sering mengalami kegagalan.
- Dalam pabrik kimia, khususnya yang menggunakan bahan kimia yang dapat menyebabkan korosi / karat, maka kegagalan yang sering muncul adalah perkaratan pada komponen elektronik, koneksi, grounding.
- Dalam peralatan peredam panas, menggunakan tabung daya untuk membangkitkan energi yang dibutuhkan. Tabung ini memiliki keterbatasan umur sehingga menjadi sumber masalah yang sering muncul.
- Transduser mekanik lebih cenderung mengalami kegagalan daripada transduser photoelektrik. Kerusakan transduser temperatur relative jarang.
- Pada aktuator solenoid lebih sering gagal daripada motor, dan keduanya baik aktuator pneumatik maupun aktuator hidrolik sering mengalami kerusakan pada katubnya tapi bukan pada bagian solenoid. Kapanpun relay digunakan sering menjadi sumber masalah, karena relay mengendalikan arus yang lebih besar pada industri.
- Kerusakan mekanis lebih sering terjadi daripada kerusakan elektronik, karena getaran mekanik, gesekan, perkaratan, pengikisan,



Gambar 7.13: Contoh Sistem Kontrol di Industri.

debu, hilangnya tekanan per dan efek lainnya yang merusaknya.

7.8. Metoda Terakhir Untuk **TROUBLE-SHOOTING** Kontrol Industri

- Catatlah, semua bagian yang telah diganti, semua perubahan yang telah dilakukan, dan semua pengukuran yang telah dikerjakan.
- Lihatlah terlebih dahulu *manufacturer's manual* dengan teliti, lihatlah diagram blok yang asli, perhatikan lagi tiap fungsi dari peralatan, dan lihatlah bagaimana hubungannya dengan peralatan saat ini.
- Menyadari adanya kemungkinan bahwa salah satu modul pengganti adalah rusak juga, maka gantilah kembali setiap part pengganti dengan part sebenarnya, satu demi satu. Setelah semua dipasang, lakukan pengecekan kembali pada sistem apakah kerusakan masih ada atau pergantian part telah memperbaikinya.
- Dengan menggunakan manual book yang benar, buatlah pemeriksaan visual pada tiap bagian sirkuit pada tiap bagian dari peralatan (gambar 7.16). Lalu, periksalah apakah hasil test pada peralatan sama dengan spesifikasi yang ditunjukkan oleh *manual hand book*. Dengan test yang tepat, lihatlah apakah anda bisa menyamakan tiap tegangan dan nilai pengukuran yang ditunjukkan oleh *manual book*.



Gambar 7.14: Mencatat Apa Yang Telah Diganti.



Gambar 7.15: Gunakan *Manual Book* Yang Benar.



Gambar 7.16: Tes kondisi alat.

- Cobalah untuk mengatur kondisi *test-load* dan periksalah hasilnya kembali terhadap nilai pada buku manual. Jika peralatan beroperasi dibawah kondisi *test-load*, pastikan kondisi *full-load* berada di bawah kondisi yang sebenarnya juga.
- Ceklah kembali hubungan mekanik (gambar 7.17). Batang berputar dapat bergerak bebas saat tidak ada beban atau pada kecepatan rendah, tapi mungkin mengalami gesekan saat terdapat beban atau saat berputar pada kecepatan tinggi. Ingat kerusakan mekanik lebih mudah terjadi dari pada kerusakan elektronik.
- Periksalah tegangan *power supply* saat seluruh alat bekerja, seharusnya tak ada penurunan tegangan. Untuk sumber tegangan 117 Volt AC, batas terendah biasanya 105 volt dimana peralatan dapat bekerja pada tingkat ini. Unjuk kerjanya kurang baik dan kontrol akurasinya mungkin hilang karena tegangan referensinya tidak dikalibrasi.
- Mengidentifikasi setidaknya pada bagian mana kerusakan terjadi dan cobalah untuk mengisolasi komponen-komponen tersebut yang bisa menyebabkan komponen lainnya tidak bisa bekerja dengan baik (gambar 7.18).
- Mungkin kita perlu mengukur beberapa komponen seperti resistor dan kapasitor, dan memastikan bahwa nilainya masih tepat pada rangkaian-rangkaian penentu / teliti.
- Tidak peduli sesulit apapun sebuah pekerjaan *trouble shooting*, ingat bahwa peralatan sebelumnya bekerja dengan baik dan karena itu harus dapat diperbaiki. Jika seseorang dapat membuat peralatan tersebut bekerja, maka anda bisa membuatnya bekerja kembali.



Gambar 7.17: Pengecekan Ulang dan Pemeriksaan Tegangan Catu.



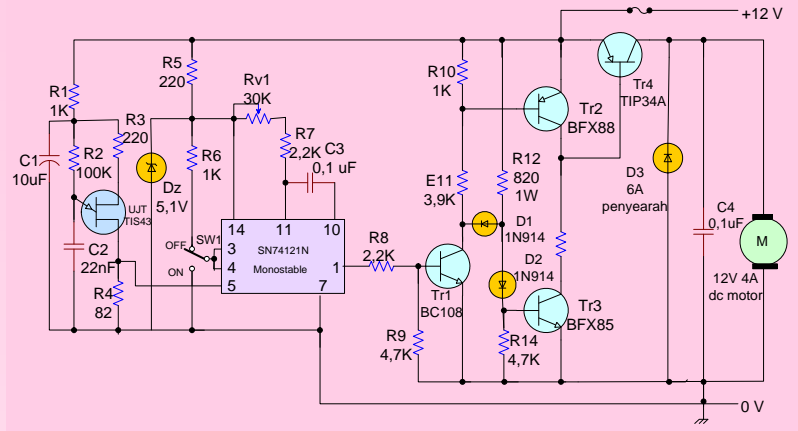
Gambar 7.18: Pengukuran Untuk Identifikasi Kerusakan.



Gambar 7.19: Bekerjalah Dengan Teliti.

7.9. Contoh Kasus.

Sebagai contoh sebuah pengendali dengan sistem *open loop* diberikan pada gambar 7.20, merupakan rangkaian pengendali kecepatan motor DC.



Gambar 7.20: Pengendali Kecepatan Motor DC

Mengapa harus rangkaian elektronika untuk pengendalian kecepatan motor ini ? Mengapa tidak hanya menggunakan sebuah potensiometer saja untuk mengendalikan kecepatan motor dengan cara merubah tegangan yang masuk ke motor?

Tentunya ada argumentasi yang sangat mendasar dan penting untuk diketahui mengapa tidak menggunakan sebuah potensiometer saja untuk mengatur kecepatan sebuah motor dc, yaitu:

- Karena jika menggunakan potensiometer maka saat putaran lambat (dengan menurunkan tegangannya) motor akan kehilangan dayanya, sehingga kalau diberi beban akan berhenti.
- Juga banyak daya yang hilang pada potensio tersebut walau saat putarannya lambat sekalipun.
- Untuk itu maka perlu rangkaian elektronika, selain itu saat ini sebagian besar pengendalian di industri menggunakan rangkaian elektronika karena mempermudah semua pekerjaan di industri.

Cara kerja rangkaian di atas adalah:

- Pengendalian kecepatan motor rangkaian di atas dengan menggunakan rangkaian saklar elektronik PWM (*Pulse Width Modulation*), yang pada prinsipnya saklar diseri dengan motor. Jika kecepatan putaran motor ingin rendah maka saklar hanya hidup sebentar kemudian mati secara berulang ulang (lebih panjang waktu matinya dari pada waktu hidupnya) sehingga kecepatan putaran motor menjadi pelan tetapi pemberian tegangannya tak diturunkan sama sekali sehingga tenaga motor tetap ada. Dan jika kecepatan motor ingin tinggi maka saklar elektronik ini akan lebih lama hidupnya dari pada matinya sehingga motor berputar lebih cepat lagi.

- ◆ **Rangkaian UJT** didapat sebagai **rangkaian osilator** yang menghasilkan pulsa positif dengan frekuensi 400 Hz dan ini sebagai masukan kerangkaian berikutnya.
- ◆ Rangkaian berikutnya adalah **rangkaian monostabil** dengan menggunakan **IC digital 74121**, yang boleh dikata cukup stabil untuk menghasilkan pulsa keluaran pada pin 1 (keluaran \bar{O} dari IC). Lebar pulsa bagian negatif dari monostabil ini dapat diatur oleh potensiometer Rv1. Lebar pulsanya dapat diatur dari 0,1 ms sampai kira-kira 2 ms, jika Rv1 diputar searah jarum jam. Operasi monostabil ini dapat dicegah dengan membuat pin 3 dan 4 IC tersebut diberi logik 1, dengan cara SW1 di *off* kan sehingga keluaran monostabil itu bertahan pada kondisi tinggi (motor berhenti berputar). SW1 ini sebagai kontrol *ON-OFF* dari motor.
- ◆ Pulsa dari monostabil diberikan ke **rangkaian driver**, yang terdiri dari tiga buah transistor yaitu **Tr1, Tr2 dan Tr3**. Tujuan dari rangkaian *driver* ini adalah untuk memastikan bahwa Tr4 disaklar secara cepat antara dua keadaan yang mungkin baik pada kondisi *on* penuh (saturasi) atau *off* penuh (*cut off*). Ini sangat perlu sehingga disipasi daya saat mensaklaran terjadi dijaga tetap rendah. Ketika keluaran monostabil tinggi, Tr1 konduk dan kolektornya akan rendah. Dalam kondisi ini Tr3 tetap mati karena pemberian arus basisnya dihindari melalui D1 sampai kolektor Tr1. Pada waktu yang sama Tr2 konduk, untuk memastikan Tr4 tetap mati dengan basisnya dihubungkan ke emiternya melalui Tr2.

Ketika keluaran monostabil rendah, Tr1 menjadi mati dan mematikan Tr2 juga. Sedangkan Tr3 sekarang menjadi konduk dengan arus basis didapat dari R12 dan ini membuat Tr4 disaklar konduk penuh dengan arus basis didapat dari R13.

- ◆ Bagian akhir adalah saklar daya, yaitu sebuah transistor Tr4 seperti diterangkan diatas. Saat Tr4 konduk penuh motor hampir menerima tegangan +12 V sedangkan arus yang lewat tergantung besar kecilnya perioda pulsa. Pada sisi naik / turun dari pulsa, Tr4 mati tetapi D3 konduk, hal ini untuk membatasi adanya perubahan arus transient terhadap motor.

Dari keterangan cara kerja diatas, tentunya didapat beberapa hal yang harus diperhatikan, sehingga saat ada suatu kasus kerusakan segera dapat ditangani karena sudah diketahui betul bagian mana yang rusak. Itulah yang dikehendaki setiap para teknisi saat menghadapi suatu kasus kerusakan segera mengetahui penyebab kerusakannya dan segera menentukan daerah mana yang tak beres serta menemukan komponen mana yang rusak untuk diperbaiki. Untuk itu tentunya teknisi harus lebih dahulu mengetahui rangkaian yang akan diperbaikinya sehingga dengan mudah ditemukan penyebabnya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dari rangkaian di atas adalah :

- Kapan saja monostabil membuat motor berputar atau berhenti ? Motor berputar jika SW1 posisi on, potensiometer diputar searah jarum jam (akan makin cepat), dan keluaran dari monostabil saat rendah (logik 0). Sedangkan sebaliknya motor berhenti berputar saat SW1 off, potensiometer pada kondisi minimum (berlawanan dengan arah jarum jam), dan keluaran monostabil tinggi (logik 1).
- Transistor-transistor mana saja yang bekerja (konduktif) saat motor berputar dan sebaliknya ? Saat motor berputar maka transistor yang konduktif adalah Tr3 dan Tr4, sedangkan kondisi Tr1 dan Tr2 adalah mati (*cut off*).
- Ingat Tr1 dan Tr3 adalah transistor jenis NPN sedangkan transistor Tr2 dan Tr4 adalah jenis PNP, yang saat konduktifnya membutuhkan masukan pada basis yang berbeda (lihat Bab 4).
- Keluaran UJT adalah sebuah pulsa 400Hz yang merupakan rangkaian osilator.

Karena pada rangkaian ini keluarannya berupa putaran kecepatan motor, tentunya kasus yang didapat dilapangan hanya yang berhubungan dengan motor tersebut dan itu hanya ada tiga saja, yaitu:

- a) Motor berputar dengan kecepatan maksimum dan tak dapat dikendalikan.
- b) Motor tak berputar sama sekali untuk semua keadaan.
- c) Motor berputar lambat dan tak dapat dikendalikan.

Untuk **kasus a** dapat dijelaskan demikian:

- Tes paling cepat adalah bagian monostabilnya terlebih dahulu. Posisikan SW1 pada kondisi *off*, seharusnya putaran motor berhenti tetapi ternyata tetap berputar maksimum. Maka ukurlah tegangan keluaran dari monostabil tersebut, kalau tak rusak monostabil tersebut maka tegangan keluarannya akan tinggi (di atas 2 Volt), jika di bawah 2 Volt berarti rangkaian monostabil ini rusak. Jika rendah kerusakan yang mungkin: Potensio terbuka, atau R5 terbuka, atau Dz1 hubung singkat, atau R7 terbuka.
- Langkah berikutnya adalah mengecek bagian drivernya, yaitu kolektor dari Tr3, seharusnya tegangan dititik ini adalah 12 Volt saat SW1 *off*. Jika tidak 12 Volt, biasanya kalau rusak pasti tegangan disini sangat kecil, tapi bila terukur besar (12 Volt) berarti Tr3 tak bermasalah.
- Langkah terakhir adalah pengecekan transistor saklar daya (Tr4), yang otomatis pasti inilah yang menjadi masalahnya, dan biasanya kerusakannya adalah hubung singkat antara emiter dan kolektor pada Tr4. Memang transistor akhir adalah transistor yang paling rawan untuk rusak, karena kerja dari transistor ini hampir selalu maksimum terus sehingga selalu panas. Jadi memang harus menggunakan pendingin pada Tr4 tersebut.
- Sedang rangkaian UJT tidak perlu kita lihat, karena begitu Tr4 diganti dan putaran bisa diatur berarti osilator bagus.

Untuk **kasus b** dapat dijelaskan sebagai berikut:

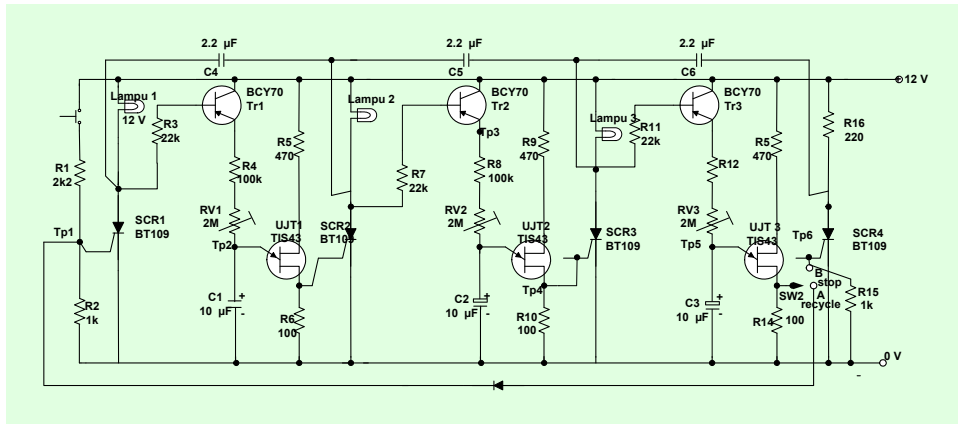
- Disini walau sudah dionkan SW1 tetap tak berputar, jadi cukup banyak yang harus dicek bila tidak tahu cara tercepatnya, yaitu dengan mengecek satu persatu dari bagian rangkaian yang ada. Disinilah dibutuhkan pengalaman seorang teknisi. Jika setelah dilihat sekring ternyata tak putus, barulah digunakan cara cepatnya, yaitu dengan sistem pemisahan tengah (*half splitting*) seperti yang diterangkan pada Bab 2 walau bagiannya tak banyak tapi cara ini sangat cocok dilakukan untuk kondisi yang satu ini.
- Caranya isolasilah setengah dari sistem ini, yaitu hubung singkatlah sebentar antara basis dan emitter dari Tr1. Maka otomatis Tr2 tak bekerja dan mengakibatkan Tr3 dan Tr4 konduk yang menyebabkan motor akan berputar maksimum. Kalau ini terjadi maka rangkaian driver dan saklar daya tak ada masalah. Jadi tinggal pengecekan rangkaian osilator dan monostabil.
- Pengecekan monostabil sama seperti pada kasus a, tapi lebih baik dilakukan pengecekan rangkaian osilator terlebih dahulu. Dengan menggunakan osiloskop bisa dicek keluaran dari osilator tersebut, jika menghasilkan pulsa 400 Hz berarti rangkaian ini bekerja, tapi bila tidak, biasanya UJT nya rusak.
- Tentunya seandainya osilator bekerja, pastilah bagian monostabil ada yang tak beres.

Dan biasanya yang jadi masalah adalah IC monostabil itu sendiri (74121).

Untuk **kasus c** dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Disini motor berputar pelan walau potensio sudah maksimum tetapi tetap ada perubahan sedikit, tapi jika SW1 dioffkan maka putaran motor berhenti. Itu berarti rangkaian bagian *driver* dan saklar daya tidak ada masalah, karena masih bisa meneruskan pulsa yang keluar dari monostabil. Terlihat saat SW1 dioffkan putaran berhenti.
- Jadi yang dicurigai rusak adalah bagian monostabil atau osilatornya. Tapi karena potensio masih berfungsi berarti rangkaian monostabil bekerja dengan normal.
- Tentunya tinggal satu lagi yaitu rangkaian osilator. Tapi disini rusaknya tak berarti tak bekerja sama sekali. Rangkaian osilatornya berubah frekuensinya menjadi rendah. Berarti komponen aktifnya tak ada masalah, yang masalah adalah komponen pasifnya yang dapat merubah frekuensi. Penentu besarnya frekuensi adalah R2 dan C2. Kemungkinan terbesar adalah R2 berubah membesar dan kemungkinan berikutnya baru kapasitor berubah membesar, tapi untuk kapasitor berubah harga sangat jarang terjadi.

Contoh kasus berikutnya adalah rangkaian *sequential control unit*, seperti gambar di bawah ini:



Gambar 7.21: Rangkaian *Sequential Control Unit*

Didalam banyak proses pengendali diindustri banyak situasi kerja rangkaian yang menginginkan kerja bagian satu dengan yang lainnya secara berurutan, dan masing-masingnya dapat diatur waktunya sendiri. Contohnya: dalam industri diinginkan kerja secara berurutan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

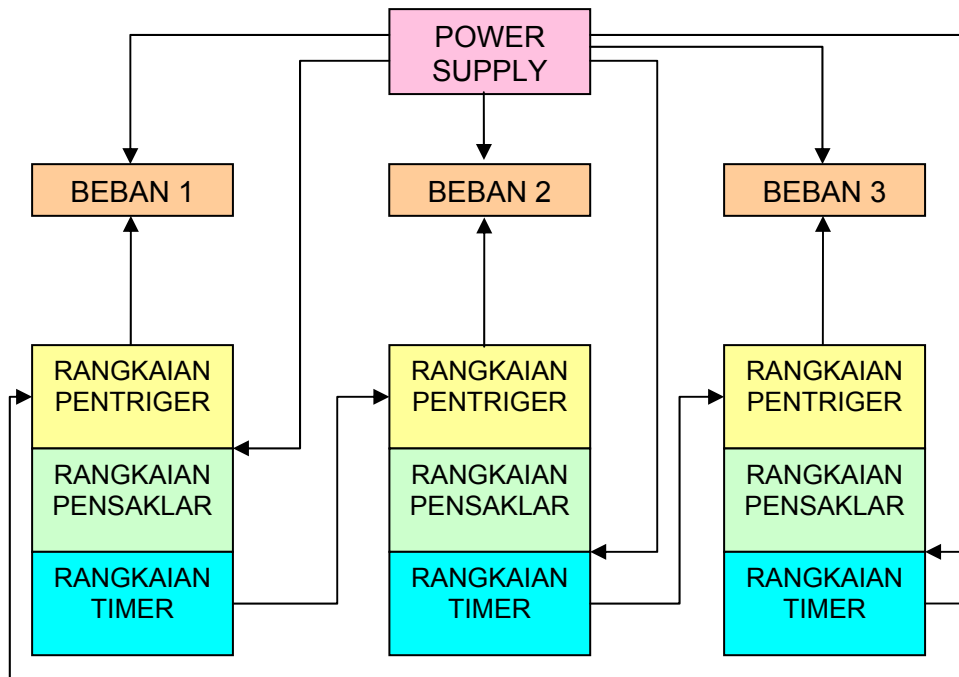
- Beban 1: operasikan putaran motor untuk sabuk (*belt*) selama 5 detik, untuk menggerakkan benda kerja keposisinya.
- Beban 2: semprotkan cat kebenda selama 2 detik.
- Beban 3: panaskan benda kerja selama 10 detik. Kemudian stop atau kembalikeproses awal.

Rangkaian di atas dapat melakukan itu semua, artinya rangkaian ini dapat mengerjakan beberapa jenis pekerjaan secara bergantian. Bergantian dalam hal ini berarti beban yang ada akan aktif satu demi satu, dan waktunya dapat ditentukan sendiri-sendiri.

Cara kerja rangkaian ini adalah sebagai berikut:

Dari Gambar 7.21 dapat dibuat blok-blok untuk masing-masing kegunaan komponen seperti Gambar 7.22. Dimana Untuk rangkaian switching digunakan komponen SCR, Untuk rangkaian pentrigger digunakan transistor dan rangkaian timer menggunakan UJT dengan pengaturan delay dari perkalian antara C dan R.

Pada rangkaian bila tombol start ditekan maka akan ada tegangan yang masuk pada gate dari SCR 1, yang berfungsi sebagai saklar untuk mengaktifkan beban 1 (dalam hal ini diwakili oleh lampu 1 yang menyala). Setelah tegangan pada anoda SCR 1 naik menjadi kurang lebih 0,7 Volt, maka SCR tersebut akan membuat transistor Tr1 dibias maju. Transistor tersebut akan mengisi kapasitor C1 yang akan digunakan sebagai pembanding untuk menentukan delay bersama dengan resistor R4 dan Rv1. Pada saat tegangan yang melalui kapasitor sama dengan tegangan

Gambar 7.22: Diagram Blok Sistem *Sequential Control Unit*

trigger emiter pada UJT 1, maka UJT tersebut akan bekerja dan akan memberikan tegangan pada gate SCR 2. Dengan adanya tegangan pada gate SCR 2 maka beban kedua (Lampu 2) akan aktif dan bersamaan dengan itu kapasitor C4 akan memberikan arus mundur yang dapat mematikan SCR 1 sehingga beban 1 akan mati. Prinsip kerja di atas berlangsung secara terus-menerus sampai beban terakhir. Jika diinginkan beban 1 bekerja lagi, maka tempatkanlah SW2 pada posisi A, yaitu posisi untuk memberikan umpan balik tegangan pada gate SCR 1, sehingga beban 1 akan aktif kembali. Jika saklar SW 2 pada posisi B maka setelah beban 3 (lampu 3) mati system akan berhenti bekerja, dan akan bekerja lagi bila tombol start ditekan. Untuk pengaturan waktu

bekerjanya masing-masing beban dilakukan oleh RV 1 sampai dengan RV 3.

Ada tiga Kasus umum yang sering terjadi adalah:

- Saat tombol start ditekan maka beban 1 dan beban 2 bekerja normal, tapi selesai beban 2 bekerja rangkaian langsung berhenti bekerja, artinya beban 3 tak pernah bekerja, dimanapun SW2 posisinya.

Jawaban kasus: dari cara kerja diatas, pastilah kerusakan yang demikian sangat mudah untuk ditebak daerah manakah rangkaian yang tak bekerja. Yaitu blok 3, yang berhubungan dengan rangkaian waktunya. Jadi komponen yang rusak adalah Rv3 terbuka, C3 hubung singkat, transistor 3 terbuka basis emiternya atau UJT 3 terbuka.

- Beban 2 dan beban 3 akan bersamaan hidupnya saat berakHIRnya beban 1 bekerja, dan akan berhenti bekerja juga secara bersamaan secepatnya (bekerja sebentar).

Jawaban kasus: disini akan sulit untuk diperkirakan kerusakannya kalau belum benar-benar mengu-asai rangkaian di atas. Tapi se-andainya sudah mengerti benar, maka permasalahan ke dua ini sangat mudah dideteksi komponen mana yang rusak, karena hanya satu kemungkinan kerusakan yang menyebabkan hal seperti di atas, yaitu C5 hubung singkat. Karena C5 hubung sing-

kat maka konduk atau offnya Tr2 dan Tr3 pasti selalu bersamaan.

- Saat di onkan catu daya, langsung beban 3 bekerja terus, yang lainnya mati.

Jawaban kasus: untuk kerusakan yang satu ini, karena beban 1 dan beban 2 tak bekerja, maka masalahnya bukan di blok 3 tapi justru di blok 2. Yaitu kerusakan SCR 2 anoda dan katodanya hubung singkat atau UJT 2 antara B1 dan B2 nya hubung singkat. Tentunya kerusakan komponen ini akan menyebabkan beban 3 akan bekerja terus karena SCR 3 akan on terus.

Rangkuman

- Peralatan kontrol industri mempunyai tiga blok penting yaitu input yang biasanya berupa sensor, kendali dan output yang biasanya berupa actuator.
- Sistem servo (sistem yang input dan outputnya dihubungkan oleh fungsi kendali) ada dua sistem yaitu: sistem *open-loop* dan sistem *closed-loop*.
- Pemeriksaan kerusakan dengan cara memeriksa sinyal input dan output itu harus tahu benar sensor yang digunakan dan actuator yang digunakan sehingga tahu hasil sinyal yang benar.
- Teknik gejala fungsi dipergunakan oleh seorang teknisi perbaikan yang sudah berpengalaman.
- Teknik *signal-tracing* lebih cocok untuk sistem lup terbuka.
- Teknik resistansi tegangan jarang digunakan dalam perbaikan sistem kendali di industri karena efek pembebanan dari peralatan ukur yang dapat mengurangi beban rangkaian.
- Masalah-masalah dalam kontrol industri yang paling sering muncul harus benar-benar dikuasai baik pada bagian sensor (*strain gauge* dan mekanik) yang mudah gagal dan actuator solenoid yang lebih cepat gagal dibandingkan dengan motor.
- Mencatat semua gejala yang ada dan mempelajari manual dari kendali tersebut itu akan lebih bijaksana.

Soal latihan Bab 7

1. Buatlah blok diagram peralatan kontrol industri yang kamu ketahui dan terangkan fungsi masing-masing bloknnya.
2. Menurut anda lebih cocok menggunakan motor mana jika digunakan untuk: a. Kipas angin, b. ban berjalan, c. mesin berat.
3. Sebutkan jenis-jenis sensor yang kamu ketahui !
4. Actuator apakah yang berhubungan dengan angin ?
5. Kapan kita dapat menggunakan teknik *signal-tracing* untuk mencari kerusakan rangkaian kendali pada industri ? Mengapa ?
6. Apa berbahayanya menggunakan teknik resistansi tegangan saat kita mencari kerusakan pada kendali industri ?
7. Sebutkan masalah-masalah utama yang sering ditemukan pada kontrol industri !

Tugas Kelompok

Dengan berkelompok masing-masing 4 orang, kerjakanlah kasus kerusakan di bawah ini:

- dengan menyebutkan komponen mana yang rusak, jenis kerusakannya serta alasannya. Perhatikan gambar rangkaian 7.21 pada halaman 7-21, jika SW2 pada posisi A dan saat SW1 di start maka lampu akan berurutan menyala dari 1, 2 dan 3 tapi terus berhenti bekerja seperti seolah-olah SW2 pada posisi B.
- Sekarang analisislah apakah yang akan terjadi bila SCR2 antara anode dan katodenya hubung singkat saat dionkan dan SW1 ditekan?

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

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 Amenity 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
Proferty 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 Repair
Equipment Cost tracking
Repair 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 Inpection 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 Hijanya 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 Mbingungkan	

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

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

4.29	Generator Sinkron 6 Kutub	
4.30	Potongan Arus Putar Rotor	
4.31	Pemberian Daya pada Rotor	
4.32	Pengecekan Motor	
4.33	Rest Lamp	
4.34	Pengujian Ground dengan Meohmeter	
4.35	Pengujian Open Circuit	
4.36	Pengujian Hubung Singkat untuk Stator	
4.37	Pengujian Hubung Singkat untuk Jangkar	
4.38	Pengujian Hubung Singkat untuk Jangkar	
4.39	Prosedur untuk Pengukuran Rugi-rugi Inti	
4.40	Pembongkaran Eksiter dengan Tali Pengikat	
4.41	Pembongkaran Eksiter dengan Alat Khusus	
4.42	Melepas Bearing dengan Pencabut & Pemanas	
5.1	Contoh Bermacam-Macam Peralatan Digital	
5.2	Contoh Rangkaian Rtl	
5.3	Contoh Rangkaian Dtl	
5.4	Contoh Rangkaian Ttl	
5.5	Contoh Rangkaian Ecl	
5.6	Contoh Rangkaian Mos	
5.7	Contoh Rangkaian Iil	
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 Impedasi Input dari Penguat Tegangan Audio	
6.37	Pengukuran Impedasi 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 Berimpedasi 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 (FS)</i>	
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 978-979-060-113-0

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