



Sri Waluyanti



ALAT UKUR DAN TEKNIK PENGUKURAN JILID 3

# Alat Ukur dan Teknik Pengukuran

## JILID 3

untuk  
Sekolah Menengah Kejuruan

untuk SMK

Sri Waluyanti



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

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

# ALAT UKUR DAN TEKNIK PENGUKURAN

## JILID 3

### Untuk SMK

Penulis : Sri Waluyanti  
Djoko Santoso  
Slamet  
Umi Rochayati

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 18,2 x 25,7 cm

WAL WALUYANTI, Sri  
a Alat Ukur dan Teknik Pengukuran Jilid 3 untuk SMK oleh  
Sri Waluyanti, Djoko Santoso, Slamet, Umi Rochayati ---- Jakarta :  
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat  
Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah,  
Departemen Pendidikan Nasional, 2008.  
xvii, 290 hlm  
Daftar Pustaka : Lampiran. A  
Daftar Tabel : Lampiran. B  
Daftar Gambar : Lampiran. C  
Glosarium : Lampiran. D  
ISBN : 978-602-8320-11-5  
ISBN : 978-602-8320-14-6

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 kehadirat 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, pada tahun 2008, telah melaksanakan penulisan pembelian hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui *website* bagi siswa SMK.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 12 tahun 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 di seluruh Indonesia.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional tersebut, 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 ditayangkannya *soft copy* ini akan lebih memudahkan bagi masyarakat untuk mengaksesnya sehingga peserta didik dan pendidik di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Selanjutnya, 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,  
Direktur Pembinaan SMK

## KATA PENGANTAR PENULIS

Pertama-tama penulis panjatkan puji syukur kahadlirat Allah s.w.t. atas segala rahmat dan kuruniaNya hingga penyusunan buku kejuruan SMK Alat Ukur dan Teknik Pengukuran ini dapat terselesaikan.

Buku ini disusun dari tingkat pemahaman dasar besaran listrik, jenis-jenis alat ukur sederhana hingga aplikasi lanjut yang merupakan gabungan antar disiplin ilmu. Untuk alat ukur yang wajib dan banyak digunakan oleh orang yang berkecimpung maupun yang mempunyai ketertarikan bidang elektronika di bahas secara detail, dari pengertian, cara kerja alat, langkah keamanan penggunaan, cara menggunakan, perawatan dan perbaikan sederhana. Sedangkan untuk aplikasi lanjut pembahasan dititik beratkan bagaimana memaknai hasil pengukuran. Penyusunan ini terselesaikan tidak lepas dari dukungan beberapa pihak, dalam kesempatan ini tak lupa kami sampaikan rasa terimakasih kami kepada :

1. Direktur Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Ditjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional yang telah memberi kepercayaan pada kami
2. Kesubdit Pembelajaran Direktorat Pembinaan SMK beserta staff yang telah banyak memberikan bimbingan, pengarahan dan dukungan hingga terselesaikannya penulisan buku.
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta beserta staff yang telah membantu kelancaran administrasi
4. Ketua Jurusan beserta staff Pendidikan Teknik Elektronika FT-UNY atas fasilitas dan dukungannya hingga terselesaikannya tugas ini.
5. Teman-teman sesama penulis buku kejuruan SMK di lingkungan FT-UNY atas kerjasama, motivasi, pengertian dan dukungan kelancaran pelaksanaan.
6. Para teknisi dan staff pengajaran yang memberi kelonggaran penggunaan laboratorium dan kelancaran informasi.
7. Dan orang yang selalu ada di hati dan di samping penulis dengan segala pengertian, dukungan semangat dan motivasi hingga terselesaikannya penyusunan buku ini.

Tak ada yang sempurna kecuali Dia yang memiliki segala puji. Oleh karena itu masukan dan saran penulis harapkan untuk kesempurnaan penulisan ini, atas saran dan masukannya diucapkan banyak terimakasih.

Tim penyusun,

## DAFTAR ISI

<b>BAB</b>		<b>Halaman</b>
KATA PENGANTAR PENULIS		i
<b>1. PENDAHULUAN</b>	<b>JILID 1</b>	<b>1</b>
1.1. Parameter Alat Ukur		1
1.1.1. Sistem Satuan Dalam Pengukuran		3
1.1.2. Satuan Dasar dan Satuan Turunan		3
1.1.3. Sistem-sistem satuan		4
1.1.4. Sistem Satuan Lain		6
1.2. Kesalahan Ukur		6
1.2.1. Kesalahan kesalahan Umum		6
1.2.2. Kesalahan-kesalahan sistematis		8
1.2.3. Kesalahan-kesalahan Tidak Sengaja		9
1.3. Klasifikasi Kelas Meter		9
1.4. Kalibrasi		10
1.4.1. Kalibrasi Ampermeter Arus Searah		10
1.4.2. Kalibrasi Voltmeter Arus Searah		11
1.5. Macam-macam Alat Ukur Penunjuk Listrik		12
1.5.1. Alat Ukur Kumputan putar		13
1.5.2. Alat Ukur Besi Putar		19
1.5.2.1. Tipe Tarikan ( <i>Attraction</i> )		20
1.5.2.2. Tipe Tolakan ( <i>Repulsion</i> )		22
1.5.3. Alat Ukur Elektrodinamis		24
1.5.4. Alat Ukur Elektrostatik		27
1.6. Peraga Hasil Pengukuran		28
1.6.1. Light Emitting Dioda (LED)		28
1.6.2. LED Seven Segmen		30
1.6.3. LCD Polarisasi Cahaya		33
1.6.4. Tabung Sinar Katoda ( <i>Cathode Ray Tube/CRT</i> )		35
1.6.4.1. Susunan Elektroda CRT dan Prinsip Kerja		35
1.6.4.2. Layar CRT		38
1.6.4.3. Gratikulasi		40
<b>2. MULTIMETER</b>		
2.1. Multimeter Dasar		42
2.1.1. Ampermeter Ideal		42
2.1.2. Mengubah Batas Ukur		43
2.1.3. Ampermeter AC		47
2.1.4. Kesalahan Pengukuran		48
2.1.4.1. Kesalahan Paralaks		48
2.1.4.2. Kesalahan Kalibrasi		49
2.1.4.3. Kesalahan Pembebanan		50
2.2. Voltmeter		55
2.2.1. Mengubah Batas Ukur		55
2.2.2. Hambatan Masukkan Voltmeter		58
2.2.3. Kesalahan Pembebanan Voltmeter		59
2.3. Ohmmeter		63
2.3.1. Rangkaian Dasar Ohmmeter Seri		63
2.3.2. Ohmmeter Paralel		66
2.4. Multimeter Elektronik Analog		67
2.4.1. Kelebihan Multimeter Elektronik		67

2.4.2..	Konstruksi Multimeter Analog	69
2.4.3.	Multimeter Elektronik Fungsi Tegangan DC	69
2.4.4.	Multimeter Elektronik Fungsi Tegangan AC	70
2.4.5.	Multimeter Elektronik Fungsi Ohm	71
2.4.6.	Parameter Multimeter Elektronik Analog	72
2.4.6.1.	Spesifikasi dan Parameter Multimeter Elektronik	72
2.4.6.1.1.	Spesifikasi Umum	72
2.4.6.1.2.	Range Pengukuran dan Akurasi	72
2.4.6.2.	Langkah Keselamatan Alat	73
2.4.7.	Prosedur Pengoperasian	74
2.4.7.1.	Persiapan Pengukuran	74
2.4.7.2.	Panel Depan dan Fungsi Multimeter	75
2.4.7.3.	Pengukuran Tegangan	78
2.4.7.3.1.	Pengukuran Tegangan DC	78
2.4.7.3.2.	Pengukuran Tegangan AC	80
2.4.7.4.	Kalibrasi Voltmeter	81
2.4.7.4.1.	Kalibrasi Uji Kelayakan Meter	82
2.4.7.4.2.	Harga Koreksi Relatif dan Kesalahan Relatif	84
2.4.7.5.	Pengukuran Arus DC	85
2.4.7.5.1.	Kalibrasi Arus	87
2.4.7.5.2.	Harga Koreksi Relatif dan kesalahan relatif	89
2.4.8.	Pengukuran Tahanan	90
2.4.9.	Pengukuran Keluaran Penguat Audio Frekuensi (dB)	94
2.4.10.	Pengukuran Arus Bocor (ICEO) transistor	95
2.4.11.	Pengukuran Dioda ( termasuk LED)	96
2.4.12.	Pengukuran Kapasitor	98
2.4.12.	Pengetesan Komponen	99
2.4.13.1.	Pengetesan Dioda	99
2.4.13.2.	Pengetesan Transistor	102
2.4.13.3.	Pengetesan SCR	104
2.4.14.	Perawatan	106
2.4.14.1.	Mengganti Sekering	106
2.4.14.2.	Perawatan Penyimpanan Meter	107
2.4.15.	Perbaikan	107
2.5.	Multimeter Elektronik Digital	109
2.5.1.	Bagian-bagian Multimeter Digital	109
2.5.2.	Spesifikasi Digital Multimeter	112
2.5.3.	Prinsip Dasar Pengukuran	115
2.5.3.1.	Voltmeter	115
2.5.3.2.	Ohmmeter	117
2.5.3.3.	Pengukuran Frekuensi	117
2.5.3.4.	Pengukuran Periode dan Interval Waktu	118
2.5.3.5.	Kapasitansimeter	120
2.5.4.	Petunjuk Pengoperasian	122
2.554.	Mengatasi Gangguan Kerusakan	123
<b>3.</b>	<b>LCR METER</b>	
3.1.	Prinsip Dasar Pengukuran Komponen LCR	126
3.1.1.	Prinsip pengukuran Resistansi	126
3.1.1.2.	Jembatan Kelvin	128
3.1.1.3.	Jembatan Ganda Kelvin	130
3.1.2.	Prinsip Dasar Pengukuran L	132
1.2.	LCR meter model 740	140

3.2.1	Spesifikasi LCR meter	140
3.2.2.	Pengoperasian	143
3.3.	Pembacaan Nilai Pengukuran	145
3.3.1.	Pengukuran Resistansi	146
3.3.2.	Pengukuran Kapasitansi	149
3.3.3.	Pengukuran Induktansi	153
3.4.	Pengukuran Resistansi DC Dengan Sumber Luar	156
3.5.	Pengukuran resistansi DC	158

## JILID 2

### 4. PENGUKURAN DAYA

4.1.	Pengukuran Daya Rangkaian DC	160
4.2.	Pengukuran Daya Rangkaian AC	162
4.2.1	Metoda tiga Voltmeter dan metode tiga Ampermeter	163
4.3.	Wattmeter	164
4.3.1.	Wattmeter satu fasa	164
4.3.2.	Wattmeter tiga fasa	166
4.3.3.	Pengukuran Daya Reaktif	168
4.3.4.	Konstruksi dan Cara Kerja Wattmeter	168
4.3.4.1.	Wattmeter tipe elektrodinamometer	168
4.3.4.2.	Wattmeter tipe induksi	169
4.3.4.3.	Wattmeter tipe thermokopel	170
4.3.4.4.	Prinsip Kerja Wattmeter Elektrodinamometer	171
4.3.5.	Spesifikasi Alat	175
4.3.6.	Karakteristik	175
4.3.7.	Prosedur Pengoperasian	175
4.3.7.1.	Pengukuran daya DC atau AC satu fasa	175
4.3.7.2.	Pengukuran daya satu fasa jika arus melebihi nilai perkiraan	176
4.3.7.3.	Pengukuran daya satu fasa jika tegangan melebihi nilai perkiraan	176
4.3.7.4.	Pengukuran daya satu fasa jika tegangan dan arus melebihi nilai perkiraan	177
4.3.7.5.	Pengukuran daya tiga fasa (metode dua watt meter)	177
4.3.7.6.	Pengukuran daya tiga fase jika tegangan dan arus melebihi nilai perkiraan	178
4.3.8.	Pemilihan Range	179
1.3.9.	Keselamatan Kerja	179
4.3.10.	Error (Kesalahan)	179
4.4.	Error Wattmeter	180
4.5.	Watt Jam meter	183
4.5.1.	Konstruksi dan Cara Kerja Wattjam meter	184
4.5.2.	Pembacaan	186
4.6.	Meter Solid States	187
4.7.	Wattmeter AMR	187
4.8.	Kasus Implementasi Lapangan	188
4.9.	Faktor Daya	191
4.9.1.	Konstruksi	191
4.9.2.	Cara Kerja	192
4.9.3.	Faktor Daya dan Daya	195
4.9.4.	Prosedur Pengoperasian Cos Q meter	198
4.10.	Metode Menentukan Urutan Fasa	200

4.10.1. Kawat Penghantar Tiga Fasa	200
4.10.2. Prinsip Dasar Alat Indikator Urutan Fasa	203
4.10.3. Cara Kerja Alat	203
4.10.4. Prosedur Pengoperasian Alat	206
<b>5. PENGUJI TAHANAN ISOLASI DAN KUAT MEDAN</b>	
5.1.1. Pengujian Tahanan Isolasi	210
5.1.2. Pengukuran Tahanan Isolasi	212
5.2. Tahanan Pentanahan (Earth Ground Resistance)	216
5.2.1. Cara Menguji Sistem Pentanahan	217
5.2.2. Pentanahan dan Fungsinya	217
5.2.3. Nilai Tahanan yang Baik	218
5.2.4. Dasar-dasar Pentanahan	219
5.2.4.1. Komponen elektroda pentanahan	219
5.2.4.2. Hal-hal yang mempengaruhi tahanan tanah	220
5.2.5. Metode Pengetesan Pentanahan Tanah	222
5.2.5.1. Ukuran tahanan tanah	223
5.2.5.2. Cara menghitung tahanan tanah	223
5.2.5.3. Cara mengukur tahanan tanah	224
5.2.6. Metode Pengetesan Pentanahan Tanah	224
5.2.6. 1. Cara kerja uji Drop Tegangan	225
5.2.6. 2. Cara Menempatkan Tiang Pancang	225
5.2.6. 3. Ukuran selektif	226
5.2.7. Metode Pengetesan Pentanahan Tanah Ukuran Tanpa Pancang	227
5.2.7.1. Ukuran impedansi tanah	229
5.2.7.2. Tahanan tanah dua kutub	229
5.2.7.3. Mengukur Tahanan Tanah di Kantor Pusat	230
5.2.8. Aplikasi Tahanan Pentanahan yang Lain	233
5.2.8. 1. Lokasi aplikasi	233
5.2.8. 2. Uji-uji yang direkomendasikan	234
5.3. Pengukuran Medan	235
5.3.1. Field meter Statik :	235
5.3.1.1. Data Teknik	239
5.3.1.1.1. Ukuran Fieldmeter Statik	239
5.3.1.1.2. Letak Pin :	240
5.3.1.2. Metode Pengukuran	240
5.3.1.2.1. Pengaturan Offset	240
5.3.1.2.2. Penghitungan Pengisian Muatan	240
5.3.1.3. Perawatan	241
5.3.1.4. Instruksi Peringatan	241
5.3.2. Field meter Statik Digital	241
5.3.2.1. Diskripsi Instrument	241
5.3.2.2. Fungsi Display	242
5.3.2.3. Prosedur Pengukuran	242
5.3.2.3.1. Set-up	242
5.3.2.3.2. Persiapan Pengukuran	243
5.3.2.4. Data Teknik	243
5.3.3. Smart Field Meter	243
<b>6. PEMBANGKIT SINYAL</b>	
6.1. Fungsi Generator	247
6.1.1. Pendahuluan	247
6.1.2. Konstruksi dan Cara kerja	247

6.1.3. Spesifikasi	249
6.1.4. Prosedur Pengoperasian	250
6.1.4.1. <i>Troubleshooting</i> dengan teknik <i>signal tracing</i>	250
6.1.4.2. <i>Troubleshooting</i> menggunakan teknik sinyal pengganti	251
6.1.5. Penggunaan generator fungsi sebagai bias dan sumber sinyal	252
6.1.5.1. Karakteristik beban lebih pada amplifier	253
6.1.5.2. Pengukuran Respon Frekuensi	253
6.1.5.3. Setting Peralatan Tes	254
6.1.5.4. Peraga Respons Frekuensi	254
6.1.5.5. Pengetesan <i>Tone Control</i> Sistem Audio	255
6.1.4.6. Pengetesan speaker dan rangkaian impedansi	256
6.1.4.7 Keselamatan Kerja	258
6.2. Pembangkit Frekuensi Radio	258
6.2.1. Konstruksi dan Cara Kerja	259
6.2.1.1. Direct Digital Synthesis	259
6.2.1.2. Creating Arbitrary Waveform	262
6.2.1.3. Pembangkit Gelombang	265
6.2.1.4. Generasi Bentuk Gelombang Pulsa	265
6.2.2. Ketidaktepatan Sinyal	266
6.2.2.1. Cacat Harmonis	266
6.2.2.2. Cacat Non-Harmonis	267
6.2.2.3. Pasa Noise	267
6.2.2.4. Kesalahan Kuantisasi	268
6.2.2.5. Pengendali Tegangan Keluaran	268
6.2.3. Pengendali Tegangan Keluaran	270
6.2.3.1. Rangkaian Tertutup Ground	270
6.2.3.2. Atribut Sinyal AC	271
6.2.4. Modulasi	273
6.2.4.1. Modulasi Amplitudo (AM)	274
6.2.4.2. Frequency Modulation (FM)	274
6.2.4.3. Frequency-Shift Keying (FSK)	275
6.2.4.5. Sapuan Frekuensi	276
6.2.4.6. Sinyal Sinkron dan Marker	277
6.2.4.6.1. Burst	277
6.2.4.6.2. Gated Burst	279
6.2.5. Spesifikasi Alat	279
6.2.6. Prosedur Pengoperasian Pengukuran Pulsa noise	280
6.3. Pembangkit Pulsa	282
6.4. Sweep Marker Generator	282
6.4.1. Prosedur Pengoperasian	282
6.4.1.1. Alignment penerima AM	282
6.4.1.2. Alignment penerima Komunikasi FM	284

7.1.	Pengantar	287
7.1.1.	Pemahaman Dasar Sinyal	287
7.1.2.	Pengetahuan dan Pengukuran Bentuk Gelombang	289
7.1.2.1.	Gelombang kotak dan segiempat	291
7.1.2.2.	Gelombang gigigergaji dan segitiga	292
7.1.2.3.	Bentuk Step dan Pulsa	292
7.1.2.4.	Sinyal periodik dan Non periodik	292
7.1.2.5.	Sinyal sinkron dan tak sinkron	292
7.1.2.6.	Gelombang kompleks	293
7.1.3.	Pengukuran Bentuk Gelombang	294
7.1.3.1.	Frekuensi dan Perioda	294
7.1.3.2.	Tegangan	294
7.1.3.3.	Amplitudo	294
7.1.3.4.	Pasa	295
7.1.3.5.	Pergeseran Pasa	295
7.2.	Operasi Dasar CRO	295
7.2.1.	Prinsip Kerja Tabung Sinar Katoda	298
7.2.2.	Sensitivitas Tabung	300
7.3.	Jenis-Jenis Osiloskop	301
7.3.1.	Osiloskop Analog	301
7.3.2.	Jenis- jenis Osiloskop Analog	302
7.3.2.1.	Free Running Oscilloscope	302
7.3.2.2.	Osiloskop sapuan terpicu	303
7.3.2.3.	CRO Dua Kanal	305
7.3.2.4.	CRO Penyimpanan Analog (Storage Oscilloscope)	308
7.4.	Osiloskop Digital	313
7.4.1.	Prinsip Kerja CRO Digital	313

7.4.2. Metoda Pengambilan Sampel	314
7.4.3. Pengambilan Sampel <i>Real-Time</i> dengan Interpolasi	314
7.4.4. Ekuivalensi Waktu Pengambilan Sampel	316
7.4.5. Osiloskop Penyimpan Digital	316
7.5. Spesifikasi Osiloskop	318
7.5.1. Spesifikasi Umum	318
7.5.2. Mode Peraga Vertikal	318
7.5.3. Perhatian Keamanan	319
7.6. Pengukuran Dengan Osiloskop	319
7.6.1. Pengenalan Panel Depan dan Fungsi	319
7.6.2. Pengukuran Tegangan DC	321
7.6.3. Pengukuran Tegangan AC	323
7.6.4. Pengukuran Frekuensi	326
7.6.4.1. Peralatan yang Dibutuhkan	326
7.6.4.2. Pengukuran Frekuensi Langsung	327
7.6.4.3. Pengukuran Frekuensi Model Lissayous	328
7.6.5. Pengukuran Pasa	329
7.7.1. MSO Sumbu XYZ Aplikasi Pada Pengujian Otomotif	331
7.7.2. Mixed Signal Oscilloscope	331
7.7.3. Osiloskop Digital Pospor (Digital Phospor Oscilloscope / DPO)	331
7.7.4. Arsitektur Pemrosesan Paralel	332
7.7.5. Mudah Penggunaan	335
7.7.6. Probe	336
7.8. Pengoperasian Osiloskop	338
7.8.1. Pengesetan	338
7.8.2. Menggroundkan osiloskop	338

7.8.3. Ground Diri Pengguna	339
7.8.4. Pengaturan Pengendali	339
7.8.5. Penggunaan Probe	339
7.8.6. Pengukuran Tegangan	342
7.8.7. Pengukuran Waktu dan Frekuensi	342
7.8.8. Pengukuran Lebar dan Waktu Naik Pulsa	343
7.8.9. Pengukuran Pergeseran Pasa	344
<b>8. FREKUENSI METER</b>	
8.1. Frekuensi Meter Analog	345
8.1.1. Alat ukur frekuensi jenis batang atau lidah bergetar	345
8.1.2. Alat pengukur frekuensi dari type alat ukur rasio	347
8.1.3. Alat ukur frekuensi besi putar	348
8.2. Frekuensi Meter Digital	349
8.2.1. Prinsip kerja	349
8.2.2. Rangkaian frekuensi meter digital yang disederhanakan	353
8.3. Metode Pengukuran	354
8.3.1. Pengukuran Frekuensi dengan counter	354
8.3.2. Pengukuran Frekuensi System Heterodyne	355
8.3.3. Pengukuran Perioda Dengan <i>Counter</i> Perioda Tunggal	357
8.3.4. Pengukuran Perbandingan atau Perbandingan Ganda	359
8.3.5. Pengukuran Interval Waktu dengan Counter	359
8.3.6. Pengukuran Interval Waktu	360
8.3.7. Totalizer	362
8.4. Kesalahan pengukuran	365
8.4.1. Kesalahan pada "gate"	365
8.4.2. Kesalahan Time Base	366

8.4.3. Kesalahan “Level trigger”.	368
-----------------------------------	-----

JILID 3
---------

## **9. PENGANALISA SPEKTRUM**

9.1. Pengantar dan Sejarah Perkembangan Spektrum Analiser	370
9.1.1. Tantangan Pengukuran Sinyal RF Modern	372
9.1.2. Pertimbangan Pengukuran	372
9.2. Jenis-jenis Penganalisa Spektrum	373
9.2.1. Penganalisa Spektrum tersapu	373
9.2.2. Penganalisa Vektor Sinyal dengan Analisis Modulasi Digital	374
9.2.3. Kunci Konsep Analisis Spektrum Waktu Riil	377
9.3. Dasar Analisa Spektrum Waktu Riil	381
9.3.1. Analisa Multi Ranah Korelasi Waktu	381
9.3.2. Prinsip Kerja Spektrum Analisa Waktu Riil	383
9.3.3. Penganalisa Spektrum Waktu Riil	384
9.3.4. Pengaruh Ranah Frekuensi dan Waktu Terhadap Kecepatan Pencuplikan	388
9.3.5. Pemicuan Waktu Riil	389
9.3.5.1. Sistem Picu dengan Akuisis Digital	390
9.3.5.2. Mode Picu dan Corak	392
9.3.5.3. Sumber-sumber Picu RSA	392
9.3.5.4. Membangun Topeng Frekuensi	394
9.3.5.5. Pewaktuan dan Picu	395
9.3.5.6. Baseband DSP	396
9.3.5.7. Kalibrasi / Normalisasi	396
9.3.5.8. Penyaringan	396

9.3.5.9.	Analisa Transformasi Fast Fourier	397
9.3.5.10.	Modulasi Amplitudo, Frekuensi dan fase	401
9.3.5.11.	Pengukuran Ranah frekuensi	404
9.4.	Aplikasi Dalam Penggunaan	415
9.4.1.	Informasi Keselamatan	415
9.4.2.	Mengukur Perbedaan antara Dua Sinyal Pada Layar	416
9.4.3.	Resolving Sinyal of Equal Amplitudo	418
9.4.4.	Pemecahan Sinyal	419
9.4.5.	Pengukuran Frekuensi	421
9.4.6.	Pengukuran Sinyal Terhadap Noise	422
9.4.7.	Demodulasi Sinyal AM	423
<b>10. PEMBANGKIT POLA</b>		
10.1.	Latar Belakang Sejarah	431
10.2.	Sinyal Pengetesan	432
10.2.1.	Komponen Sinkronisasi	432
10.2.2.	Sinyal Luminansi (Video Monokrom)	433
10.2.3.	Informasi Warna (Krominansi)	433
10.2.4.	Ukuran IRE	434
10.2.5.	Sinyal Tes TV	434
10.3.	Pola Standar	435
10.3.1.	Pola Pengetesan EIA	436
10.3.2.	Penyusunan Bingkai	436
10.3.3.	Pemusatan	436
10.3.3.	Linieritas Pembelokan	437
10.3.4.	Aspek Perbandingan	439
10.3.5.	Cakupan Kontras	439

10.3.6. Penjalinan Gambar (Interlacing)	439
10.3.7. Resolusi	440
10.4. Pola Pengetesan Batang Untuk Pengecekan Lapisan	442
10.4.1. Pengetesan Ringing Dalam Gambar	442
10.4.2. Sinyal Monoscope	444
10.4.3. Chart Bola Untuk Pengetesan Linieritas Kamera	444
10.4.4. Sinyal Batang Warna Standar EIA	446
10.4.5. Batang SMPTE	447
10.4.6. Batang Bidang Putih Penuh 100%	449
10.4.7. Batang Warna Putih EIA 75%	450
10.4.8. Jendela	450
10.5. Pengembangan Pola	451
10.6. Pembangkit Pola	453
10.6.1. Blok diagram Pattern generator	455
10.6.2. Kontrol dan Spesifikasi Pola generator	458
10.7. Spesifikasi	459
10.8. Aplikasi	459
10.8.1. Prosedur Penggunaan Pembangkit Pola	459
10.8.2. Pengukuran Lebar Penalaan Tuner Televisi	461
10.8.3. Pengaturan Gambar dan Suara Menggunakan Pattern generator	462
10.8.4. Pembangkit pola dipasaran	464
10.8.5. Pola Pengetesan Sinyal Video	467
<b>11.MESIN TESTER</b>	
11.1. Pengantar	468
11.1.1. MSO	470
11.1.2. Verivikasi Sifat operasi Sistem Whindshield Wiper Automatis	471

11.1.3. Pemicuan MSO Pada Bingkai Kesalahan	474
11.1.4. Pemicuan MSO Mengungkapkan Glitch Acak	476
11.1.5. Penambahan Pengetesan Throughput ECU Otomotif	477
11.1.6. Karakteristik Input dan Output	478
11.2. Elektronik Pengetesan Fungsi Otomotif Menggunakan Sistem Komponen	479
11.2.1. Penghitungan	479
11.2.2. Komunikasi Serial	481
11.2.3. Instrumentasi Pengukuran Frekuensi Rendah	482
11.2.4. Pensaklaran Beban dan Pengukuran	483
11.2.5. Peletakkan Semua Bersama	485
11.3. Aplikasi	486
11.3.1. Pengetesan Rem Anti-lock dan Kontrol Daya Tarik	486
11.3.1.1. Sensor Reluktansi yang dapat divariasi	486
11.3.1.2. Deteksi Kelicinan Roda	486
11.3.1.3. Pengetesan Deteksi Kelicinan Roda	487
11.3.2. Pengetesan Ambang Kecepatan Roda	487
11.3.3. Pengetesan Selenoid Pengarah	488
11.3.4. Pengetesan Smart Drivers	490
11.3.5. Pengujian Remote Keyless Elektronik Otomotif	491
11.3.6. Perlindungan Immobilizer	492
11.3.7. Pengetesan Pengapian	494
11.3.8. Pengetesan Kepemilikan	495
11.3.9. Pengetesan Sistem Pemantauan Tekanan Ban (TPMS)	496
11.3.10. Kalibrasi Pengukuran Kerugian Jalur	499
11.3.11. Kerugian Jalur Pengukuran dan Kalibrasi Pesawat	500

11.3.12. Mesin Tester	501
11.3.13. Spesifikasi	502
11.3.14. Keunikan Pengetesan Fungsi Otomotif	502
11.4. Rupa rupa Penguji Mesin	504
11.5. Penganalisa Gas	505
<b>12. SISTEM POSISI GLOBAL (GPS)</b>	
12.1. Pengantar Teknologi GPS	518
12.1.1. Segemen ruang	521
12.1.2. Gerakan Satelit	522
12.1.3. Konstruksi GPS Satelit	523
12.1.4. Sinyal Satelit	525
12.1.5. Segmen Kontrol	526
12.1.6. Segmen Pemakai	527
12.2. Cara Bekerja GPS	528
12.2.1. Koreksi Perbedaan Posisi	528
12.2.2. Navigasi Sederhana	529
12.2.3. Menghitung Jarak Satelit	531
12.2.4. Perhitungan Posisi	532
12.2.5. Sumber-sumber kesalahan	533
12.3. Differential GPS (DGPS)	539
12.3.1. Koreksi Perbedaan Posisi	539
12.3.2. Menentukan Nilai Koreksi	539
12.3.3. Penyiaran Nilai Koreksi	540
12.3.4. Koreksi Pengukuran Cakupan Semu	540
12.3.5. Penerima Acuan	541
12.4. Petunjuk Pengoperasian GPS Maestro 4050	542

12.4.1. Instalasi GPS	543
12.4.2. Pengoperasian Dasar	544
12.4.3. Menu Utama	545
12.4.4. Point Of Interest (POI)	546
12.4.5. Perencana Perjalanan (Trip Planner)	547
12.4.6. Prosedur Point Of Interest (POI)	551
12.4.7. Prosedur Perencana Perjalanan (Trip Planner)	552
<b>13. PERALATAN ELEKTRONIKA KEDOKTERAN</b>	
13.1.1 MRI ( <i>Magnetic Resonance Imaging</i> )	554
13.1.1.1.Scan MRI	556
13.1.1.2.Konstruksi Mesin MRI	557
13.1.1.3. Resonansi Magnetik	559
13.1.1.4. Keselamatan MRI	561
13.1.1.5. Magnet MRI	562
13.1.1.6.Magnet MRI Tambahan	563
13.1.2. Mesin MRI	564
13.1.2.1. MRI Images	565
13.1.2.2. Keuntungan MRI	566
13.1.2.3. Alasan Melakukan MRI	566
13.1.2.4. Kelemahan MRI	567
13.1.3. MRI Masa depan	568
13.1.3.1. Pengertian FMRI	568
13.1.3.2. Perbedaan Antara MRI dan FMRI	568
13.1.3.3. Tata cara pemeriksaan dan apa yang akan dialami pasien saat pemeriksaan MRI :	569
13.2.1. Pengertian CT SCAN	569

3.2.1.1. Penemuan Sinar X	571
13.2.1. 2. Pengertian Sinar X	572
13.2.2. Mesin Sinar X	573
13.2.3. Prosedur Scanning	576
13.2.3.1. Cara kerja CT Scan dan Perkembangannya	577
	579
<b>13.2.3.2. Pengoperasian Alat</b>	580
<b>13.2.3.3. Optimalisasi Peralatan Dengan Model jaringan</b>	
13.2.4.1. Perawatan	581
13.2.4.2. Kapan CT scan diperlukan	581
13.3.1. Diagnosis Medis Penggambaran Sonography	582
13.3.1.1. Pengertian Ultrasonik Medis	582
13.3.1. 2. Penggambaran Medis Ultrasonography	583
13.3.2. Aplikasi Diagnostik	584
13.3.2.1. Pengolahan Suara Menjadi Gambar	586
13.3.2.2. Produksi Gelombang Suara	586
13.3.2.3. Menerima Pantul	586
13.3.2.4. Pembentukan Gambar	587
13.3.2.5. Susunan transduser linier	588
13.3.3. Metoda Sonography	589
13.3.3.1. Sonography Doppler	589
13.3.3.2. Mesin Ultrasonik	591
13.3.4. Perbedaan Jenis Ultrasonik	594
13.3.5. Prosedur Pengujian Dengan Ultrasonik	596
13.3. Penggambaran Dari Kedokteran Nuklir	597

13.4.1. Prosedur Pengujian	597
13.4.2. Prosedur Pelaksanaan	601
13.4.3. Resiko	609
13.4.4. Keterbatas Tomografi Emisi Positron	609
13.4.5. Teknik Cardiosvascular Imaging	610
13.4.6. Scanning Tulang	610

DAFTAR PUSTAKA	A
----------------	---

DAFTAR TABEL	B
--------------	---

DAFTAR GAMBAR	C
---------------	---

GLOSARIUM	D
-----------	---

## BAB 9

## PENGANALISA SPEKTRUM

### Tujuan :

Setelah membaca paparan penganalisa spektrum ini diharapkan pembaca mampu :

1. Menjelaskan sejarah perkembangan penganalisa spektrum
2. Menjelaskan prinsip kerja penganalisa spektrum waktu riil.
3. Memahami pengoperasian penganalisa spektrum waktu riil.

### Pokok Bahasan :

Dalam pembahasan ini terbagi tiga kelompok pembahasan :

1. Perkembangan Penganalisa Spektrum dari jenis Spektrum Analyzer , Vector Spektrum Analyzer dan Real-Time Spektrum Analyzer.
2. Bagian –bagian dan fungsi kerja sistem penganalisa spektrum waktu riil.
3. Pengukuran penganalisa spektrum waktu riil untuk pengukuran ranah frekuensi, waktu dan modulasi.

### 9.1. Pengantar Dan Sejarah Perkembangan Spektrum Analiser

Penganalisa spektrum merupakan alat ukur ranah frekuensi yang didalamnya terdiri perpaduan antara CRO dan pembangkit frekuensi. Bila mengukur lebar band penguat dengan CRO membutuhkan variasi frekuensi masukan maka dengan spektrum analiser hal itu tidak lagi diperlukan. Variasi frekuensi pengamatan diperoleh dengan menetapkan cakupan frekuensi sapuan yang diinginkan. Adapun sejarah ditemukan hingga perkembangan spektrum analiser diuraikan di bawah ini. Sejak tahun 1860, yaitu pada saat James Clerk Maxwell secara matematis telah mampu memprediksi keberadaan gelombang elektromagnetik yang mampu mengangkut energi melalui ruang kosong. Pada tahun 1885 Heinrich Hertz ahli fisika

mendemonstrasikan gelombang radio, kemudian diikuti Nikola Tesla, Guglielmo Marconi dan pioner yang lain menemukan cara memanipulasi gelombang, sehingga ini memungkinkan untuk komunikasi jarak jauh.

Di pergantian abad, radio telah menjadi aplikasi praktis sinyal RF pertama. Tiga dekade berikutnya beberapa proyek penelitian meluncurkan metoda memancarkan dan menerima sinyal untuk mendeteksi dan menempatkan obyek pada jarak jauh. Pada masa Perang Dunia II, radio pendeteksian dan penaksiran (juga dikenal sebagai RADAR) telah menjadi aplikasi lain sinyal RF. Perkembangan aplikasi sinyal RF dalam aplikasi sektor militer dan komunikasi, teknologi inovasi sinyal RF

berkembang dengan pesat sepanjang sisa abad 20 dan dilanjutkan sampai sekarang. Untuk menahan interferensi, menghindari pendeteksian, dan meningkatkan kapasitas sistem RADAR modern dan jaringan komunikasi komersial telah menjadi sangat kompleks, pada umumnya keduanya menggunakan kombinasi canggih dari teknik RF seperti penggunaan sinyal burst, frekuensi hopping, code division multiple access dan modulasi adaptif. Jenis perancangan peralatan RF dan keberhasilan keterpaduannya dalam sistem kerja secara ekstrim merupakan pengembangan tugas yang rumit.

Pada saat yang sama, teknologi seluler dan jaringan data tanpa kabel menambah luasnya keberhasilan yang dikarenakan biaya dasar komponen RF sangat menurun. Ini telah memungkinkan memproduksi diluar penggunaan militer dan komunikasi secara sederhana ke dalam komoditas produk piranti RF. Pemancar RF telah menjadi sangat dikenal dapat ditemukan hampir disemua tempat tak terkecuali konsumen elektronika di rumah, perangkat medis di rumah sakit, sistem pengendali industri di pabrik dan bahkan pada alat pelacak yang ditanam dibawah kulit ternak, binatang kesayangan dan orang.

Ketika sinyal RF sudah banyak diaplikasikan dalam dunia modern, maka juga banyak permasalahan. Diantaranya interferensi antar

piranti yang membangkitkan frekuensi. Produk demikian seperti telpon mobil yang bekerja dengan ijin, spektrum harus dirancang agar dalam mentransmisikan energy RF dalam kanal frekuensi tertentu. Hal ini penting terutama untuk menghadapi alat kompleks multi standar, piranti yang disaklar antara model dan transmisi berbeda dan dipertahankan berhubungan serempak dengan unsur jaringan yang berbeda. Piranti lebih sederhana yang bekerja pada frekuensi bebas harus juga dirancang untuk berfungsi dengan tepat di hadapan syarat bertentangan dan aturan pemerintah yang sering menetapkan bahwa alat hanya diijinkan untuk memancarkan pada tingkat daya rendah.

Dalam rangka mengatasi tantangan pengembangan, sekarang ini penting para insinyur dan ilmuwan mampu mendeteksi karakteristik sinyal RF yang berubah sepanjang waktu dengan teliti, sesuatu yang tidak dengan mudah dikerjakan dengan peralatan pengukuran tradisional. Untuk penyelesaian masalah ini telah dibuat instrumen penganalisa spektrum waktu riil (Real Time Spektrum Analyzer /RTSA), suatu instrumen yang dapat dipicu pada sinyal RF, tanpa ikatan pengambilan dalam memori, menganalisis dalam ranah frekuensi, waktu dan modulasi. Dalam topik ini akan diuraikan bagaimana RTSA bekerja dan memberikan

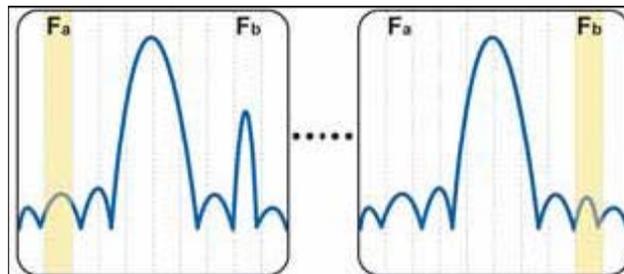
pengetahuan dasar dari bagaimana ini dapat digunakan untuk menyelesaikan banyak masalah pengukuran terutama

berkaitan dengan pengambilan dan penganalisaan sinyal RF modern.

### 9.1.1. Tantangan Pengukuran Sinyal RF Modern

Pengkarakterisasi perilaku sinyal RF sekarang ini memberi tantangan piranti yang diperlukan untuk mengetahui bagaimana parameter yang dimiliki frekuensi, amplitudo dan modulasi dalam waktu pendek dan lama. Dalam kasus ini penggunaan perangkat tradisional seperti penganalisa spektrum tersapu (swept spektrum analyzers/SA) dan penganalisa

vector sinyal (vector signal analyzers /VSA) mungkin menyediakan snapshot dari sinyal ranah frekuensi dan modulasi, namun seringkali informasi tidak cukup untuk mengurai dinamika sinyal RF yang dihasilkan piranti. RTSA ditambah dimensi rumit lain untuk mengukur semua yang berkaitan dengan waktu.



**Gambar 9-1:** Langkah sapuan penganalisa spektrum pada serangkaian unsur frekuensi seringkali terjadi kesalahan transien diluar arus sapuan jalur yang digaris kuning.

### 9.1.2. Pertimbangan tugas pengukuran pada umumnya meliputi

- Transien dan pengambilan dinamiika sinyal dan analisis
- Karakterisasi penyelesaian waktu PLL, hanyutan frekuensi, permasalahan dalam mikrofon
- Pendeteksian gangguan interferensi, analisa noise
- Penangkapan spektrum frekuensi dan sinyal loncatan frekuensi
- Pemantauan pemakaian spektrum, mendeteksi transmisi penjahat
- Pengujian pemenuhan, diagnosa EMI.
- Analisa modulasi analog dan digital
- Karakterisasi skema modulasi variasi waktu

- Pelacakan kerusakan kompleks peralatan nirkabel standar menggunakan ranah korelasi
- Melakukan diagnosa kualitas modulasi

Setiap pengukuran yang berkaitan dengan sinyal RF yang berubah sepanjang waktu, sering tidak dapat diprediksi. Secara efektif karakterisasi sinyal ini, insinyur

membutuhkan alat yang dapat memicu pada pengetahuan atau kejadian yang tidak dapat diprediksi, menangkap sinyal secara bebas dan menyimpannya dalam memori dan menganalisa parameter perilaku frekuensi, amplitudo dan modulasi dari waktu ke waktu.

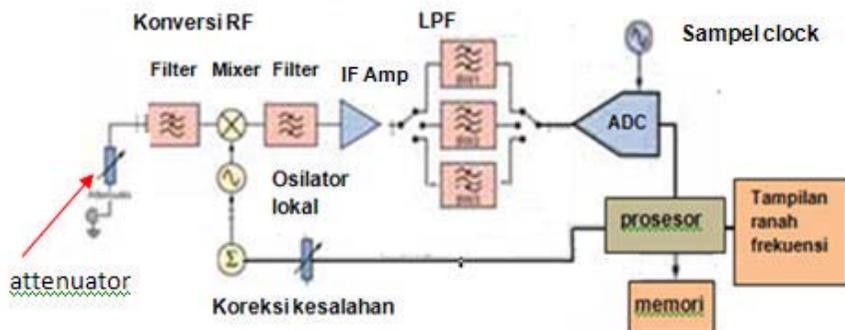
## 9.2. Jenis-jenis Penganalisa Speltrum

### 9.2.1. Penganalisa Spektrum tersapu

Analisa Ranah Frekuensi Tradisional  
Pengaturan sapuan, penganalisa spektrum superheterodin merupakan arsitektur tradisional yang pertama kali memungkinkan seorang insinyur membuat pengukuran ranah frekuensi beberapa dekade yang lalu. Aslinya dibangun dengan komponen analog murni, sapuan SA telah dikaitkan dengan aplikasi layanan. Generasi SA sapuan meliputi unsur-unsur digital seperti ADCS, DSPS, dan mikro prosesor. Sapuan SA sebanding pengukuran frekuensi dengan pengubah sinyal turun dari sapuan melalui filter bandwidth resolusi bandpass (RBW). Filter RBW diikuti dengan detektor yang menghitung amplitudo setiap titik frekuensi dalam cakupan yang dipilih. Sementara metoda ini dapat memberikan cakupan dinamis tinggi, kelemahannya yaitu hanya dapat menghitung data amplitudo untuk satu frekuensi pada satu

waktu. Penyapuan penganalisis melebihi cakupan frekuensi yang diambil pada saat kasus kedua. Pendekatan ini didasarkan pada asumsi bahwa penganalisa dapat melengkapi beberapa sapuan tanpa perubahan yang signifikan dari sinyal yang sedang diukur. Akibatnya, relatif stabil tidak membutuhkan perubahan sinyal yang diukur.

Jika terdapat perubahan sinyal yang sangat cepat, secara statistik ini memungkinkan perubahan akan lepas dari pengamatan. Sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 9-1. sapuan dilihat pada unsur frekuensi  $F_a$  sementara spektrum sesaat terjadi pada  $F_b$  (diagram di sebelah kiri). Dengan waktu sapuan mencapai unsur  $F_b$ , peristiwa telah lenyap dan tidak dapat dideteksi (diagram bagian kanan). SA tidak memberikan cara memicu pada sinyal transien, maupun dapat menyimpan rekaman keseluruhan perilaku sinyal, dari waktu ke waktu.



**Gambar 9-2: Arsitektur tipikal penganalisa spektrum sapuan**

Gambar 9-2 melukiskan arsitektur SA modern tersapu. Melengkapi resolusi luas bidang analog yang luas ( RBW) menyaring sinyal dengan teknik digital untuk menggantikan saringan yang lebih sempit. Penyaringan, pencampuran, dan penguatan terutama pada ADC merupakan pemroses analog untuk cakupan lebar band BW1, BW2, BW3. Bila pemfilteran lebih sempit dari BW3 diperlukan, diaplikasikan dengan pemroses sinyal digital (DPS) dalam langkah-langkah pengubah analog ke digital.

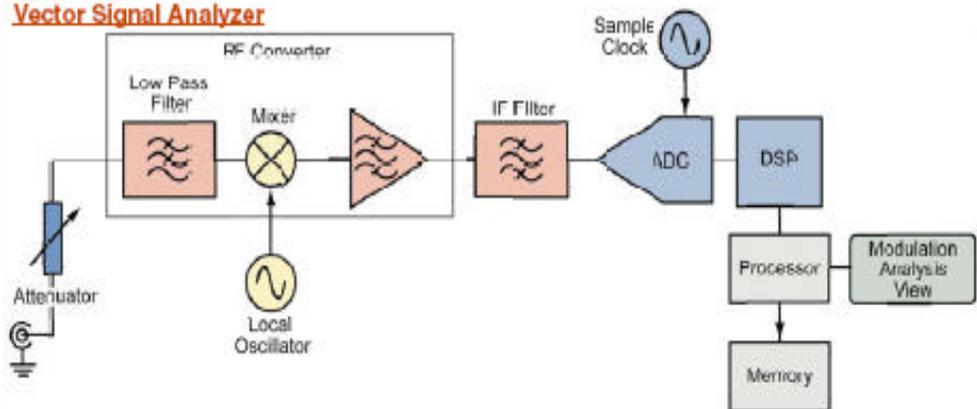
Pekerjaan ADC dan DPS agak lebih menuntut, non linieritas dan tantangan noise dalam area ADC meskipun beberapa jenis kesalahan yang dapat terjadi

murni dibatasi penganalisa spektrum analog.

### 9.2.2. Penganalisa Vektor Sinyal Dengan Analisis Modulasi Digital

Analisa spektrum tersapu tradisional memungkinkan pengukuran skalar yang dapat memberikan informasi hanya berkaitan besaran dari sinyal masukan. Penganalisaan sinyal yang membawa modulasi digital memerlukan pengukuran vektor yang dapat memberikan kedua informasi besaran dan paha. Penganalisa vektor sinyal merupakan alat khusus yang dirancang untuk analisa modulasi digital. Sebuah blok diagram sederhana VSA ditunjukkan dalam gambar 9-3.

### Vector Signal Analyzer



Gambar 9-3 Blok diagram VSA sederhana

VSA dioptimalkan untuk pengukuran modulasi. Seperti penganalisa spektrum waktu riil yang diuraikan dalam bagian berikut, suatu VSA mendigitkan semua energi dalam passband instrumen, dalam rangka menyadap besar dan informasi pisa yang diperlukan untuk mengukur modulasi digital. Bagaimanapun, kebanyakan (tidak semua) VSA dirancang untuk pengambilan snapshots dari sinyal masukan pada titik sembarang waktu, yang membuatnya sulit atau tidak mungkin menyimpan dalam rekaman panjang dari akuisisi berturut-turut untuk mengumpulkan sejarah pembentukan sinyal dari waktu ke waktu. Sebagaimana sapuan SA, kemampuan picuan pada umumnya dibatasi untuk tingkat picuan dan picuan dari luar.

Dalam VSA, pendigitan ADC lebar band sinyal IF dan konversi turun,

pemfilteran dan deteksi dibentuk secara numerik. Transformasi dari ranah waktu ke ranah frekuensi dikerjakan dengan menggunakan algoritma FFT. Cakupan linieritas dan dinamika dari ADC merupakan performansi kritis dari instrumen. Sama pentingnya, daya pemrosesan DSP harus cukup untuk mempercepat pengukuran. Mengukur parameter modulasi VSA yang demikian seperti besaran kesalahan vektor dan memberikan peraga lain seperti diagram pemetaan. Suatu STANDALONE VSA sering digunakan untuk melengkapi kemampuan sapuan SA. Beberapa instrumen modern memiliki arsitektur yang dapat membentuk kemampuan sapuan SA dan fungsi VSA, menyediakan ranah yang tidak ada hubungannya modulasi dan frekuensi dalam satu kotak.

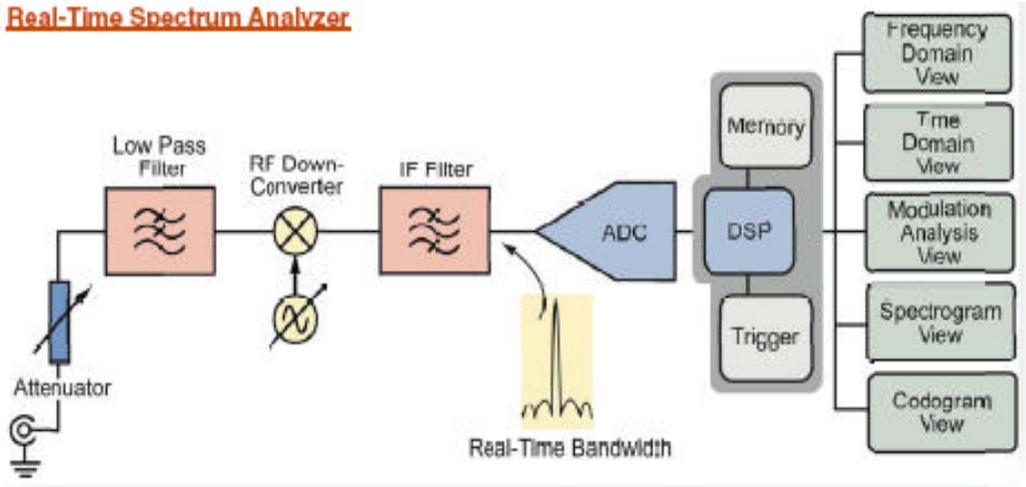
## Penganalisa Spektrum Waktu Riil

Penganalisa spektrum waktu riil dirancang untuk memenuhi tantangan pengukuran yang berkaitan dengan transien dan dinamis sinyal RF sebagaimana telah diuraikan di atas. Konsep dari penganalisa spektrum waktu riil adalah kemampuan memicu pada sinyal RF,

pengambilan ke dalam memori dan menganalisisnya dalam multi

ranah. Ini memungkinkan untuk dapat mendeteksi dan menandai perubahan sinyal RF dari waktu ke waktu secara terandakan.

### Real-Time Spectrum Analyzer



**Gambar 9-4: Arsitektur tipikal penganalisa spektrum waktu riil**

Gambar 9-4 diatas menunjukkan blok diagram sederhana dari arsitektur RTSA. Pada bagian ujung masukan RF dapat diatur pada cakupan frekuensi instrumen, dan menurunkan frekuensi sinyal masukan untuk ditetapkan pada frekuensi menengah yang berkaitan dengan lebar band maksimum waktu riil RTSA. Sinyal disaring, didigitkan dengan rangkaian ADC dan dilewatkan ke DSP yang menangani picuan instrumen, memori, dan analisa fungsi. Sementara unsur dari blok

diagram dan proses akuisisi serupa dengan arsitektur VSA, pengambilan dan analisa multi ranah dikorelasikan dengan waktu. Sebagai tambahan, peningkatan teknologi ADC memungkinkan konversi dengan cakupan dinamis sinyal tinggi dan noise rendah, memungkinkan RTSA sama atau melebihi performansi dasar RF dari kebanyakan penganalisa spektrum tersapu.

Karena pengukuran memutar kurang atau sepadan dengan

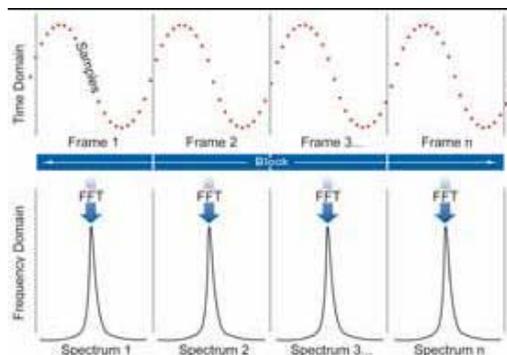
lebar bidang waktu riil, arsitektur RTSA memberikan kemampuan untuk pengambilan sinyal masukan dengan tanpa celah waktu melalui pendigitan sinyal RF dan menyimpan sampel dalam waktu yang berdekatan ke dalam

memori. Ini memberikan beberapa keuntungan melebihi proses akuisisi dari penganalisa spektrum tersapu, yang dibangun pada gambar ranah frekuensi, penyapuan frekuensi dilakukan secara berturut-turut.

### 9.2.2.1. Kunci Konsep Analisa Spektrum Waktu Riil Sampel, bingkai dan blok

Pengukuran dibentuk oleh RTSA diimplementasikan dengan menggunakan teknik pemrosesan sinyal digital (DSP). Untuk mengetahui bagaimana suatu sinyal RF dapat dianalisa dalam ranah waktu, dan modulasi, terutama ini diperlukan untuk menguji bagaimana instrumen memperoleh dan menyimpan sinyal. Setelah sinyal didigitkan

dengan ADC, sinyal ditampilkan dalam data ranah waktu, dari semua frekuensi dan parameter modulasi dapat dihitung dengan menggunakan DSP. Tiga istilah sampel, bingkai dan blok diuraikan hirarki data disimpan bila RTSA mengambil sinyal dengan menggunakan akuisis waktu riil. Gambar 5 menunjukkan susunan sampel, bingkai dan blok.



Gambar 9-5: Sampel, bingkai dan blok hirarki memori dari RSA

Tingkat terendah dari hirarki data adalah sampel yang menampilkan titik data ranah waktu diskrit. Konstruksi familiar dari aplikasi lain dari pengambilan sampel demikian seperti waktu riil osiloskop dan PC yang didasarkan pengubah digital. Kecepatan pengambilan sampel efektif menentukan waktu interval

antara pengaturan sampel tergantung pada cakupan yang dipilih. Dalam RSA, setiap sampel disimpan dalam memori sebagai pasangan I dan Q yang berisi informasi besaran dan fasa.

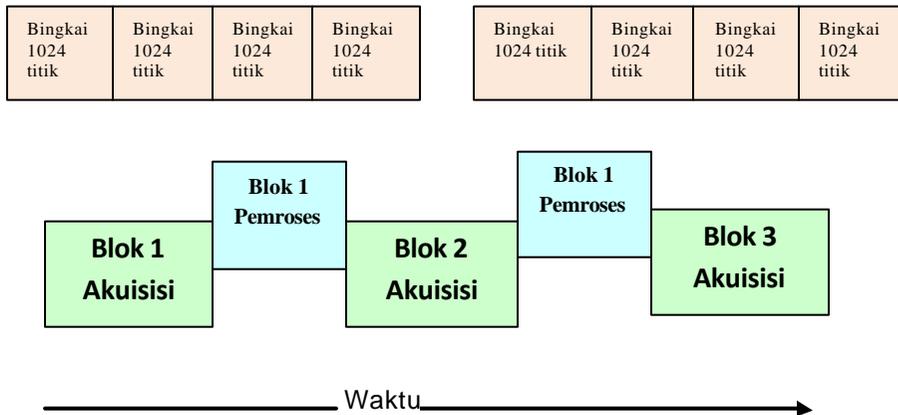
Langkah berikutnya adalah bingkai. Satu bingkai terdiri dari

sejumlah bilangan tentang contoh berdekatan dan satuan kecepatan transformasi Fourier (Fast Fourier Transform /FFT) dapat diaplikasikan untuk mengubah ranah data ke dalam ranah frekuensi. Dalam proses ini setiap bingkai menghasilkan satu ranah spektrum frekuensi

Level tertinggi dalam hirarki akuisisi adalah blok, yang dibuat dari banyak pengaturan bingkai yang diambil dalam satu waktu. Panjang blok (juga direferensikan sebagai panjang akuisisi) merupakan jumlah total waktu yang ditampilkan oleh satu akuisis

berkelanjutan. Dalam blok sinyal input ditampilkan dengan tanpa celah waktu.

Dalam mode pengukuran waktu riil dari RSA, setiap blok secara tanpa keterikatan diperoleh dan disimpan dalam memori. Kemudian diproses dengan menggunakan teknik DSP untuk menganalisa perilaku frekuensi, waktu dan modulasi sinyal. Dalam mode standar SA, RTSA dapat menandingi sapuan SA dengan pijakan RF awal dan akhir frekuensi yang melampaui lebar band maksimum waktu riil.



**Gambar 9-6 Penganalisa spektrum waktu riil blok akuisisi dan pemrosesan**

Gambar 9-6 menunjukkan mode akuisisi, yang memungkinkan pengambilan waktu riil tanpa ikatan. Setiap akuisisi merupakan tanpa ikatan waktu untuk semua bingkai dalam blok, meskipun tidak ada diantara blok. Setelah pemrosesan sinyal dari satu akuisisi blok lengkap, akuisisi akan dimulai blok berikutnya dimulai. Sebagai contoh satu sinyal diambil

dalam waktu riil mode SA dapat dianalisis mode demodulasi dan mode waktu.

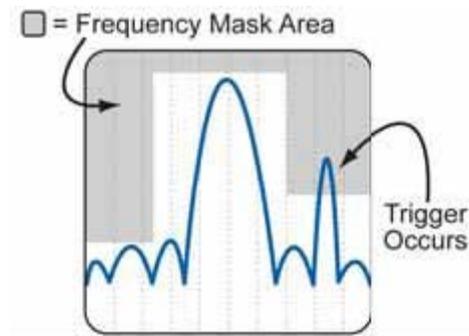
Jumlah bingkai yang diperoleh dalam blok dapat ditentukan dengan membagi panjang akuisisi dengan panjang bingkai. Panjang akuisisi dimasukkan oleh pengguna dibulatkan sehingga suatu blok berisi jumlah bilangan bulat dari

bingkai. Cakupan panjang akuisisi maksimum sekarang tergantung pada kedua hal luas pengukuran yang dipilih dan kedalaman memori instrumen.

### 9.2.2.2. Pemicuan Waktu Riil

Pemanfaatan pemicuan telah lama hilang dalam perumusan perangkat analisa spektrum. RTSA yang pertama kali menawarkan penganalisa spektrum frekuensi ranah waktu riil yang menggunakan picu dan mode picu intuitif lain dalam penambahan tingkat IF sederhana dan picu luar. Terdapat banyak alasan bahwa arsitekur sapuan

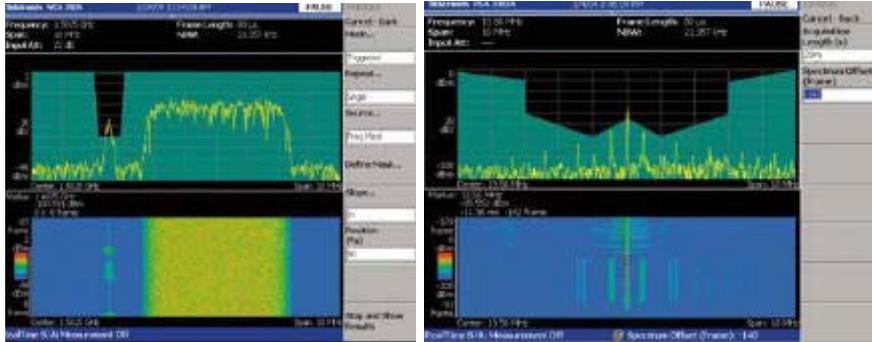
tradisional tidak baik untuk ditempatkan pada pemicuan waktu riil, secara signifikan kebanyakan sapuan dalam picu SA digunakan untuk memulai penyapuan. Pada RTSA picu digunakan sebagai titik acuan pada saat akuisisi sinyal. Ini memungkinkan beberapa pemakaian pengembangan, seperti kemampuan menyimpan kedua informasi sebelum dan sesudah pemicuan. Kemampuan lain RTSA secara signifikan merupakan picu frekuensi topeng waktu riil, yang memungkinkan penggunaan untuk memicu suatu akuisisi didasarkan pada kejadian tertentu dalam ranah frekuensi.



Gambar 9-7: Penggunaan topeng frekuensi pada pemicuan ranah frekuensi waktu riil

Sebagaimana diilustrasikan pada gambar 9-7 sebuah topeng digambarkan untuk menegaskan pengaturan kondisi dalam lebar band penganalisa waktu riil akan membangkitkan picu. Frekuensi topeng picu fleksibel merupakan piranti kuat untuk secara terandalkan mendeteksi dan menganalisa dinamis sinyal RF. Ini dapat juga digunakan untuk membuat pengukuran yang tidak

mungkin dengan penganalisa spektrum tradisional, seperti pengambilan kejadian transien pada tingkat rendah yang terjadi dalam keberadaan sinyal RF yang lebih kuat (ditunjukkan gambar 9-8) dan mendeteksi sinyal yang sebentar-bentar ada pada frekuensi tertentu dalam spektrum frekuensi yang kacau (ditunjukkan gambar 9-9).



Gambar 9-8: Topeng frekuensi pada level burst rendah

Gambar 9-9: Penggunaan topeng frekuensi untuk memicu sinyal berada pada sinyal besar sinyal tertentu dalam lingkungan spektrum kacau

### 9.2.2.3. Pengambilan dan Spektrogram tak terikat

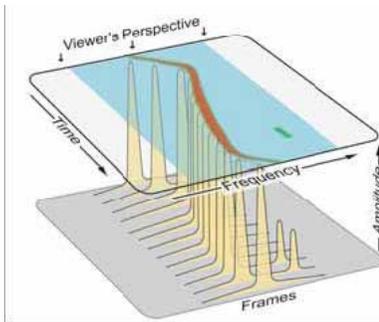
Pada suatu kondisi picu waktu riil telah dipertegas dan merupakan instrumen yang dipersenjatai untuk memulai suatu akuisisi, RTSA secara berkelanjutan menguji sinyal masukan untuk dilihat pada pemicuan kejadian tertentu. Sementara menunggu kejadian ini terjadi, sinyal secara konstan didigitkan dan data ranah waktu diedarkan melalui yang masuk pertama kali, pengambilan disangga dikeluarkan pertama kali yang pengosongan data terlama sebagai data baru kemudian dikumpulkan. Ini memungkinkan penganalisa untuk menyimpan data sebelum pemicuan dan sesudah pemicuan ke dalam memori bila mendeteksi adanya picu. Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, proses ini memungkinkan akuisisi yang tak terikat dari blok tertentu, yang mana sinyal ditampilkan dengan sampel ranah waktu yang berdekatan. Suatu data yang telah

disimpan dalam memori, disediakan untuk diproses dan dianalisa menggunakan peraga yang berbeda sebagai daya terhadap frekuensi, spektrogram dan pemandangan multi ranah. Sampel data tetap disediakan dalam masukan acak memori sampai penulisan selesai dengan didapat akuisisi berikutnya dan ini juga dapat disimpan ke dalam perangkat keras penyimpan RTSA.

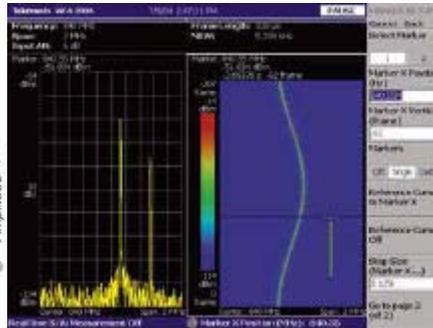
Spektrogram merupakan pengukuran penting yang memberikan suatu peraga intuitif dari bagaimana perilaku perubahan frekuensi dan amplitudo dari waktu ke waktu. Sumbu horizontal menampilkan cakupan yang sama dari frekuensi yang ditunjukkan penganalisa spektrum tradisional pada peraga daya terhadap frekuensi. Dalam spektrogram sumbu vertikal menampilkan waktu dan amplitudo

ditampilkan dengan warna irisan. Setiap irisan dari spektrogram berkaitan dengan spektrum frekuensi tunggal dihitung dari

satu bingkai data ranah waktu. Gambar 10 menunjukkan ilustrasi konseptual dari spektrogram dinamis sinyal.



Gambar 9-10: Peraga Spektrogram



Gambar 9-11: Pandangan waktu dikorelasikan, peraga daya terhadap frekuensi (kiri) dan spektrogram (kanan)

### 9.3. Dasar Analisa Spektrum Waktu Riil

Penembakan pemeragaan layar pendek daya terhadap frekuensi ditunjukkan pada gambar 9-11 dan peraga spektrogram untuk sinyal diilustrasikan dalam gambar 9-10. Pada spektrogram, bingkai tertua ditunjukkan di puncak dari peraga dan bingkai yang sekarang ditunjukkan pada bagian dasar dari peraga. Pengukuran ini menunjukkan sinyal RF yang perubahan frekuensi dari waktu ke waktu, dan juga mengungkapkan transien sinyal pada tingkat

rendah yang muncul dan hilang didekat akhir waktu dari blok. Karena data disimpan dalam memori, dapat digunakan penanda untuk melihat kembali melalui spektrogram. Dalam gambar 9-11 sebuah penanda telah ditempatkan pada kejadian transien pada peraga spektrogram, yang menyebabkan spektrum berkaitan titik tertentu dalam waktu yang ditunjukkan dalam peraga daya terhadap frekuensi.

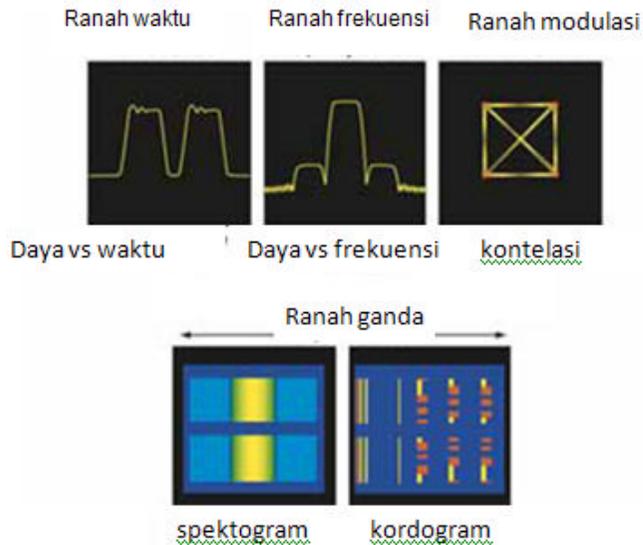
#### 9.3.1. Analisa Multi Ranah Korelasi Waktu

Suatu sinyal yang telah diperoleh dan disimpan dalam memori, ini dapat dianalisa dengan menggunakan variasi yang luas dari waktu yang dikorelasikan dapat disediakan pemandangan dalam RTSA, sebagaimana diilustrasikan dalam gambar 9-12.

Ini terutama bermanfaat untuk piranti pencarian kerusakan dan aplikasi karakterisasi. Semua pengukuran didasarkan pada pengaturan dasar yang sama dari ranah waktu sampel data yang menggaris bawahi dua kuntungan arsitektural signifikan : (1) analisa

sinyal menyeluruh dalam frekwensi, waktu, dan ranah modulasi yang didasarkan pada akuisisi tunggal. (2) Ranah korelasi untuk memahami

bagaimana kejadian tertentu dalam frekuensi, waktu dan modulasi berhubungan berdasarkan acuan waktu yang sama.



**Gambar 9-12: Ilustrasi dari beberapa waktu dikorelasikan disediakan untuk pengukuran pada RTSA**

Dalam mode analisa spektrum waktu riil, RTSA memberikan dua waktu yang dikorelasikan pandangan peraga dari pengambilan sinyal, daya terhadap frekuensi dan peraga spektogram. Dua pandangan dapat dilihat pada gambar 9-11.

ini dapat memperagakan salah satu daya terhadap frekuensi atau spektogram. Penunjukkan overview menunjukkan semua dari data yang telah diperoleh dalam blok, dan ini memberikan layanan sebagai indeks untuk jendela analisa yang lain.

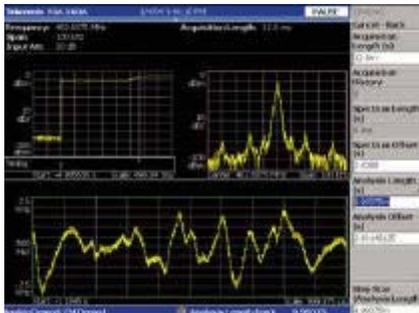
Dalam mode pengukuran waktu riil lain untuk analisa ranah waktu dan ranah modulasi, RTSA menunjukkan berbagai pandangan dari pengambilan sinyal sebagaimana diilustrasikan dalam gambar 9-13 dan 9-14. Jendela atas kiri dinamakan overview dan

Jendela di atas kanan dinamakan sbview, dan menunjukkan sama daya terhadap frekuensi yang dapat disediakan dalam mode penganalisa spektrum waktu riil. Seperti peraga gambar 9-11, spektrum ini satu bingkai dari data dan ini mungkin untuk

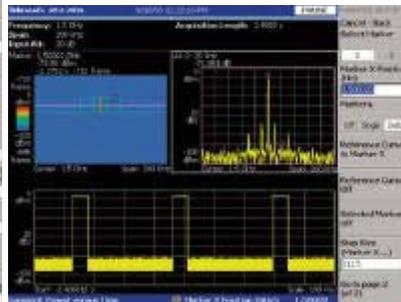
menggulung melalui masukan perekam waktu untuk melihat spektrum pada beberapa titik waktu. Ini dikerjakan dengan pengaturan offset spektrum, yang ditemukan dalam menu RTSA. Juga perlu dicatat bahwa terdapat warna ungu dalam jendela overview yang menunjukkan posisi waktu yang berkaitan pada peraga

ranah frekuensi dalam jendela ungu.

Jendela dalam dasar setengah dari layar (digambarkan hijau) dinamakan analisis jendela, atau mainview dan menghasilkan peraga dari waktu yang dipilih atau pengukuran analisis modulasi.



**Gambar 9-13: Pandangan multi ranah menunjukkan daya terhadap waktu, daya terhadap frekuensi dan demodulasi FM**



**Gambar 9-14: Pandangan multi ranah menunjukkan spektrogram daya terhadap frekuensi, daya terhadap waktu**

Contoh analisis modulasi frekuensi ditunjukkan pada gambar 9-13 dan gambar 9-14 menunjukkan contoh analisis transien daya terhadap waktu. Seperti jendela subview jendela analisa hijau dapat diposisikan dimana saja dalam penunjukkan rekaman waktu dalam jendela overview, yang mempunyai hubungan palang hijau untuk menunjukkan posisinya. Lebar jendela analisa dapat ditetapkan diatur pada panjang kurang dari atau ebih besar dari satu bingkai. Analisa multi ranah korelasi waktu menghasilkan fleksibilitas luar biasa untuk memperbesar dan

secara menyeluruh karakterisasi bagian-bagian berbeda dari suatu sinyal RF yang diperoleh dengan menggunakan variasi lebar dari perangkat analisa.

### 9.3.2. Prinsip Kerja Spektrum Analisa Waktu Riil

Analisa spektrum waktu riil modern dapat diperoleh sebuah passband atau luas dimana saja dalam cakupan frekuensi masukan dari penganalisa. Jika kemampuan pengubah RF menurun diikuti akan oleh bagian band lebar frekuensi menengah (IF). Pada pendigitan ADC sinyal RF dan sistem penyelesaian

berupa langkah-langkah lanjut secara digital. Implementasi algoritma FFT transformasi dari ranah waktu ke diubah ke ranah frekuensi dimana analisa menghasilkan peraga seperti spektogram, codogram. Beberapa kunci karakteristik pembeda merupakan keberhasilan arsitektur waktu riil.

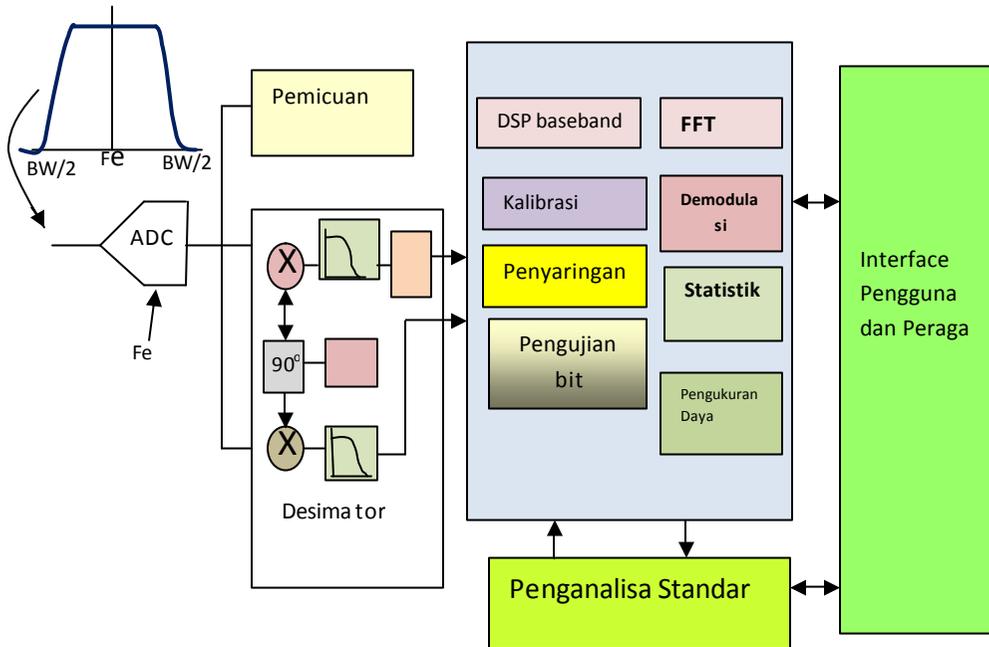
Sebuah sistem ADC mampu mendigitkan masukan lebar band waktu riil dengan ketetapan cukup untuk mendukung pengukuran yang diinginkan. Integritas sistem analisa sinyal yang diperoleh berbagai pandangan analisa dari sinyal pengujian, semua berkaitan dengan waktu. Pengambilan memori dan daya DSP cukup memungkinkan akuisisi waktu riil secara terus menerus melampaui periode waktu pengukuran yang dikehendaki. Daya DSP memungkinkan pemicuan waktu riil dalam ranah frekuensi.

Pada bagian ini berisi beberapa diagram arsitektur dari akuisisi utama dan analisa blok dari penganalisa spektrum waktu riil (RSA). Beberapa ancillary berfungsi (pemicuan terkait blok minor, pengendali peraga dan

keyboard) telah dihilangkan untuk memperjelas pembahasan.

### **9.3.3. Penganalisa Spektrum Waktu Riil**

RSA menggunakan kombinasi sinyal analog dan digital dalam pemrosesan perubahan sinyal RF terkalibrasi, pengukuran multi ranah dikaikan waktu. Bagian ini berhadapan dengan yang bagian digital dari aliran pemrosesan sinyal RSA. Gambar 9-15 mengilustrasikan blok pemrosesan sinyal digital mayor yang digunakan dalam RSA. Sinyal analog IF berupa filter bandpass dan pendigitan. Sebuah konversi digit turun dan penghilang proses pengubah sampel A/D ke dalam aliran sephasa (I) dan sinyal baseband quadrature (Q). Blok pemicuan mendeteksi kondisi sinyal untuk mengendalikan akuisisi dan pewaktuan. Sinyal baseband I dan Q sebaik informasi picu digunakan dengan baseband sistem DSP untuk membentuk analisa spektrum atas pertolongan FFT, analisis modulasi, pengukuran daya, pengukuran pewaktuan sebaik analisis statistik.

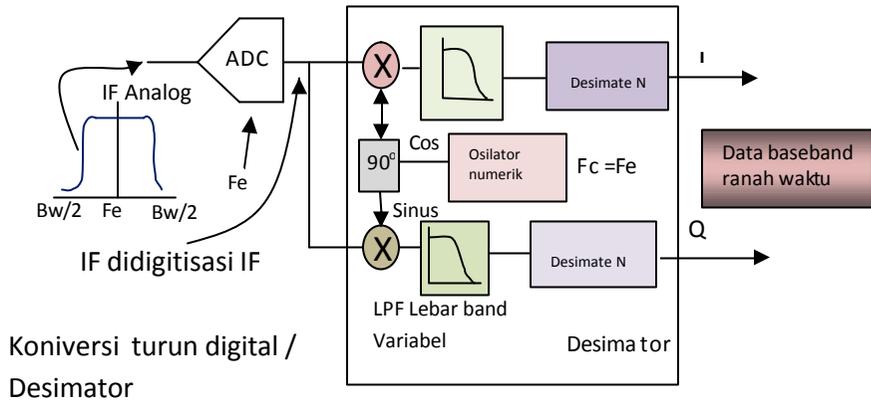


**Gambar 9-15 : Blok diagram pemrosesan sinyal digital pada penganalisa spektrum waktu riil**

### Pengubah Digit IF

Pada umumnya rangkaian pengubah digit mempunyai band terpusat disekitar frekuensi menengah (IF). Band atau luasan frekuensi ini frekuensi terlebar yang dapat dibentuk dari analisa waktu riil. Pengubahan digit pada frekuensi tinggi lebih baik dari pada DC atau baseband yang mempunyai beberapa pemroses sinyal keuntungannya antara lain capaian semu, penolakan DC,

cakupan dinamis. Namun dapat diperoleh perhitungan berlebihan untuk menyaring dan mengamati jika diproses secara langsung. RSA menerapkan pengubah digital turun (DDC), gambar 9-16 dan suatu decimator untuk mengkonversi suatu pendigitan IF ke dalam sinyal baseband I dan Q pada kecepatan sampel yang efektif sehingga cukup tinggi untuk luas yang dipilih.



**Gambar 9-16: Diagram pengubah digital turun**

### 9.3.3.1. Pengubah Digital Turun

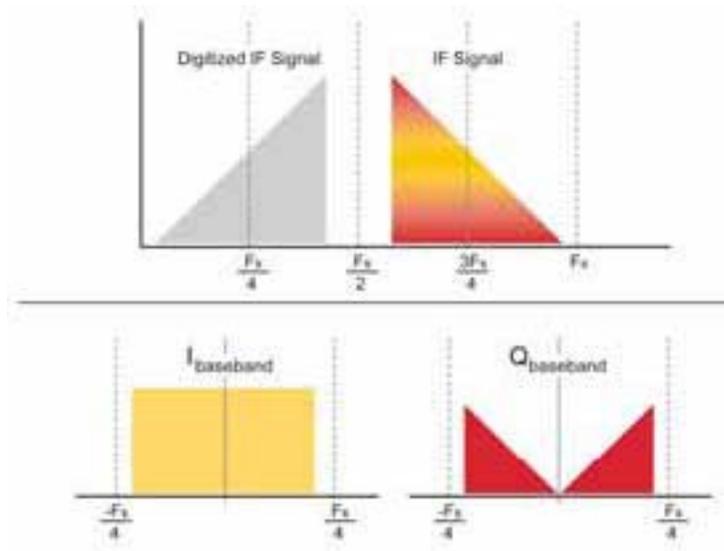
Pengubah digital sinyal IF dengan kecepatan sampel  $F_s$ . Pengubah digit IF kemudian dikirim ke DDC. Osilator numerik dalam DDC membangkitkan gelombang sinus dan cosines pada frekuensi pusat dari band yang menarik. Sinus dan cosines numerik ini dikalikan dengan

pengubah digit IF, membangkitkan aliran sampel I dan Q yang berisi semua informasi yang ada dalam IF asli. Aliran I dan Q kemudian dilewatkan melalui filter frekuensi rendah dengan lebar band yang dapat divariasikan. Frekuensi cut-off rendah divariasikan sesuai dengan luasan yang dipilih.

### 9.3.3.2. Sinyal Bandpass I dan Q

Proses pengambilan band frekuensi dan pengubahannya ke baseband menggunakan konversi turun ditunjukkan gambar 9-17. Sinyal IF asli diisi dalam ruang antara tiga membelah dua dari pencuplikan frekuensi dan pencuplikan frekuensi. Pencuplikan menghasilkan gambar dari sinyal ini antara nol dan  $\frac{1}{2}$  frekuensi pencuplikan. Sinyal kemudian dikalikan dengan sinus koheren dan sinyal cosines

pada senter dari passband yang dipilih, membangkitkan sinyal baseband I dan Q. Sinyal baseband merupakan harga riil dan simetris dengan aslinya. Informasi yang sama diisi frekuensi positif dan negatif. Semua modulasi diisi bandpass asli juga diisi dua sinyal. Frekuensi pencuplikan minimum diperlukan untuk setiap setengah dari aslinya. Ini memungkinkan untuk membagi dengan dua.



Gambar 9-17: Informasi passband dipertahankan dalam Idan Q terjadi pada setengah kecepatan sampel

### 9.3.3.3. Penghapusan

Teorema niquist menyatakan bahwa sinyal bandpass membutuhkan sampel hana pada kecepatan setengah sampai dua kali frekuensi tertinggi dari yang diamati. Waktu dan frekuensi merupakan jumlah timbal balik. Pengamatan frekuensi rendah diperlukan untuk mengamati rekaman waktu panjang. Penghapusan digunakan untuk keimbangan luas, pemrosesan waktu, rekaman panjang dan penggunaan memori. RSA sebagai contoh menggunakan kecepatan pencuplikan 51,2 MS/s pada pengubah A/D untuk mendigitkan lebar band 15 MHz. Rekaman I dan Q yang menghasilkan setelah DDC, memfilter dan menghapus untuk luasan 15 MHz pada kecepatan

pencuplikan efektif setengah asli, yaitu 25,6 MS/s. Jumlah total dari sampel yang tidak berubah, ditinggalkan dengan dua satuan sampel, masing-masing mempunyai kecepatan efektif 25,6MS/s mengganti pengaturan tunggal 51.2 MS/S. Penghapusan lebih jauh membuat span lebih sempit, menghasilkan waktu rekaman lebih lama untuk sejumlah sampel ekuivalen. Kelemahan kecepatan efektif pencuplikan lebih rendah adalah mengurangi waktu resolusi. Keuntungan dari kecepatan efektif pencuplikan lebih rendah adalah kecepatan komputasi lebih sedikit, penggunaan memori untuk rekaman waktu berkurang sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 9-1.

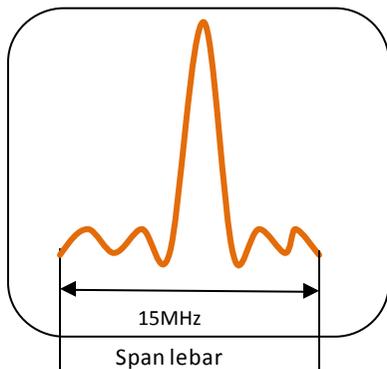
Tabel 9-1 **Span dipilih, dihapus dan kecepatan sampel efektif**  
(Tektronix RSA3300A Series and WCA200A Series)

Span	Decimation (n)	Effective Sample Rate	Time Resolution
15 MHz	2	25.6 MS/s	39.0625 ns
10 MHz	4	12.8 MS/s	78.1250 ns
1 MHz	40	1.28 MS/s	781.250 ns
100 kHz	400	128 kS/s	7.81250 ns
10 kHz	4000	12.8 kS/s	78.1250 ns
1 kHz	40000	1.28 kS/s	781.250 ns
100 Hz	400000	128 S/s	7.81250 ms

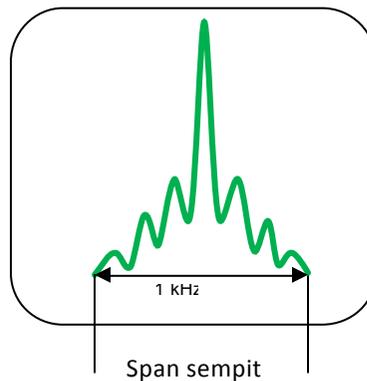
### 9.3.4. Pengaruh Rana Frekuensi dan Waktu Terhadap Kecepatan Pencuplikan

Penggunaan penghapusan mengurangi kecepatan efektif pencuplikan mempunyai beberapa konsekuensi untuk parameter penting pengukuran rana waktu

dan frekuensi. Contoh membandingkan span lebar dan sempit ditunjukkan dalam gambar 9-18 dan 9-19.



Gambar 9-18 Contoh lebar band pengambilan lebar



Gambar 9-19 Contoh lebar band pengambilan sempit

Peraga pengambilan band lebar suatu span frekwensi yang lebar dengan resolusi rana frekuensi

relative rendah. Dibandingkan terhadap pengabilan lebar band yang lebih sempit, kecepatan

sampel lebih tinggi dan lebar band resolusi lebih lebar. Dalam ranah waktu, panjang bingkai lebih pendek dan resolusi waktu lebih halus. Panjang rekaman sama dalam istilah jumlah sampel yang disimpan, namun sebagian dari waktu ditampilkan oleh sampel yang lebih pendek. Gambar 9-18. mengilustrasikan lebar pengambilan lebar band dan table 2-2 memberikan contoh dunia riil. Dalam hal kontras., pengambilan sempit lebar band diperagakan sebagai span kecil dari frekuensi dengan resolusi ranah frekuensi lebih tinggi. Dibandingkan dengan

pengambilan lebar lebar band , kecepatan sampel lebih rendah, sementara resolusi lebar band lebih sempit. Dalam ranah waktu, panjang bingkai lebih panjang, resolusi waktu lebih kasar dan dapat disediakan liputan panjang rekaman waktunya bertambah. Gambar 9-19. mengilustrasikan pengambilan sempit lebar band dan table 22 memberikan dunia riil. Skala dari jumlah sedemikian seperti resolusi frekuensi terdapat beberapa tingkatan besaran yang berbeda dari pengambilan band lebar.

**Tabel 9-2: Perbandingan pengaruh perubahan pengaturan span pada ranah frekuensi dan waktu ( RSA3300A Series and WCA200A Series)**

Instrument Settings	Wide span	Narrow span
Span	15 MHz	1 kHz
Sample Rate	51.2 MS / s	51.2 MS / s
Decimation	2	32000
Effective Sample Rate	25.6 MS / s	1.6 MS / s
Time Domain Effects		
Time Domain Resolution (sample)	39.0 ns	625 µs
Spectrogram Time Resolution (frame length)	40.0 µs	640 ms
Maximum Record Length (256 MB memory)	2.56 s	11.4 hours
Frequency Domain Effects		
Frequency Resolution (FFT bin width)	25.0 kHz	1.56 Hz
NBW (noise bandwidth)	43.7 kHz	2.67 Hz
Equivalent Gaussian RBW	41.2 kHz	2.52 Hz

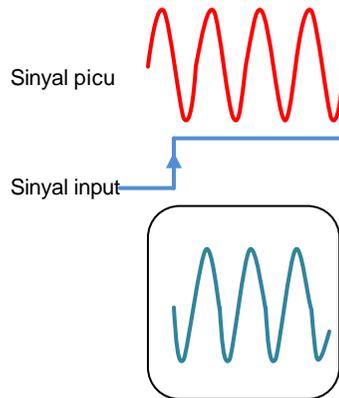
### 9.3.5. Pemicuan Waktu Riil

Penganalisa spektrum waktu riil menambah kuat spektrum ranah waktu dan analisis modulasi. Pemicuan kritis untuk pengambilan informasi ranah waktu. RSA menawarkan fungsi pemicuan unik, memberikan daya

dan picu topeng frekuensi sebaik picu eksternal pada umumnya dan didasarkan pada tingkatan picu. Pada umumnya sistem picu digunakan dalam osiloskop kebanyakan. Dalam osiloskop analog tradisional, sinyal yang

diamati diumpangkan ke salah satu masukan sementara picu diumpangkan pada yang lain. Picu menyebabkan dimulainya sapuan horizontal sementara amplitudo dari sinyal ditunjukkan sebagai pengganti vertikal yang dilapiskan

pada gratikul yang telah dikalibrasi. Bentuk paling sederhana, picu analog memungkinkan terjadi setelah picu untuk diamati, seperti ditunjukkan pada gambar 9-20.

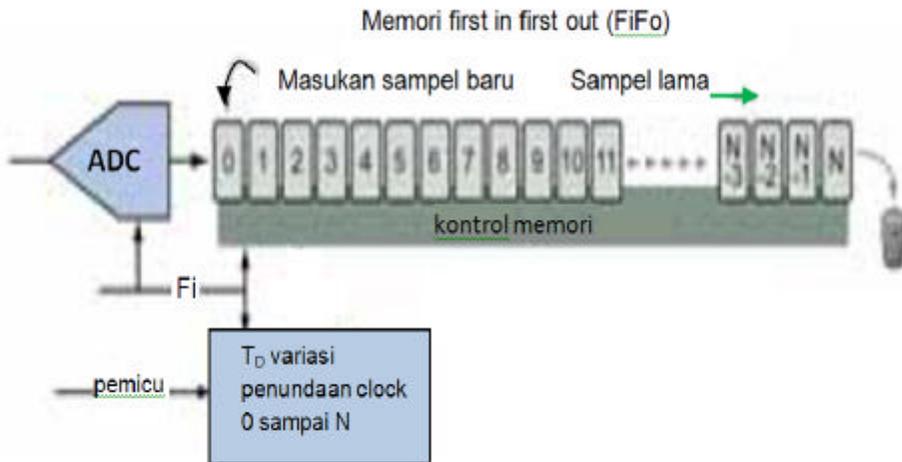


Gambar 9-20 Pemicuan waktu rill

### 9.3.5.1. Sistem Picu dengan Akuisis Digital

Kemampuan untuk menampilkan dan memproses sinyal secara digital, digabungkan dengan kapasitas memori yang besar, sehingga memungkinkan menangkap peristiwa yang terjadi sebelum picu, dengan kualitas baik seperti sesudahnya. Sistem akuisisi data dari jenis yang digunakan dalam RSA menggunakan pengubah analog ke digital (ADC) untuk mengisi kedalaman memori selama sinyal sampel diterima. Secara konsep

sampel baru secara terus menerus diumpangkan ke memori sementara sampel paling lama diturunkan. Contoh ditunjukkan pada gambar 9-21 suatu memori yang diatur untuk menyimpan N sampel. Pada saat kedatangan picu akuisisi dihentikan, isi memori dibekukan. Penambahan suatu variabel menunda dalam alur sinyal picu memungkinkan peristiwa yang terjadi sebelum picu sebaik yang datang setelah picu.



**Gambar 9-21: Pemicuan sistem akuisisi digital**

Dengan mempertimbangkan kasus yang tidak ada penundaan. Pemicu menyebabkan terjadinya pembekuan memori segera setelah sampel bersamaan dengan pemicu disimpan. Memori kemudian berisi sampel pada waktu pemicu seperti halnya sampel N yang terjadi sebelum pemicu. Hanya kejadian sebelum pemicu disimpan. Dengan mempertimbangkan kasus di atas yang mana penundaan diatur secara pasti sesuai dengan setelah pemicu. Hanya kejadian setelah pemicu disimpan.

Kedua kejadian sebelum dan sesudah pemicu dapat diambil jika

penundaan diatur untuk memecah panjang memori. Jika penundaan diatur setengah dari kedalaman memori, setengah sampel disimpan mendahului pemicu dan setengah sampel disimpan mengikuti pemicu. Konsep ini serupa untuk menunda pemicu digunakan dalam mode span nol dari suatu sapan SA konvensional. RSA dapat mengambil rekaman yang lebih panjang, bagaimanapun sinyal data ini sesudah itu dapat dianalisa ranah frekwensi, waktu dan modulasi. Piranti ini sangat kuat untuk aplikasi seperti pemantauan sinyal dan piranti pencarian gangguan atau kerusakan.

### 9.3.5.2. Mode Picu dan Corak

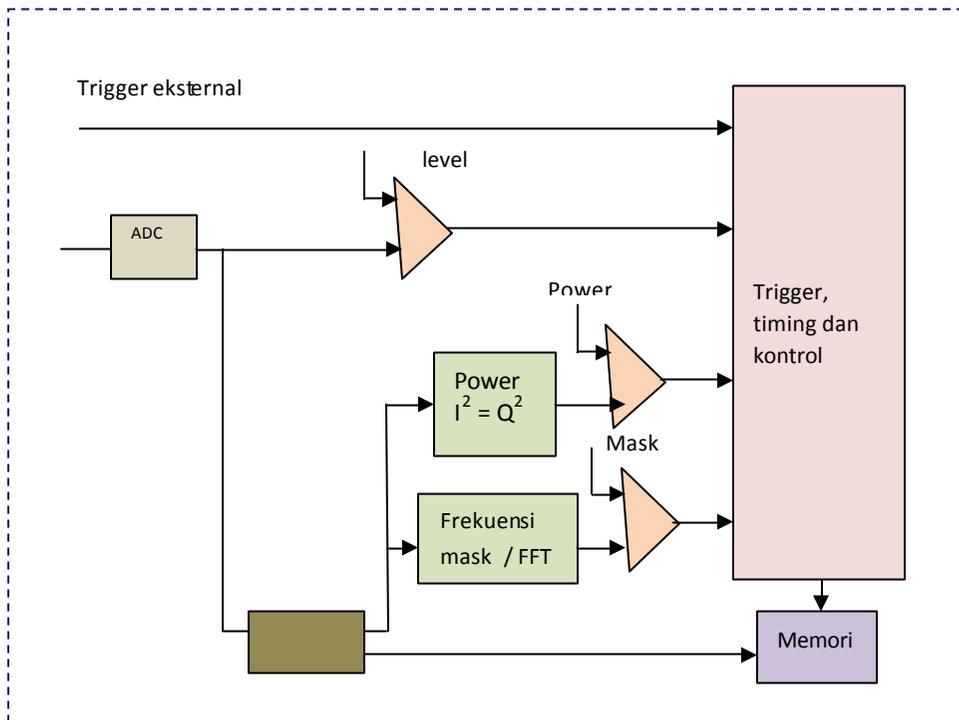
Mode free-run diperoleh sampel dari sinyal IF yang diterima tanpa pertimbangan kondisi picu. Spektrum modulasi atau pengukuran lain diperagakan sebagaimana adanya diperoleh dan diproses. Mode dipicu memerlukan sumber picu sebagaimana halnya pengaturan variasi parameter yang menegaskan kondisi untuk pemicuan sebagaimana perilaku instrumen dalam merespon picu. Pemilihan picu tunggal atau terus menerus menentukan apakah akuisisi diulangi setiap saat terjadi pemicuan atau dilakukan hanya

sekali setiap saat pengukuran. Posisi picu dapat diatur dari 0 sampai 100%, memilih sebagian dari blok akuisisi sebelum picu. Pemilihan 10% pengambilan data sebelum picu 1/10 dari blok yang dipilih dan data sesudah picu 9/10. Kemiringan memungkinkan pemilihan dari ujung kenaikan, ujung penurunan atau kombinasinya untuk pemicuan. Naik atau turun memungkinkan pengambilan sinyal bursts lengkap. Turun dan naik memungkinkan pengambilan celah, dalam cara lain sinyal yang berlanjut

### 9.3.5.3. Sumber-sumber Picu RSA

RSA memberikan beberapa metoda picu internal dan eksternal. Tabel 9-2 merupakan rangkuman variasi sumber-sumber picu waktu riil, pengaturannya dan resolusi waktu yang dikaitkan dengan yang lain. Picu eksternal memungkinkan sebuah sinyal TTL eksternal untuk mengendalikan akuisisi. Ini pada umumnya mengendalikan sinyal seperti mengkomando pensaklaran frekuensi dari sistem yang diuji. Sinyal eksternal ini memberi komando akuisisi dari suatu kejadian dalam sistem yang diuji. Picu internal tergantung pada

karakteristik sinyal yang sedang diuji. RSA mempunyai kemampuan memicu pada tingkat sinyal yang didigitkan, pada daya sinya setelah penyaringan dan penghapusan atau kejadian dari spectral komponen tertentu dengan menggunakan topeng frekuensi picu. Setiap sumber picu dan mode menawarkan keuntungan spesifik dalam kaitan selektivitas frekuensi, cakupan resolusi waktu dan dinamis. Fungsi unsur yang mendukung pengembangan ini ditunjukkan pada gambar 9-22.



**Gambar 9-22: Proses pemicuan penganalisa spektrum waktu riil**

Tingkat pemicuan sebanding dengan sinyal yang didigitkan pada keluaran dari ADC dengan mengatur pemilih pemakaian. Lebar band penuh dari digit sinyal yang digunakan, ketika pengamatan span sempit yang dikehendaki lebih lanjut penyaringan dan penghapusan. Tingkat pemicuan menggunakan digitisasi kecepatan penuh dan dapat mendeteksi kejadian sesingkat satu sampel pada kecepatan pengambilan sampel penuh. Resolusi waktu dari analisa aliran turun, bagaimanapun dibayasi pada kecepatan efektif pengambilan sampel. Level picu diatur sebagai persentase dari

level klip ADC, yaitu nilai biner maksimum (semua dalam ondsi logika 1). Ini erupakan kuantisasi linier yang tidak dibingungkan dengan peraga logaritmis, yang diekspresikan dalam dB.

Daya pemicuan dihitung dari sinyal setelah penyaringan dan penghapuan sinyal. Daya setiap pasangan disaring dari sampel I/Q ( $I^2/Q^2$ ) dibandingkan dengan pengaturan daya yang dipilih pemakai. Pengaturan dalam dB relatip terhadap skala penuh (dBfs) sebagaimana ditunjukkan pada layar logaritmis. Pengaturan dari tempat 0dBfs level picu pada puncak gratikul dan akan membangkitkan sinyal picu bila

daya total diisi dalam span yang melebihi level picu. Pengaturan -10dBfs akan memicu bila daya total dalam span mencapai level 10dB di bawah puncak gratikul. Perlu dicatat bahwa daya total dalam span membangkitkan sebuah sinyal picu. Dua sinyal CW masing-masing pada level -3dBm missal mempunyai kumpuln daya 0dBm.

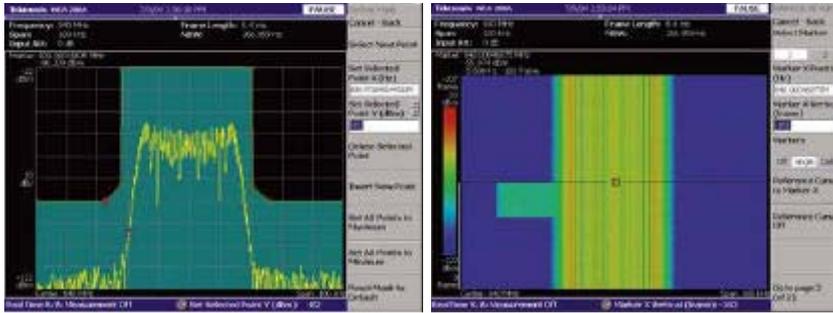
Pemicuan topeng frekuensi sebanding dengan bentuk spektrum untuk menegaskan topeng pengguna. Teknik ini sangat kuat memungkinkan perubahan bentuk spektrum untuk picu dan akuisisi. Picu topeng frekuensi dapat diandalkan untuk mendeteksi sinyal dibawah skala penuh pada saat ada sinyal lain

pada level yang lebih tinggi. Kemampuan ini untuk memicu pada sinyal lemah dihadapan sinyal kuat adalah kritis untuk mendeteksi sinyal sesaat., menghasilkan inter modulasi, spektrum transient dan masih banyak lagi. FFT penuh diperlukan untuk membandingkan sinyal terhadap topeng, pemenuhan kelengkapan bingkai. Resolusi waktu untuk picu topeng frekuensi secara kasar satu bingkai FFT, atau 1024 sampel pada kecepatan efektif pengambilan sampel. Picu peristiwa ditentukan penggunaan ranah frekuensi yang didedikasikan perangkat keras prosesor FFT sebagaimana ditunjukkan dalam blok diagram gambar 9-22.

#### **9.3.5.4. Membangun Topeng Frekuensi**

Seperti bentuk lain dari pengujian topeng, picu topeng frekuensi (juga dikenal sebagai picu ranah frekuensi) dimulai dengan definisi dari topeng pada layar. Definisi ini dilakukan dengan mengatur titik frekuensi dan amplitudonya. Topeng dapat digambarkan titik per titik atau penggambaran secara grafik dengan mouse atau piranti penunjuk lain. Picu dapat diatur untuk terjadi bila sinyal berada di luar topeng menerobos batas atau bila sinyal terjadi tiba-tiba di dalam topeng. Gambar 9-23

menunjukkan topeng frekuensi yang memungkinkan lintasan spektrum normal dari sinyal tapi bukan penyimpangan sesaat. Gambar 9-24 menunjukkan peraga spektogram untuk akuisisi yang telah dipicu pada saat sinyal sesaat melebihi topeng. Gambar 2-11 . menunjukkan spektrum untuk bingkai pertama dimana topeng telah melebihi. Perlu dicatat bahwa sebelum picu dan setelah picu data dikumpulkan dan keduanya ditunjukkan dalam spektogram.



**Gambar 9-23: Definisi topeng frekuensi**

**Gambar 9-24:** Spectrogram menunjukkan sinyal transien diatur pada pembawa. Cursor diatur pada titik picu sehingga data sebelum picu ditampilkan, diatas garis cursor dan data setelah picu diperagakan dibawah garis cursor. Garis sempit putih pada sisi kiri daerah biru dinotasikan data setelah picu.

### 9.3.5.5. Pewaktuan dan Picu

Pewaktuan pengendali, bila digunakan bersama dengan picu menawarkan suatu kombinasi kuat untuk menganalisa transien atau pewaktuan lain yang berkaitan dengan parameter. Panjang akuisisi menentukan panjang waktu untuk menyimpan sampel ke dalam memori berkaitan dengan adanya sinyal picu. Histori akuisisi menentukan seberapa banyak akuisisi sebelumnya akan dipertahankan setelah masing-masing picu baru. RSA menunjukkan panjang akuisisi dalam jendela overview ranah waktu. Panjang spektrum menentukan panjang waktu untuk peragakan spektrum yang dihitung. Offset spektrum menentukan penundaan atau membantu saat terjadi picu sampai bingkai FFT mulai diperagakan. Kedua panjang spektrum dan offset spektrum memiliki resolusi waktu dari satu

bingkai FFT (1024 sampel pada kecepatan pengambilan sampel efektif). RSA menunjukkan offset spektrum dan panjang spektrum menggunakan palang berwarna pada bagian dasar dari jendela overview ranah waktu. Palang warna dikunci pada peraga bersangkutan.

Panjang analisis menentukan panjang waktu untuk analisa modulasi dan pengukuran lain yang dibuat didasarkan waktu. Analisa offset menentukan penundaan atau picu sesaat sampai analisa dimulai. RSA menunjukkan analisa offset dan panjang pemakaian berupa palang warna pada bagian dasar dari jendela overview ranah waktu. Palang warna dikunci pada peraga yang bersangkutan.

Indikator picu keluaran memungkinkan pemakai untuk

memilih keluaran TTL yang berada dipanel depan digunakan untuk picu sesaat. Ini dapat digunakan untuk menyerempakkan

#### **9.3.6.7. Baseband DSP**

Hampir semua pengukuran penganalisa spektrum waktu riil dilakukan melalui pemroses sinyal digital (DSP) dari aliran data I dan Q yang dibangkitkan oleh blok

#### **9.3.6.8. Kalibrasi / Normalisasi**

Kalibrasi dan normalisasi mengganti untuk penguatan dan respon frekuensi dari rangkaian analog yang mendahului pengubah analog ke digital (A/D). Kalibrasi dilakukan di pabrik dan disimpan dalam memori berupa table-tabel kalibrasi. Koreksi dari table-tabel yang disimpan diaplikasikan untuk mengukur sebagai besaran yang diperhitungkan. Kalibrasi diberikan secara teliti dapat dilacak pada lembaga yang

#### **9.3.6.8. Penyaringan**

Banyak proses pengukuran dan kalibrasi membutuhkan penyaringan dalam penambahan penyaringan dalam IF dan DDC / penghapus. Penyaringan dikerjakan secara numeric pada sampel I dan Q yang disimpan dalam memori.

Pewaktuan, Sinkronisasi dan Pensampelan kembali  
Pewaktuan berkaitan dengan sebagian besar sinyal kritis pada

pengukuran RSA dengan instrumen lain seperti osiloskop atau penganalisa logika.

DDC dan disimpan ke dalam memori akuisisi. Berikut ini merupakan diskripsi dari beberapa fungsi utama blok yang diimplementasikan dengan DSP.

bertanggungjawab pada standarisasi pengukuran. Normalisasi pengukuran yang dilakukan secara internal untuk mengkoreksi variasi yang disebabkan oleh perubahan temperature, umur dan satuan ke satuan lain yang berbeda. Seperti halnya kalibrasi, konstanta normalisasi disimpan dalam memori dan diaplikasikan sebagai koreksi pada perhitungan pengukuran.

kebanyakan sistem RF modern. RSA memberikan analisa yang berkaitan dengan waktu dari spektrum, modulasi dan daya sehingga memungkinkan waktu berhubungan antara variasi karakteristik RF untuk diukur dan diteliti. Clock sinkronisasi dan sinyal pensampelan kembali dibutuhkan untuk demodulasi dan pemrosean pulsa.

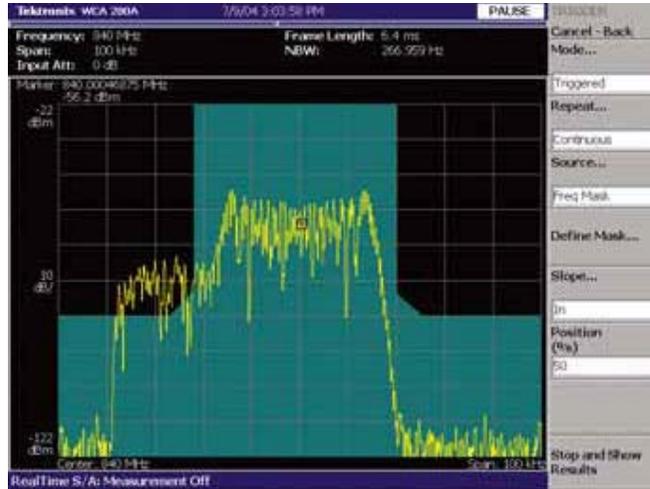
### 9.3.6.9. Analisa Transformasi Fast Fourier

Fast Fourier Transform (FFT) merupakan jantung dari penganalisa spektrum waktu riil. Dalam RSA algoritma FFT pada umumnya menerapkan transformasi sinyal ranah waktu ke dalam spektrum ranah frekuensi. Secara konsep, pemrosesan FFT dapat dipandang sebagai melewatkan sinyal melalui sekumpulan penyaring parallel dengan frekuensi resolusi dan lebar band sama. Keluaran FFT pada umumnya harga kompleks. Untuk analisa spektrum, amplitudo dari hasil kompleks biasanya sangat menarik. Proses FFT dimulai dengan penghapusan dan komponen base band I dan Q disaring dengan baik, yang mana ditampilkan dalam bentuk sinyal kompleks dengan I sebagai bagian riil dan Q sebagai bagian imajiner. Dalam pemrosesan FFT, sampel diatur dari sinyal kompleks I dan Q diproses pada saat yang sama. Pengaturan sampel dinamakan bingkai FFT. FFT berfungsi pada sampel sinyal waktu dan menghasilkan sampel fungsi frekuensi dengan panjang yang sama. Jumlah sampel dalam FFT, pada umumnya berupa daya dari 2, juga dinamakan ukuran FFT. Misal 1024 titik FFT dapat ditransformasi 1024 I dan 1024 Q ke dalam sample 1024 titik ranah frekuensi kompleks dalam diskusi sebelumnya penyaring-penyaring inidihubungkan secara parallel. Dua garis spektrum lebih dekat

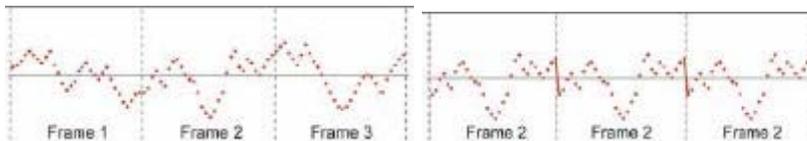
dibanding lebar bin tidak bisa dipecahkan. Resolusi frekuensi FFT merupakan lebar masing-masing frekuensi bin, sama dengan frekuensi sampel dibagi dengan ukuran FFT.

Memberikan frekuensi sampel sama, ukuran FFT lebih besar resolusi frekuensi lebih halus. Untuk RSA dengan kecepatan pengambilan sampel 25,6 MHz dan ukuran FFT 1024, resolusi frekuensi adalah 25 kHz. Resolusi frekuensi dapat ditingkatkan dengan menambah ukuran FFT atau dengan mengurangi frekuensi sampel. RSA, sebagaimana telah disebutkan di atas menggunakan Digital Down Converter dan penghapusan untuk mengurangi kecepatan pengambilan sampel efektif sebagai span frekuensi yang sempit, secara efektif menawarkan resolusi waktu untuk resolusi frekuensi. Sementara ukuran FFT dipertahankan dan penghitungan kompleksitas ke tingkat yang dapat dikendalikan. Pendekatan ini memungkinkan resolusi halus pada span sempit tanpa waktu perhitungan berlebihan. Pada span lebar dimana resolusi frekuensi cukup lebih kasar.

Batas praktis pada ukuran FFT adalah seringnya peragaan resolusi. Karena suatu FFT resolusi lebih besar dari pada jumlah titik yang diperagakan.



**Gambar 9-25: Satu bingkai spektrogram yang menunjukkan kejadian picu dimana sinyal transien terjadi disekitar topeng frekuensi**



**Gambar 9-26: Tiga bingkai sampel sinyal ranah waktu**

**Gambar 9-27: Diskontinuitas yang disebabkan oleh ekstensi periodic dari sampel dan bingkai tunggal**

### 9.3.6.9.1. Jendela

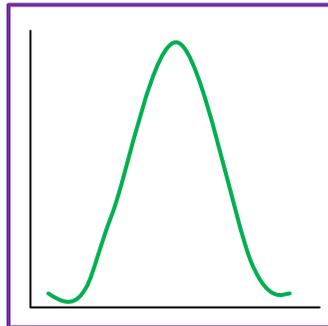
Ada suatu asumsi yang tidak bisa dipisahkan dalam matematika dari Discrete Fourier Transform dan analisa FFT yang mana data diproses berupa perioda tunggal dari pengulangan sinyal. Gambar 9-26 melukiskan serangkaian sampel ranah waktu. Pada saat memproses FFT diaplikasikan pada bingkai 2, misal perluasan sinyal periodik. Discontinuitas antar bingkai berurutan pada umumnya terjadi seperti ditunjukkan pada gambar 9-27 Tiruan diskontinuitas menimbulkan

respon palsu tidak ada dalam sinyal aslinya, yang dapat membuat tidak mungkin untuk mendeteksi sinyal kecil yang berada didekat yang besar. Ini berpengaruh dinamakan kebocoran spektrum.

RSA menerapkan teknik jendela pada bingkai FFT sebelum pemrosesan FFT dibentuk untuk mengurangi pengaruh kebocoran spektrum. Fungsi jendela pada umumnya mempunyai bentuk bel. Terdapat sejumlah fungsi

jendela yang populer Blackman-Harris profil 4B(BH4B) ditunjukkan

dalam gambar 9-28.



Gambar 9-28: Profil jendela Blackman-Harris 4B (BH4B)

Fungsi jendela Blackman-Harris 4B ditunjukkan dalam gambar 9-25. memiliki harga nol untuk sampel pertama dan terakhir dan kurva kontinu diantaranya. Perkalian bingkai FFT dengan fungsi jendela mengurangi diskontinuitas pada akhir bingkai. Dalam kasus ini jendela Blackman-Harris, dapat mengurangi diskontinuitas bersama.

#### 9.3.6.9.2. Efek jendela adalah untuk menempatkan beban lebih besar pada sampel

di pusat jendela dibanding menjauh dari pusat, membawa harga nol pada akhir. Ini dapat dipikirkan secara efektif mengurangi waktu yang dihitung oleh FFT. Waktu dan frekuensi adalah jumlah timbale balik. Semakin kecil waktu sampel resolusi frekuensi semakin lemah (lebar). Untuk jendela Blackman-Harris 4B, resolusi frekuensi efektif mendekati dua kali sebaik nilai

yang dapat dicapai tanpa jendela.

Implikasi lain dari jendela adalah data ranah waktu dimodifikasi dengan menghasilkan jendela suatu keluaran spektrum FFT yang sangat sensitive terhadap perilaku pusat bingkai, dan tidak dapat merasakan perilaku di permulaan dan akhir bingkai. Sinyal transien muncul dekat salah satu ujung dari bingkai FFT yang dilonggarkan dan dapat luput semuanya sama sekali. Masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan bingkai tumpang tindih, teknik kompleks meliputi trade-off antara penghitungan waktu dan kerataan ranah waktu untuk mencapai performansi yang diinginkan. Secara singkat diuraikan di bawah ini.

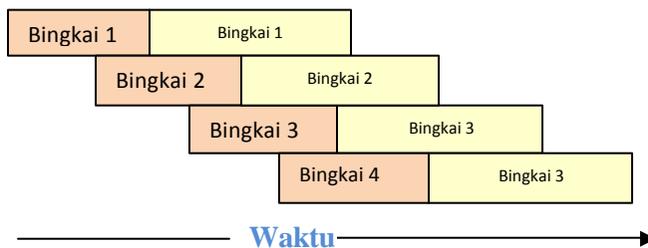
#### 9.3.6.9.3. Pemrosesan Paska FFT

Karena fungsi jendela melemahkan sinyal pada kedua ujung dari bingkai, ini mengurangi daya sinyal keseluruhan,

amplitudo spektrum diukur dari FFT dengan jendela harus diskala untuk memberikan pembacaan amplitudo dengan benar. Untuk sinyal gelombang sinus murni factor skala merupakan penguatan DC dari fungsi jendela. Setelah pemrosesan juga digunakan untuk menghitung amplitudo spektrum dengan menjumlahkan bagian riil yang dikotak dan bagian kotak imajiner pada setiap bin FFT. Spektrum amplitudo pada umumnya diperagakan dalam skala logaritmis sehingga berbeda dengan frekuensi cakupan amplitudo lebar dan diperagakan secara serempak pada layar yang sama.

Beberapa penganalisa spektrum waktu riil dapat dioperasikan dalam mode waktu riil dengan bingkai tumpang tindih. Pada saat ini terjadi, bingkai sebelumnya diproses pada saat sama dengan bingkai baru diperoleh. Gambar 2-29. menunjukkan bagaimana bingkai diperoleh dan diproses. Satu keuntungan dari bingkai tumpang tindih kecepatan penyegaran peraga ditingkatkan, efek yang paling nyata dalam membatasi span yang diperoleh sempit waktu akuisisi panjang. Tanpa bingkai overlap, layar peraga tidak dapat diperbaharui sampai diperoleh bingkai baru masuk. Dengan bingkai overlap, bingkai baru diperagakan sebelum bingkai sebelumnya diselesaikan.

#### 9.3.6.9.4. Bingkai Overlap



Gambar 9-29: Sinyal akuisisi, pemrosesan dan peraga menggunakan bingkai overlap

Keuntungan lain peraga ranah frekuensi dalam peraga spektogram. Karena jendela menyaring mengurangi kontribusi dari sampel pada setiap akhir bingkai ke nol, spektrum terjadi pada sambungan antara dua bingkai, diatur dapat hilang jika bingkai tidak overlap. Bagaimanapun, mempunyai bingkai yang overlap memastikan bahwa semua spektrum akan

dapat dilihat pada peraga spektrogram dengan mengabaikan efek jendela.

#### 9.3.6.9.5. Analisa Modulasi

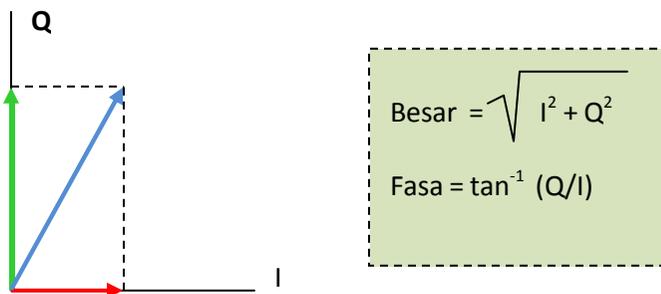
Modulasi merupakan alat yang melewati sinyal RF sebagai pembawa informasi. Analisis modulasi menggunakan RSA tidak hanya mentransmisikan isi data namun juga mengukur secara akurat dengan sinyal yang

dimodulasikan. Lebih dari itu, mengukur banyaknya kesalahan dan pelemahan yang menurunkan tingkat kualitas modulasi. Sistem komunikasi modern telah secara drastis ditingkatkan jumlah format modulasi yang digunakan. Kemampuan menganalisa RSA pada banyak format dan memiliki arsitektur yang memungkinkan untuk menganalisa format baru.

### 9.3.6.10. Modulasi Amplitudo, Frekuensi dan Pasa

Pembawa RF dapat mengantarkan informasi dalam banyak cara didasarkan pada variasi amplitudo, pasa dari pembawa. Frekuensi merupakan waktu yang diturunkan dari fase. Frekuensi modulasi (FM) meskipun waktu diturunkan dari pasa modulasi (PM). Pengunci pergeseran pasa quadrature (QPSK) merupakan format modulasi digital yang symbol

berbagai titik keputusan terjadi pada 90° dari pasa. Quadrature Amplitudo Modulation (AM) merupakan format modulasi tingkat tinggi yang kedua amplitudo dan pasa divariasi secara serempak untuk memberikan berbagai keadaan. Bahkan format modulasi sangat kompleks seperti Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) dapat menjadi dekomposisi kedalam besaran dan komponen pasa. Besaran dan pasa dapat dipandang sebagai panjang dan sudut vector dalam sistem coordinator polar. Pada titik yang sama dapat diekspresikan dalam koordinat cartesian atau koordinat segi empat. Format I/Q dari sampel waktu disimpan dalam memori oleh RSA secara matematis ekuivalen koordinat Cartesian, I dengan mempresentasikan I horizontal atau komponen X dan Q vertikal sebagai komponen Y.



Gambar 9-30 Vektor besaran dan pasa

Gambar 9-30. mengilustrasikan besaran dan pasa dari vector sepanjang komponen I dan Q. Demodulasi Am terdiri dari penghitungan besaran sesaat

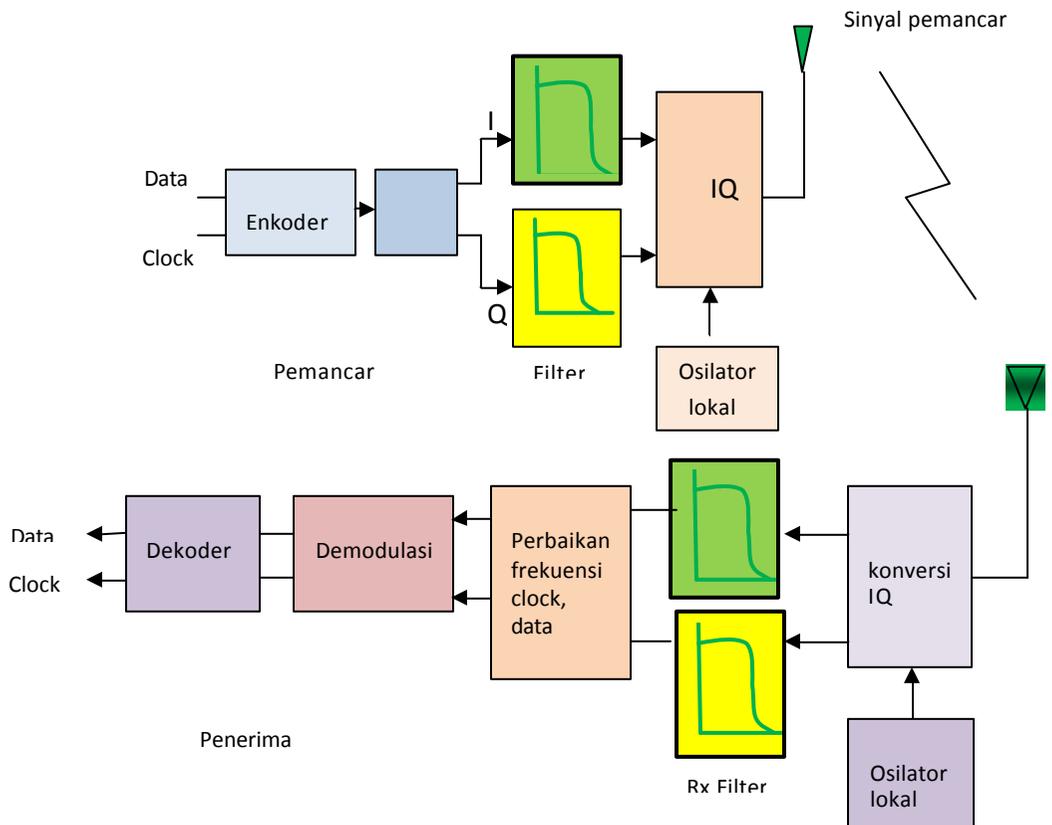
untuk setiap sampel I/Q disimpan dalam memoro dan menggambarkan hasil dari waktu ke waktu. Modulasi PM terdiri dari penghitungan sudut pasa dari

sampel I dan Q dalam memori dan menggambarannya dari waktu ke waktu setelah penghitungan untuk discontinuitas dari fungsi arctangent pada  $\pm\pi/2$ . Suatu kali pada PM dihitung untuk direkam waktunya, FM dapat dihitung dengan mengambil waktu penurunan.

### 9.3.6.10.1. Modulasi Digital

Pemrosesan sinyal dalam sistem komunikasi digital pada umumnya ditunjukkan pada gambar 9-31. Proses memancarkan dimulai dengan mengirim data dan clock. Data dan clock dilewatkan melalui sebuah encoder yang menyusun data kembali, dan menambahkan bit sinkronisasi serta mengembalikan jika terjadi kesalahan dalam membuat sandi

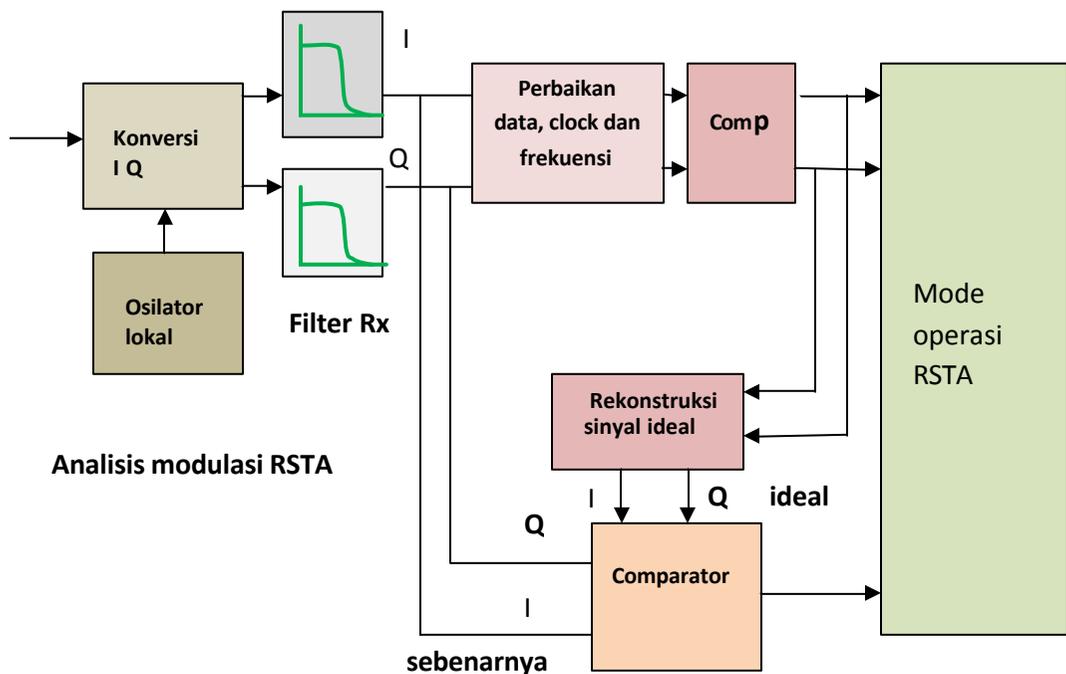
dan perebutan (**scrambling**). Data kemudian dipisah ke dalam alur I dan Q dan disaring, perubahan bentuk gelombang dari bit ke analog yang kemudian dikonversi ke atas ke dalam kanal yang tepat dan dipancarkan ke udara. Pada saat dipancarkan sinyal mengalami penurunan karena pengaruh lingkungan yang tidak bisa diacuhkan.



Gambar 9-31 : Tipikal sistem telekomunikasi digital

Proses penerimaan kebalikan dengan proses transmisi dengan beberapa langkah tambahan. Sinyal RF dikonversi turun ke sinyal baseband I dan Q yang dilewatkan melalui penyaring Rx seringkali dirancang untuk memindahkan interferensi intersymbol. Kemudian sinyal diteruskan melalui algoritma dikembalikan pada frekuensi, pisa dan data dengan tepat. Ini diperlukan untuk mengoreksi penundaan multi alur dan pergeseran Doppler dalam alur dan kenyataan bahwa osilator Rx dan Tx tidak selalu disinkronkan. Frekuensi, pisa dan clock dibetulkan, sinyal didemodulasi dan didekode kesalahan dikoreksi dan bit dibetulkan.

Banyak variasi modulasi digital meliputi FSK yang umum dikenal, BPSK, QPSK, GMSK, QAM, OFDM dan yang lain. Modulasi digital seringkali dikombinasi dengan penyaring, pengendali daya, koreksi kesalahan dan protocol komunikasi meliputi standard komunikasi digital tertentu yang tujuannya adalah untuk mentransmisikan bit bebas kesalahan dari informasi antar radio ujung berlawanan dari sebuah hubungan. Sebagian besar kompleksitas terjadi dalam format komunikasi digital diperlukan untuk mengganti kesalahan dan pelemahan yang masuk sistem sebagai sinyal yang berjalan melalui udara.



Gambar 9-32: Blok diagram analisa modulasi RSA

Tahapan pemrosesan sinyal diperlukan untuk analisis modulasi digital diilustrasikan dalam gambar 9-32. Dasar pemrosesan sama seperti penerima kecuali bahwa pembetulan symbol digunakan untuk mengkonstruksi secara matematis sinyal I dan Q ideal. Sinyal ideal ini dibandingkan dengan yang sebenarnya atau diturunkan sinyal I dan Q untuk menghasilkan analisis pengukuran modulasi yang diperlukan.

#### **9.3.6.10.1. Pengukuran Daya dan Statistik**

RSA dapat melaksanakan pengukuran daya pada kedua ranah frekuensi dan ranah waktu. Pengukuran ranah waktu dibuat dengan memadukan daya dalam baseband I dan Q, sinyal disimpan dalam memori sampai interval waktu tertentu. Pengukuran ranah frekuensi dibuat dengan

memadukan daya dalam spektrum sampai interval frekuensi tertentu. Penyaring kanal diperlukan untuk banyak pengukuran yang standar, kemungkinan diaplikasikan pada kanal daya. Parameter kalibrasi dan normalisasi juga diaplikasikan untuk mempertahankan ketelitian pada semua kondisi yang dispesifikasikan.

Komunikasi standar seringkali menspesifikasi pengukuran statistik untuk komponen dan piranti akhir pemakai. RSA memiliki pengukuran rutin menghitung statistik yang demikian seperti Complementary Cumulative Distribution Function (CCDF) dari sinyal yang seringkali digunakan untuk mengkarakterisasi perilaku daya puncak ke rerata dari sinyal yang dimodulasi kompleks.

#### **9.3.6.10.2. Pengukuran Dengan Real-Time Spektrum**

Beberapa hal detail yang bersangkutan kecepatan pengambilan sampel dan jumlah titik FFT merupakan produk mandiri. Sebagaimana pengukuran

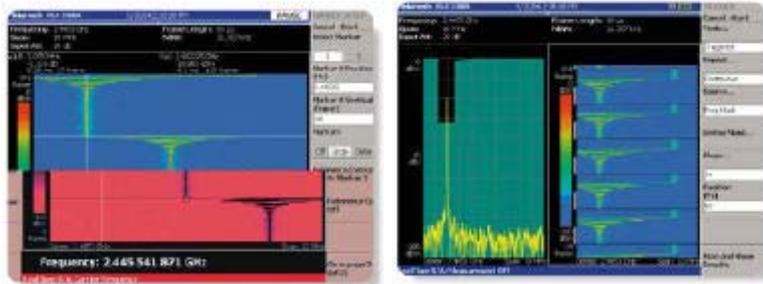
yang lain dalam pembahasan ini berisi informasi aplikasi khusus RSA dan WCA seri penganalisa spektrum waktu riil.

#### **9.3.6.11. Pengukuran Ranah Frekuensi**

##### **9.3.6.11.1. SA waktu Riil**

Mode ini memberikan pengambilan tak terikat dalam waktu riil, pemicuan waktu riil dan kemampuan menganalisa pengambilan data ranah waktu diperagakan menggunakan daya

terhadap frekuensi dan spektrogram. Mode ini juga memberikan beberapa pengukuran otomatis seperti pengukuran frekuensi pembawa ditunjukkan pada gambar 9-33.



Gambar 9-33:Spektogram frekuensi sinyal hopping mode SA waktu riil

Gambar 9-34: Beberapa blok yang diperoleh dengan menggunakan picu topeng frekuensi untuk mengukur pengulangan frekuensi transien pensaklaran

Spektogram mempunyai tiga sumbu :

1. Sumbu horizontal menampilkan frekuensi
2. Sumbu vertikal menampilkan waktu
3. Warna menunjukkan besarnya amplitudo

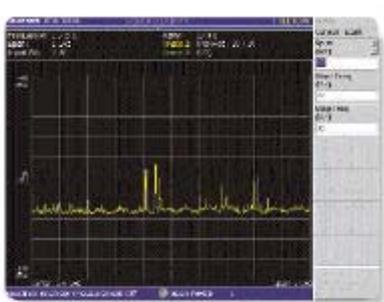
Bila dikombinasikan dengan kemampuan pemunculan waktu riil, ditunjukkan dalam gambar 9-34. spektogram menjadi alat pengukuran yang lebih berguna untuk sinyal RF dinamis. Ada beberapa hal yang harus diingat pada saat menggunakan peraga spektogram :

- Bingkai waktu span-mandiri (span lebar = waktu singkat)
- Satu langkah vertikal melalui spektogram sama dengan satu frame waktu riil
- Satu bingkai waktu riil sama dengan 1024 sampel ranah waktu
- Bingkai terlama berada pada puncak layar, bingkai terbaru ada pada dasar layar
- Data dalam blok secara tak terikat diambil dan dalam waktu yang bersangkutan
- Garis hitam horizontal pada penampilan spektogram menunjukkan batas antar blok. Terdapat tiga celah dalam waktu yang terjadi antar akuisisi.
- Garis putih pada sisi kiri dari peraga spektogram menandakan data setelah dipicu

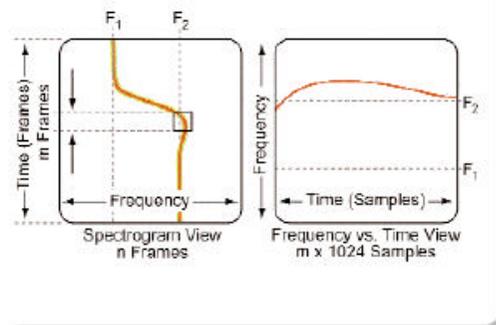
### 9.3.11.2. Standar SA

Mode standar SA ditunjukkan dalam gambar 935, memberikan pengukuran ranah frekuensi yang menandingi SA sapuan tradisional. Span frekuensi yang melebihi lebar band waktu riil dari instrumen, ini dicapai dengan mengatur span RSA seperti pada penganalisa spektrum tradisional

kebanyakan. Mode ini juga memberikan RBW yang dapat diatur, fungsi merata dan kemampuan mengatur FFT dan pengaturan jendela. Picu waktu riil dan pengambilan tak terikat waktu riil tidak dapat disediakan dalam mode SA standar.



Gambar 9-35: Mode SA standar menunjukkan pengukuran frekuensi diatas 1GHZ menggunakan span maxhold



Gambar 9-36 Perbandingan spektrogram frekuensi terhadap waktu

### 9.3.6.11.3. SA Dengan Spektrogram

Mode SA dengan spektrogram memberikan fungsi sama seperti mode SA standar dengan tambahan peraga spektrogram. Mode ini memungkinkan pemakai memilih span yang lebih besar dari pada lebar band maksimum akuisisi waktu riil dari RSA. Tidak sebagaimana dalam mode SA

waktu riil, meskipun SA dengan mode spektrogram tidak memiliki picu waktu riil, tidak ada pengembalian tanpa ikatan data tidak disimpan dalam memori instrumen. Ini membuatnya tidak mungkin untuk memutar balik membaca waktu melalui data yang diperagakan pada spektrogram.

### 9.3.6.11.4. Pengukuran Ranah Waktu

Pengukuran frekuensi terhadap waktu memperagakan frekuensi pada sumbu vertikal dan waktu pada sumbu horisontal. Ini memberikan hasil serupa dengan apa yang ditunjukkan pada peraga spektrogram, dengan dua hal

penting yang berbeda. Pertama pandangan frekuensi terhadap waktu mempunyai resolusi ranah waktu yang lebih baik dari pada spektrogram. Kedua pengukuran ini menghitung nilai merata frekuensi tunggal untuk setiap titik

waktu, alat ini tidak dapat memperagakan berbagai sinyal RF seperti yang dapat dilakukan spektrogram.

Spektrogram merupakan kom[ilasi dari bingkai dan memiliki garis demi garis resolusi waktu yang sama dengan panjang satu bingkai dan pandangan frekuensi terhadap waktu memiliki resolusi waktu satu interval sampel. Dengan asumsi 1024 sampel dalam satu bingkai, resolusi dalam mode ini adalah 1024 kali lebih halus dari pada spektrogram. Ini membuat mudah untuk melihat pergeseran frekuensi yang kecil dalam detil besar. Fungsi hampir menyerupai counter yang sangat cepat. Setiap 1024 titik sampel menunjukkan harga frekuensi, apakah span beberapa ratus hertz atau megahertz. Frekuensi sinyal konstan sebagaimana CW dan AM menghasilkan suatu tingkat peraga datar.

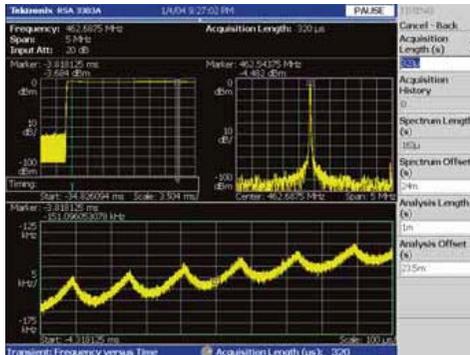
Pandangan frekuensi terhadap waktu memberikan hasil terbaik bila terdapat sinyal yang relatif kuat pada frekuensi yang unik. Gambar 3-4 merupakan ilustrasi perbandingan yang sederhana frekuensi terhadap waktu

diperagakan dengan spektrogram. Peraga frekuensi terhadap waktu merupakan suatu cara melihat yang diperbesar memperbesar sebagian dari spektrogram. Ini sangat bermanfaat untuk menguji kejadian transien seperti frekuensi overshoot dan ringing. Bila terdapat berbagai sinyal dalam lingkungan yang diukur, atau sinyal dengan tingkat noise atau ada sebentar, spektrogram tetap menunjukkan yang dikehendaki. Ini memberikan visualisasi dari semua frekuensi dan aktivitas amplitudo pada span yang telah dipilih. Gambar 9-37, 9-38, and 9-39 menunjukkan tiga pandangan analisa yang berbeda dari akuisisi yang sama. Sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 9-37. picu topeng frekuensi digunakan untuk mengambil sinyal transien yang berasal dari pemancar mempunyai permasalahan dengan stabilitas frekwensi selama bekerja. Karena osilator tidak diatur pada frekuensi senter layar, sinyal RF pecahkan topeng frekuensi ditunjukkan pada sisi kiri karena picu. Gambar spektrogram pada sisi kanan menunjukkan perilaku frekuensi dari alat yang diamati.



Gambar 9-37: Spektrogram pengesetan frekuensi di atas 5 MHz of dan waktu 35 ms

Gambar 9-38: Frekuensi terhadap waktu pengesetan di atas 5 MHz dan waktu 25 ms



Gambar 9-39: Pengesetan frekuensi diatas 50Hz dari frekuensi dan waktu 1ms yang diperbesar

Pada dua gambar peraga berikutnya menunjukkan frekuensi terhadap waktu dari sinyal yang sama, gambar 9-38. menunjukkan perilaku frekuensi yang sama seperti spektrogram yang menggunakan panjang analisa 25 ms. Gambar 9-39 menunjukkan

kemampuan untuk memperbesar suatu analisa panjang 1ms, menunjukkan perubahan frekuensi dari waktu ke waktu dengan resolusi ranah waktu yang lebih halus. Ini mengungkapkan sisa osilasi pada sinyal yang terjadi setelah frekuensi mantap benar.

### 9.3.6.11.5. Daya Terhadap Waktu

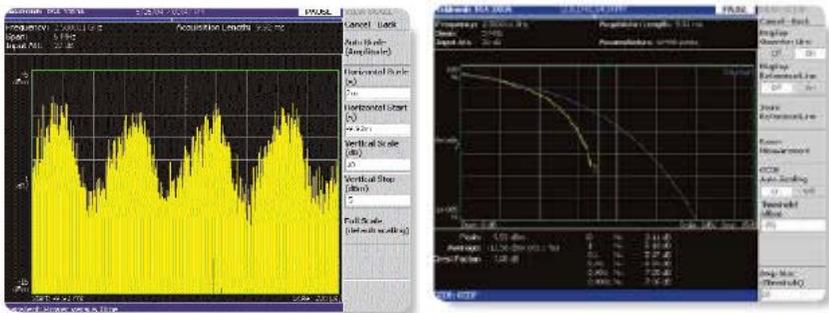
Peraga daya terhadap waktu (gambar 9-40.) menunjukkan bagaimana daya dari perubahan sinyal pada sampel dengan basis sampel. Amplitudo sinyal digambarkan dalam skala

logaritmis dBm. Peraga ini serupa dengan osiloskop pandangan ranah waktu sumbu horizontal memperlihatkan waktu. Sumbu vertikal menunjukkan daya pada skala log, skala linier tegangan

diganti dan diperlihatkan daya total yang dideteksi dalam span yang dipilih. Daya sinyal konstan akan diperagakan jejak rata karena

tidak ada perubahan rerata daya per siklus. Setiap titik sampel waktu, daya dihitung sebagai berikut :

$$\text{Power} = 10 \cdot \log \frac{(P + Q^2)}{1 \text{ m W}}$$



**Gambar 9-40. Peraga daya terhadap waktu**

**Gambar 9-41. Pengukuran CCDF**

Peraga daya terhadap waktu dapat disediakan dalam jendela overview untuk semua pengukuran waktu riil. Ini dapat juga ditunjukkan jendela analisa menggunakan mode daya terhadap waktu.

### 9.3.6.11.6. Komulatif Komplementer

#### 9.3.6.11.6.1. Fungsi Distribusi

Pandangan peraga Complementary Cumulative Distribution Function (CCDF) kemungkinan daya puncak diatas rerata melampaui sinyal yang diukur, amplitudo diperagakan pada sumbu horizontal. Kemungkinan diperagakan sebagai persen dalam skala vertikal. Sumbu vertikal logaritmis. Analisa DDF mengukur factor crest variasi waktu, yang mana ini penting untuk sinyal digitalkebanyakan, khususnya yang menggunakan CDMA atau OFDM. Faktor crest merupakan

perbandingan puncak tegangan sinyal dibagi dengan rerata tegangan, hasil diekspresikan dalam dB.

$$C = 20 \cdot \log \left( \frac{V_{peak}}{V_{rms}} \right)$$

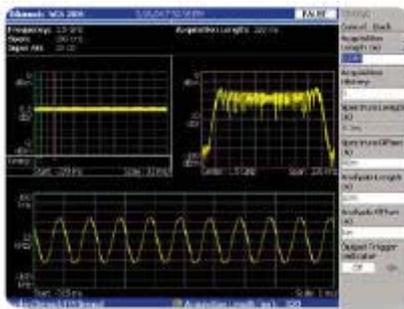
Faktor crest sinyal menentukan seberapa linier suatu pemancar atau penerima harus pada tingkatan berapa sehingga mampu mencegah distorsi sinyal pada tingkat yang tidak dapat diterima.

Kurva CCDF ditunjukkan dalam gambar 9-41. sinyal diukur dalam warna kuning dan jejak acuan Gaussian biru. CCDF dan factor crest menarik khususnya para perancang yang harus menyeimbangkan konsumsi daya dan performansi distorsi dari suatu piranti seperti penguat.

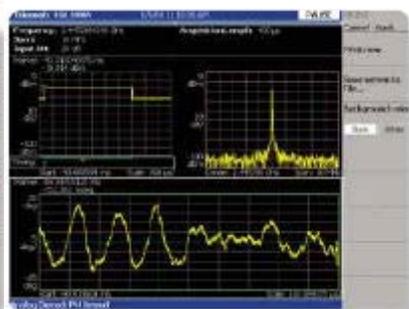
### 9.3.6.11.6.2. I/Q Terhadap Waktu

Transien I/Q terhadap waktu ditunjukkan pada gambar 9-42. merupakan pandangan lain ranah waktu yang diperagakan amplitudo I dan Q sebagai fungsi waktu.

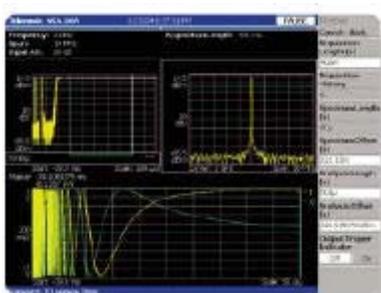
Pengukuran ini ditunjukkan sinyal keluaran I dan Q yang berasal dari pengubah digital menurun. Sebagai hasilnya, peraga ini tidak disinkronkan dengan modulasi yang mungkin ada pada sinyal yang sedang dianalisa, tidak sebagaimana pada mode pengukuran I/Q terhadap waktu dalam demodulasi digital. Pengukuran ini dapat dimanfaatkan sebagai alat pencari gangguan untuk pemakai ahli, khususnya berkaitan dengan kesalahan ketidakstabilan frekuensi dan pasa.



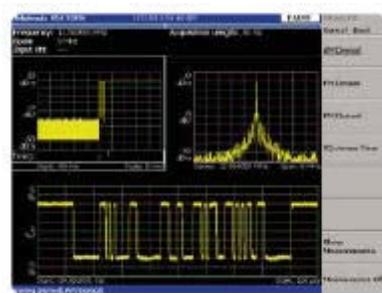
Gambar 9-42. Pengukuran pengaturan transien I/Q terhadap waktu untuk data



Gambar 9-43.: Analisa demodulasi AM sinyal pulsa dengan menggunakan pengunci pergeseran amplitudo



Gambar 9-44.: Analisa demodulasi FM sinyal yang dimodulasi dengan sinus



Gambar 9-45: Analisa demodulasi PM pasa tak stabil melebihi panjang burst.

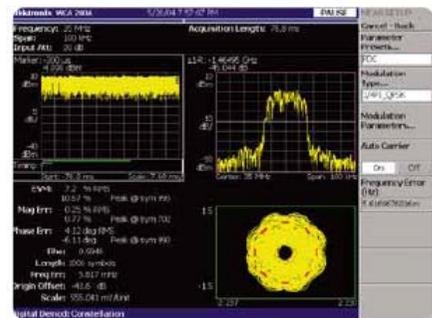
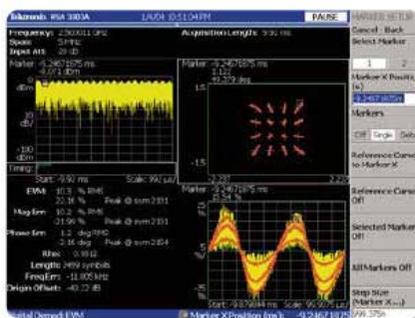
### 9.3.11.6.3. Pengukuran Ranah Modulasi Analisis Modulasi Analog

Pengukuran mode analog demodulasi untuk mendemodulasi dan menganalisa emplitudo modulasi (gambar 9-43), frekuensi modulasi (Gambar 9-44.) dan modulasi pаса (gambar 9-45.). Seperti pada pengukuran ranah waktu , alat ini didasarkan pada konsep analisis berbagai ranah, spektrum dan analisis jendela dapat diposisikan dimana saja dalam blok yang ditunjukkan dalam jendela overview.

### 9.3.6.11.7. Analisis Modulasi Digital

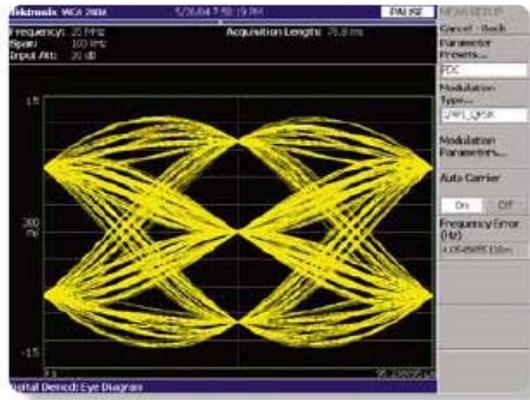
Mode demodulasi digital dapat mendemodulasikan dan menganalisa sinyal digital kebanyakan didasarkan pada penguncian pergeseran pаса (PSK), penguncian pergeseran frekuensi (FSK) dan modulasi amplitudo Quadrature (QAM).

RSA memebrikan cakupan lebar dari pengukuran meliputi konstelasi, besar kesalahan vector (EVM), besar kesalahan, kesalahan pаса, demodulasi I/O terhadap waktu, table symbol dan diagram mata. Untuk membuat pengukuran ini, diperlukan pengaturan variable yang tepat seperti jenis modulasi, kecepatan symbol, pengukuran jennies penyaring, dan acuan jenis penyaring. RSA memberikan solusi yang kuat untuk karakterisasi dinamika sinyal dimodulasi dengan mengkombinasikan pengukuran demodulasi digital dari VSA dengan pemucuan waktu riil dan analisa multi ranah yang dikorelasikan dengan waktu, seperti diilustrasikan pada gambar 9-46, 9-47 dan 9-48.



Gambar 9-46: Analisa EVM dari waktu ke waktu sinyal 16 QAM mengungkapkkan distorsi amplitudo

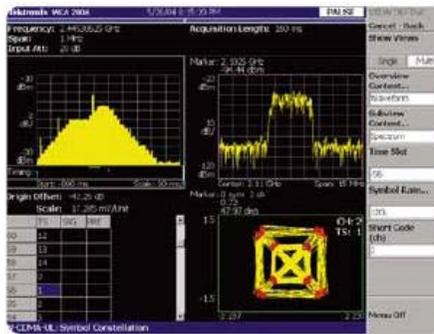
Gambar 9-47 Peraga konstelasi menunjukkan pаса



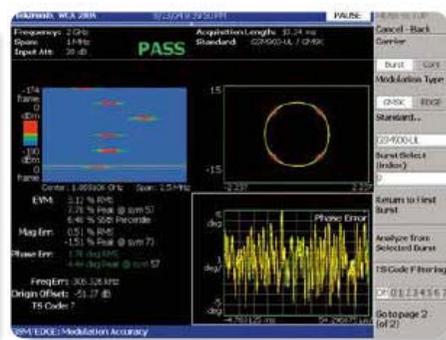
Gambar 9-48: Peraga diagram mata menunjukkan kesalahan besaran rendah dalam sinyal PDC

### 9.3.6.11.8. Analisis Modulasi Standar

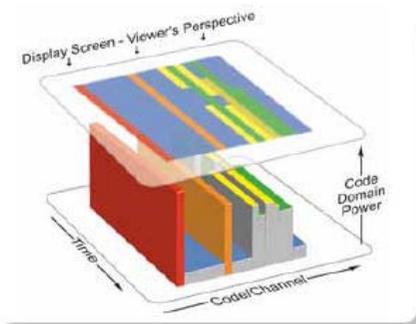
RSA juga memberikan solusi untuk analisis modulasi dari beberapa komunikasi standar seperti W-CDMA, HSDPA, GSM/EDGE, CDMA 2000, 1 X EV-DO. Gambar 3-49 dan 3-50 menunjukkan contoh analisis modulasi standar.



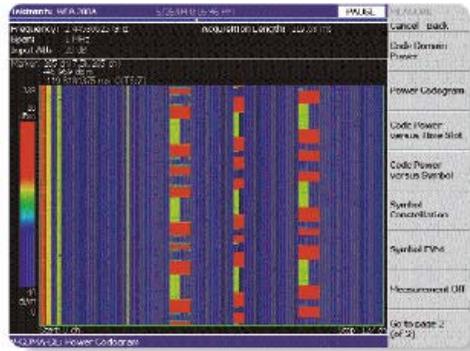
Gambar 9-49: Analisa modulasi W-CDMA handset dibuka loop penendali daya. Peragaan konstelasi (rendah kanan) menunjukkan kesalahan berkaitan dengan glitch besaryang terjadi selama level transisi yang dapat dilihat dalam hubungan daya terhadap waktu (atas kiri)



Gambar 9-50: Spektogram, konstelasi, EVM dan kesalahan pasa terhadap waktu dari frekuensi hopping sinyal



Gambar 9-51: Ilustrasi peraga codogram



Gambar 9-52: Pengukuran kodogram dari mode W-CDMA diringkas kesalahan pasa terhadap waktu dari frekuensi hopping sinyal

### 9.3.6.11.9. Peraga Kodogram

Peraga codogram gambar 9-51 dari penganalisa spektrum waktu riil ditambah sumbu waktu untuk pengukuran daya ranah kode untuk komunikasi standar didasarkan CDMA. Seperti spektogram, kodogram secara intuitif menunjukkan perubahan dari waktu ke waktu. Gambar 9-52. merupakan peraga kodogram dari RSA. Kodogram ini khusus mensimulasi W-CDMA

dimampatkan mode hand-off kecepatan data sementara ditambah untuk membuat ruang ringkas. Terdapat celah sementara dalam transmisi, celah ini mengijinkan penggunaan peralatan dual-mode W-CDMA/GSM untuk mengamati ketersediaan GSM di stasiun basis, sementara tetap dihubungkan ke W-CDMA node B.

### Macam-macam model Penganalisa Spektrum di Pasaran

	<p>Penganalisa spektrum gelombang mikro yang telah ditingkatkan dengan cakupan frekuensi 9 kHz sampai 22 GHz.</p>
	<p>Penganalisa spektrum dengan cakupan 9 kHz sampai 30 GHz . Mempunyai keunggulan performansi distorsi rendah dan tingkat ketelitian frekuensi tinggi dan mudah digunakan.</p>
	<p>Keunggulan lebar band dari 2 kHz sampai 40 GHz.</p>

	Penganalisa spektrum protabel dengan lebar band 9 kHz sampai 26,5 GHz. Penganalisa spektrum mengkombinasi pisa noise, sensitivitas, lebar band resolusi 1 Hz, cakupan penalaan sintesa dan dinamika lebar.
	Penganalisa spektrum dengan cakupan frekuensi dari 100 Hz sampai GHz. Penganalisa spektrum sapuan tertala dengan analog ke digital untuk peragaan dan analisa data.
	Penganalisa spektrum dengan lebar band 3 GHz. secara normal digunakan dengan pembangkit sinyal noise rendah untuk memperbaiki sistem.
	Penganalisa spektrum dengan keunggulan performansi dan kemampuan menekan harga, Perancangan ahli dan teknisi membutuhkan peningkatn sebelumnya berupa peralatan penganalisa spektrum yang ekonomis.
	Penganalisa spektrum dirancang untuk mengantarkan ketelitian analisis gelombang nirkabel LAN dan sinyal seluler tinggi, meliputi sistem medis monitoring pasien nirkabel.
	Penganalisa spektrum dirancang untuk mengantarkan ketelitian analisis gelombang nirkabel LAN dan sinyal seluler tinggi, meliputi sistem medis monitoring pasien nirkabel, cakupan dinamis dari 101 dB merupakan yang terbaik dalam tingkatan ini.

**Gambar 9-53. Macam-macam model penganalisa spektrum di pasaran**

#### 9.3.6.11.10. Data dan Spesifikasi

Beberapa model penganalisa spektrum waktu riil disediakan dengan spesisikasi di bawah ini.

**Tabel 9- 3 Spesifikasi**

Model	Maximum RF Span	RF frequency range (N front input)	Baseband frequency range (N front input)
RSA3408A	36 MHz	30 MHz – 8 GHz	DC – 40 MHz
RSA3308A	15 MHz	20 MHz – 8 GHz	DC – 20 MHz
RSA3303A	15 MHz	20 MHz – 3 GHz	DC – 20 MHz
WCA280A	15 MHz	20 MHz – 8 GHz	DC – 20 MHz
WCA230A	15 MHz	20 MHz – 3 GHz	DC – 20 MHz
RSA2208A	10 MHz	10 MHz – 8 GHz	(Opt 05) DC – 20 MHz
RSA2203A	10 MHz	10 MHz – 3 GHz	(Opt 05) DC – 20 MHz

## Data Spesifikasi

**Tabel 9- 4 Data spesifikasi**

Start	Stop	Span	RBW	NBW	FFT points	Trace length	Time
DC	40 MHz	40 MHz	20 kHz	*	*	6,401	50 ms
DC	40 MHz	40 MHz	10 kHz	*	*	51,201	640 ms
DC	40 MHz	40 MHz	*	12.527 kHz	8192	6,401	50 ms
DC	40 MHz	40 MHz	*	3.132 kHz	32768	25,601	250 ms
30 MHz	3.03 GHz	3 GHz	10 MHz	*	*	7,501	4500 ms
30 MHz	3.03 GHz	3 GHz	100 kHz	*	*	480,001	5000 ms
30 MHz	3.03 GHz	3 GHz	*	50.109 kHz	1024	120,001	4200 ms
2.44531 GHz	2.44532 GHz	10 kHz	*	0.391475 Hz	65536	51,201	5700 ms
2.4453 GHz	2.4454 GHz	100 kHz	*	3.915 Hz	65536	51,201	1100 ms
2.445 GHz	2.446 GHz	1 MHz	*	39.148 Hz	65536	51,201	625 ms
2.44 GHz	2.46 GHz	20 MHz	*	782.95 Hz	65536	51,201	625 ms

## 9.4. Aplikasi Dalam Penggunaan

### 9.4.1. Informasi Keselamatan

Berikut ini simbol-simbol dengan symbol-simbol beserta keamanan yang digunakan pada maknanya sebelum manual ini. Familiarkan diri anda mengoperasikan peralatan ini.

Tabel 9-5. Simbol-simbol keamanan

Peringatan	Mengingatkan adanya resiko.
	Perhatikan prosedur yang jika dilakukan secara tidak benar atau diabaikan dapat mengakibatkan luka atau menewaskan. Jangan berproses di luar peringatan sampai kondisi-kondisi yang ditandai secara aman didapatkan dan dipahami.
Perhatian	Perhatikan tanda resiko. Ini merupakan perhatian terhadap prosdur jika tidak dilakukan dengan benar atau diabaikan dapat mengakibatkan kerusakan atau merusak instrument. Jangan berproses di luar tanda perhatian sampai kondisi yang ditandai secara aman ditemui dan dipahami.
Catatan	Catatan perlu informasi khusus untuk diperhatikan pemakai. Menyediakan informasi operasional atau instruksi tambahan di mana pemakai harus sadar.
	Dokumentasi lambang instruksi. Produk ditandai dengan lambang ini bila diperlukan pemakai untuk mengacu pada instruksi dokumentasi.

	Lambang ini digunakan untuk menandai posisi saklar saluran daya.
	Simbol ini digunakan untuk menandai posisi standby (siap pakai) dari saklar daya.
	Simbol menunjukkan bahwa daya masukan yang diperlukan adalah AC.

**Kebutuhan alat meliputi :**

**Tabel 9-6. Kebutuhan alat pelengkap**

Test Equipment	Spesifikasi	Jumlah
Sumber sinyal		
Sinyal Generator	0,25 MHz sampai 4 Mhz Ext RF input	2
Adapter		3
Type-N(m) ke BNC (f)		
Terminasi 50 Ω Type N(m)		
Kabel		
BNC 122 cm		3
Jembatan penyearah		1
Filter Bandpass	Cut off 200 Mhz bandwidth 10 Mhz	2
Low pass filter	Frekuensi cut off 300 MHz	2
Antena RF		

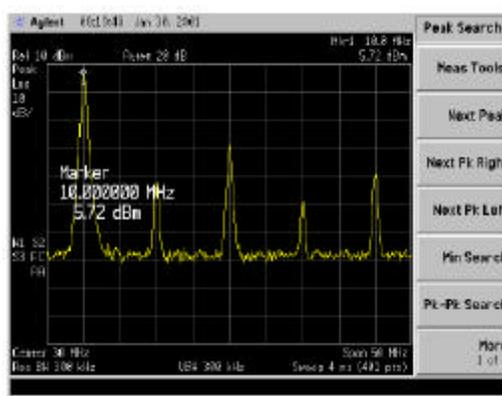
#### **9.4.2. Mengukur perbedaan antara dua sinyal pada layar**

Dengan menggunakan penganalisa, mudah untuk membandingkan perbedaan frekuensi dan amplitudo sinyal, yang demikian ini seperti spektrum sinyal radio atau televisi. Penganalisa fungsi dapat membandingkan dua sinyal pada saat keduanya pada saat yang sama muncul pada layar atau pada saat hanya satu muncul pada layar.

- Melakukan preset dengan menekan tombol preset bila ada.

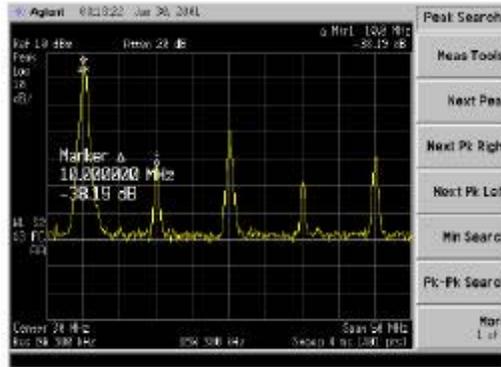
- Menghubungkan RF output 10 MHz dari panel belakang ke INPUT pada panel depan.
- Mengatur frekuensi pada 30 MHz dengan menekan Frequency, pada frekuensi senter 30 MHz.
- Mengatur span pada 50 MHz dengan menekan SPAN, span 50 MHz.
- Mengatur resolusi lebar band ke penghubung penganalisa spektrum dengan menekan BW/Avg, Res BW (SA).
- Mengatur sumbu X pada dBm dengan menekan AMPLITUDO,

- juga pada sumbu Y dalam satuan dBm.
- Mengatur tingkat acuan pada 10dBm dengan menekan AMPLITUDO, Ref Level 10 dBm. Sinyal acuan 10 MHz muncul pada peraga.
- Tekan Peak Search untuk menempatkan marker pada puncak tertinggi . ( Next PK Right dan Next PK left disediakan untuk memindahkan marker dari puncak ke puncak). Marker akan berada pada sinyal acuan 10 MHz ditunjukkan gambar 9-54.



**Gambar 9-54. Penempatan marker pada sinyal 10 MHz**

- \* Menekan Marker, Delta untuk mengaktifkan marker kedua pada posisi marker pertama
- \* Pindahkan marker kedua ke puncak sinyal yang lain dengan menggunakan tombol panel depan atau dengan menekan Peak Search dan kemudian salah satu Next Pk Right atau Next Pk left. Next peak right ditunjukkan dalam gambar 9-55. Perbedaan amplitudo dan frekuensi diperagakan oleh marker dalam blok fungsi aktif dalam sudut kanan atas layar.
- \* Pembacaan resolusi marker dapat ditambah dengan mengatur menghitung fungsi frekuensi.
- \* Tekan marker, off untuk mengembalikan marker off.



Gambar 9-55. Penggunaan marker fungsi delta

### 9.4.3. Resolving Signals of Equal Amplitudo

Dua sinyal masukan amplitudo sama yang frekuensi hampir sama dapat muncul sebagai penjejakan tunggal pada peraga penganalisa. Penjejakan sinyal frekuensi tunggal, satuan penjejakan penganalisa diatur keluar dari bentuk penyaring internal IF (Intermediate frequency) yang dipilih. Penyaring lebar band diubah, lebar respon yang diperagakan berubah. Jika lebar penyaring yang digunakan dan amplitudo dua sinyal masukan frekuensinya sangat dekat, kemudian dua sinyal ini akan muncul sebagai satu sinyal. Jika penyaring yang digunakan cukup sempit, dua sinyal masukan dapat dibeda-bedakan dan akan muncul sebagai puncak yang terpisah. Jadi resolusi sinyal ditentukan oleh penyaring IF di dalam penganalisa. Lebar band dari penguat IF menunjukkan seberapa dekat kesamaan sinyal amplitudo yang masih bisa dibedakan satu sama lain. Resolusi fungsi lebar band dipilih dengan pengaturan penyaring IF untuk pengukuran.

Pada umumnya, resolusi lebar band didefinisikan sebagai penyaring lebar band 3 dB. Bagaimanapun, resolusi lebar band mungkin juga didefinisikan sebagai 6 dB.

Pada umumnya, untuk memecahkan dua sinyal amplitudo sama, resolusinya lebar band harus kurang atau sama dengan frekuensi pemisah dari dua sinyal. Jika lebar band adalah sama untuk memisahkan dan lebar band video kurang dari resolusi lebar band, sebuah dip mendekati 3 dB tampak diantara puncak dua sinyal yang sama dan ini jelas bahwa lebih dari satu sinyal yang ada gambar 9-58.

Dalam mempertahankan pengukuran penganalisa terkalibrasi, waktu satuan secara otomatis diatur pada harga yang berbanding terbalik kuadrat terhadap resolusi lebar band ( $1/BW^2$  untuk resolusi lebar band 1KHz). Sehingga jika resolusi lebar band dikurangi dengan factor

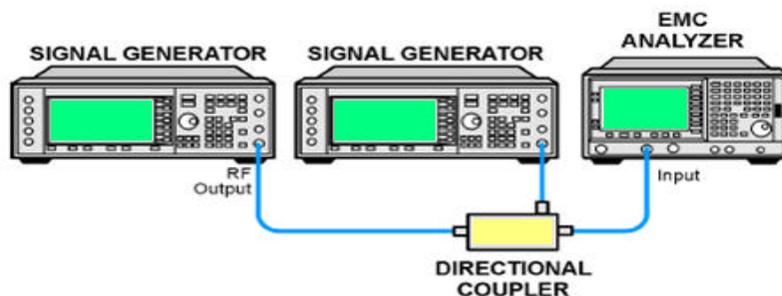
10, waktu sapuan ditingkatkan dengan factor 100 pada saat pengaturan waktu sapuan dihubungkan sapuan dengan lebar band. Waktu sapuan juga berupa fungsi dari jenis deteksi yang dipilih (deteksi puncak lebih cepat dari pada sampel atau deteksi rerata) . Untuk waktu pengukuran

lebih pendek fungsi detector digunakan, sapuan detector puncak lebih cepat dari pada sapuan sampel dan detector rerata. Penganalisa memungkinkan untuk memilih dari 10 Hz sampai resolusi lebar band 3 Mhz.

#### 9.4.4. Pemecahan Sinyal

##### Memecahkan dua sinyal sama amplitudo dengan frekuensi pemisah 100 kHz.

1. Menghubungkan sumber dan masukan penganalisa seperti gambar 9-56.
2. Mengatur sumber pada frekuensi 300 MHz. Mengatur frekuensi dari sumber lain 300,1 MHz . Amplitudo kedua sinyal pada keluaran jembaran diatur mendekati 20 dBm.
3. Mengatur penganalisa spektrum sebagai berikut :
  - \* Menekan preset, preset pabrikan jika ada
  - \* Mengatur sumbu Y dalam satuan dBm dengan menekan AMPLITUDO, lagi, Y-Axis Units, dBm.



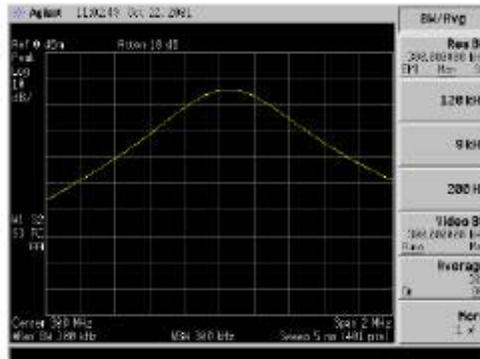
Gambar 9-56 Pengaturan pencapaian dua sinyal

4. Mengatur frekuensi senter pada 300 Mhz dengan menekan FRQUENCY, Center Freq, 300, Mhz.
5. Mengatur span sampai 2 MHz dengan menekan SPAN, Span, 2, Mhz.
6. Mengatur resolusi lebar band sampai 300 kHz dengan menekan BW/Avg, Res BW, 300,kHz.
7. Puncak sinyal tunggal kelihatan seperti gambar 9-44.

**Catatan :**

Jika puncak sinyal tidak ada pada peraga, kerjakan sebagai berikut :

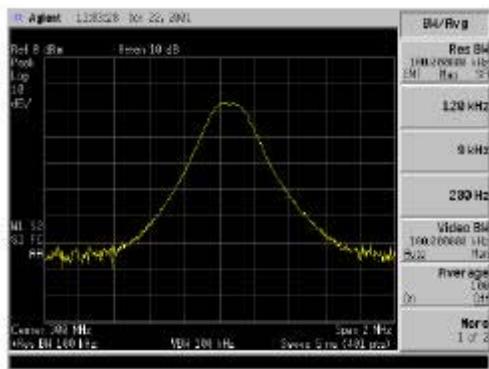
- Tambahkan span sampai 20 Mhz dengan menekan SPAN, Span, 20, Mhz.
- Tekan Peka Search, FREQUENCY, Signal Track (On).
- Tekan SPAN, 2 MHz untuk membawa sinyal ketengah layar.
- Tekan FREQUENCY, Sinyal Track (Off).



**Gambar 9-57. Sinyal amplitudo sama belum terpecahkan**

8. Karena resolusi lebar band harus kurang dari atau sama dengan frekuensi pemisah dari dua sinyal, resolusi lebar band harus digunakan 100 Khz. Perubahan resolusi lebar band pada 100 Khz dengan menekan BW/Avg, Res BW, 100, Khz. Puncak dari sinyal menjadi rata

menunjukkan bahwa dua sinyal ada sebagaimana digambarkan dalam gambar 9-57. Menggunakan tombol atau kunci untuk pengurangan lebih jauh resolusi lebar band dan pemisahan sinyal yang lebih baik.



**Gambar 9-58. Resolusi sinyal amplitudo sama sebelum lebar band video dikurangi**

9. Mengurangi lebar band video sampai 10 kHz, dengan menekan Video, BW, 10, kHz. Dua sinyal sekarang dapat dilihat seperti gambar 9-58. Menggunakan

tombol panel depan atau kunci tahapan untuk pengurangan lebar band lebih jauh dan pemisahan sinyal lebih baik.

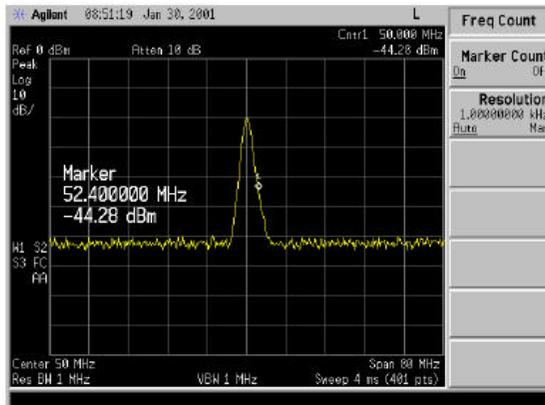
#### 9.4.5. Pengukuran Frekuensi

Membuat pencacah frekuensi menambah resolusi dan ketelitian pembeacaan frekuensi. Pada saat menggunakan fungsi ini, jika perbandingan resolusi lebar band terhadap span terlalu kecil (kurang dari 0,002), akan muncul pesan Wiswn Res BW pada peraga.

1. Mengatur sesuai ketentuan pabrik dengan menekan preset atau, factory preset jika ada.
2. Mengatur amplitudo sinyal acuan 50 MHz dari panel depan AMPTD REF OUT pada penganalisa INPUT, kemudian tekan Input / output, Amptd Ref Out (on).
3. Mengatur frekuensi senter pada 50 Mhz dengan menekan FREQUENCY, Center, Freq, 50, MHz.
4. Mengatur span pada 80 MHz dengan menekan SPAN, Span, 80, MHz.
5. Mengatur satuan sumbu Y pada dBm dengan menekan AMPLITUDE, More, Y-Axis Units, dBm.
6. Mengatur resolusi lebar band pada penghubung penganalisa spektrum dengan menekan BW/Avg, Resolution BW (SA).
7. Menekan Freq Count. Frekuensi dan amplitudo

marker dan word marker akan muncul dalam fungsi area aktif. Hasil akan muncul dalam sudut kanan atas dari peraga.

8. Pindahkan marker dengan tombol panel depan, diturunkan setengah dari respon sinyal. Untuk mendapatkan perhitungan yang teliti, tidak diperlukan untuk menempatkan marker tepat dipuncak sinyal respon. Hasil pengukuran diperagakan seperti pada gambar 9-58.
9. Menambah resolusi pencacah dengan menekan Resolution dan kemudian memasukan resolusi yang diinginkan dengan menggunakan kunci atau angka keypad. Misal tekan 10, Hz. Marker pencacah akan terbaca disudut kanan atas layar. Resolusi dapat diatur dari 1Hz sampai 100 kHz.
10. Marker pencacah tetap sampai dioffkan. Pada saat meng-offkan marker pencacah dengan menekan Freq Count, kemudian Marker Count (Off). Marker, Off juga mengembalikan marker pencacah off.



Gambar 9-59 Pencacah menggunakan penanda

#### 9.4.6. Pengukuran Sinyal Terhadap Noise

Prosedur pengukuran sinyal terhadap noise dibawah ini dapat diadaptasikan pada pengukuran sistem sinyal kebanyakan jika sinyal (pembawa) merupakan nada diskrit. Jika sinyal dalam sistem dimodulasi, ini memerlukan modifikasi prosedur untuk membetulkan pengukuran level sinyal yang dimodulasi. Misalnya sinyal 50 Mhz dengan amplitudo sinyal acuan digunakan sebagai sumber dasar. Amplitudo dinyal acuan diasumsikan menjadi sinyal menarik dan noise internal dari penganalisa diukur sebagai sistem noise. Untuk melakukan ini atur attenuator masukan sehingga kedua sinyal dan noise dalam kalibrasi yang baik pada daerah peraga.

Prosedur Pengukuran sinyal terhadap Noise :

1. Melakukan pengaturan sesuai pengaturan pabrik dengan menekan preset, factory preset (jika ada).
2. Mengatur amplitudo acuan sinyal internal 50 MHz dari penanalisa dengan

menghubungkan kabel anatar panel depan AMPTD REF OUT ke INPUT penganalisa, kemudian tekan Input / output, Amptd ref Out (On).

3. Mengatur frekuensi senter pada 50 Mhz dengan menekan FREQUENCY, Center Freq, 50, MHz.
4. Mengatur span pada 1 MHz dengan menekan SPAN , Span, 1, MHz.
5. Mengatur satuan sumbu Y pada dBm dengan menekan AMPLITUDO, More, Y-Axis Units, dBm.
6. Mengatur resolusi lebar band pada penganalisa spektrum dengan menekan BW/Avg, Res BW (SA).
7. Mengatur tingkat acuan pada 10 dBm dengan menekan AMPLITUDO, Ref Level, - 10dBm.
8. Mengatur atenuasi pada 40 dB dengan menekan AMPLITUDO, Attenuation, 40, dB.

9. Menekan Peak Search untuk menempatkan marker pada puncak sinyal.
10. Menekan Marker, Delta, 200, kHz untuk mengambil delta marker dalam noise pada

offset tertentu, dalam kasus ini 200 kHz.

11. Menekan More, Function, Marker Noise untuk melihat hasil sinyal terhadap noise gambar 9-60.

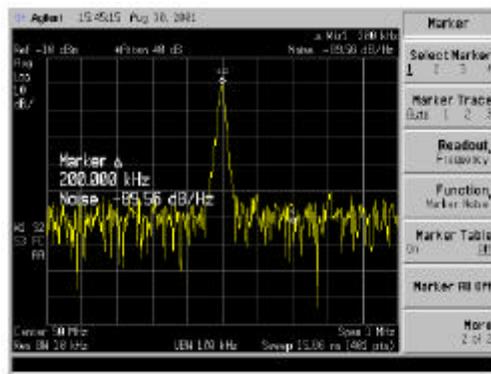


Figure 9-60. Pengukuran sinyal terhadap noise

Membaca sinyal terhadap noise dalam dB/Hertz dengan nilai noise ditentukan untuk lebar band noise 1 Hz. Jika harga noise untuk lebar

band berbeda, pengurangan sebanding. Misal jika pembacaan penganalisa ? 70 dB/Hz namun lebar band yang dimiliki 30 kHz.

$$S/N = -70 \text{ dB/Hz} + 10 \log_{10} 30 \text{ kHz} = -25.23 \text{ dB } 30 \text{ kHz?}$$

Jika marker delta setengah divisi dari repon sinyal diskrit, amplitudo sinyal acuan dalam kasus ini

berpotensi untuk kesalahan dalam pengukuran noise.

### 9.4.7. Demodulasi Sinyal AM (Menggunakan Penganalisa sebagaiPenerima )

#### 9.4.7.1. Stelan Tetap

Mode span nol dapat digunakan untuk pemulihan amplitudo modulasi pada sinyal pembawa. Penganalisa bekerja sebagai penerima stelan tetap dalam span nol untuk memberikan pengukuran ranah waktu. Frekuensi senter mode sapuan diatur menjadi

frekuensi span nol. Sumbu horizontal pada layar dikalibrasi dalam waktu, lebih baik dari pada kedua frekuensi dan waktu. Marker memperagakan nilai amplitudo dan waktu. Fungsi penetapan peraga bentuk gelombang sebagai berikut :

- Picu menstabilkan penjejukan bentuk gelombang pada peraga dengan pemucuan pada amplop modulasi. Jika modulasi sinyal stabil, Picu menstabilkan sinyal video mensinkronkan dengan sapuan bentuk gelombang yang dimodulasi
- Mode linier digunakan dalam amplitudo modulasi (AM) pengukuran untuk mencegah distorsi yang disebabkan oleh penguat logaritmik pada saat pemodulasi sinyal.
- Waktu sapuan diatur pada waktu sapuan penuh dari 5ms sampai 2000s (20  $\mu$ s sampai 2000 s jika diinstal pilih AYX). Waktu sapuan terbaca menunjuk sampai 10 divisi gratikul penuh. Waktu sapuan perdivisi ditentukan dengan pembacaan dibagi 10.
- Lebar band resolusi dan video tetap pada harga sekarang bila span nol diaktifkan.

Melihat Bentuk Gelombang Modulasi dari Sinyal AM dalam Ranah Waktu

1. Menghubungkan sumber sinyal RF ke masukan

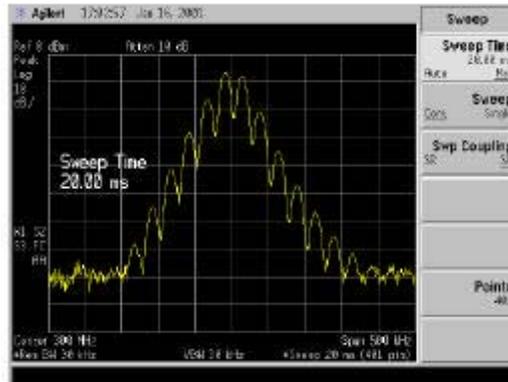
penganalisa spektrum. Sinyal Generator yang digunakan dengan pengaturan berikut :

- \* Frekuensi RF 300 MHz
- \* Daya keluaran RF -10dBm
- \* AM on
- \* Kecepatan AM 1 kHz
- \* Kedalaman AM 80%

2. Melakukan pengaturan penganalisa spektrum berikut :

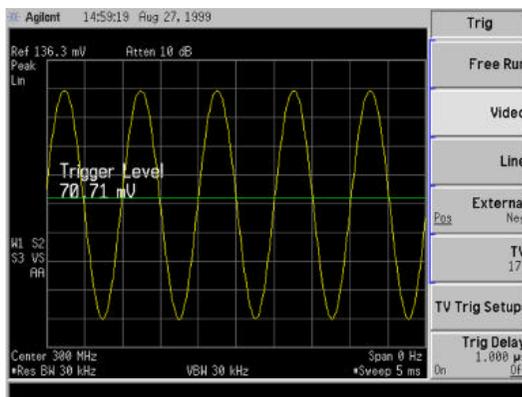
\* Tekan preset, factory preset (jika ada)

- \* Atur frekuensi senter pada 300 MHz dengan menekan FREQUENCY, Center Freq, 300, MHz
- \* Mengatur span pada 500 kHz dengan menekan SPAN, Span, 500, kHz
- \* Mengatur resolusi lebar band pada 30 kHz dengan menekan BW/Avg, Resolution BW, 30, kHz
- \* Mengatur satuan sumbu Y pada dBm dengan menekan AMPLITUDO, More, Y-Axis Unit, dBm
- \* Mengubah sapuan penganalisa pada 20 msec dengan menekan Sweep, Sweep Time, 20, ms perhatikan gambar 9-48.



Gambar 9-61 Sinyal AM

3. Mengatur satuan sumbu Y pada V dengan menekan AMPLITUDO, More, Y-Axis Unit, V.
4. Posisi puncak sinyal mendekati tingkat acuan dengan menekan AMPLITUDO dan memutar tombol panel depan.
5. Mengubah jenis skala amplitudo ke linier dengan menekan AMPLITUDO, Scale Type (Lin).
6. Memilih span nol dengan menekan salah satu SPAN, 0 , Hz atau menekan SPAN, Zero Span ditunjukkan gambar 9-62.

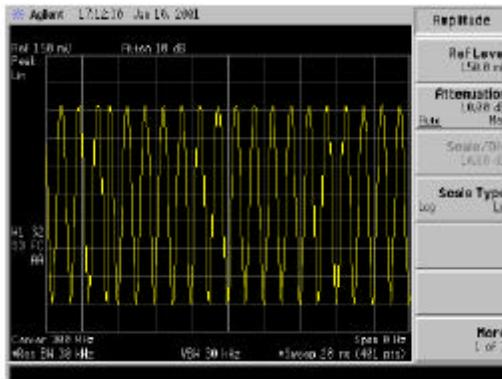


Gambar 9-62. Pengukuran modulasi dalam span nol

7. Mengubah waktu sapuan pada 5ms dengan menekan Sweep, Sweep Time (Man), 5, ms.
8. Karena modulasi merupakan sinyal mantap, maka dapat digunakan picu video untuk memicu sapuan penganalisa pada bentuk gelombang dan kestabilan penjejakan, osiloskop seperti ini kebanyakan dengan menekan Trig, Video, dan mengatur level picu dengan tombol panel depan sampai sinyal stabil ditunjukkan gambar 9-63. Jika tingkat picu terlalu tinggi atau rendah bila mode picu ini diaktifkan, sapuan akan berhenti. Sehingga akan

diperlukan pengaturan tingkat picu naik atau diturunkan melalui

tombol panel depan sampai satuan dimulai kembali.

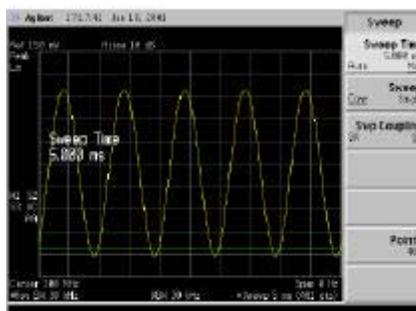


Gambar 9-63. Pengukuran modulasi dalam span nol

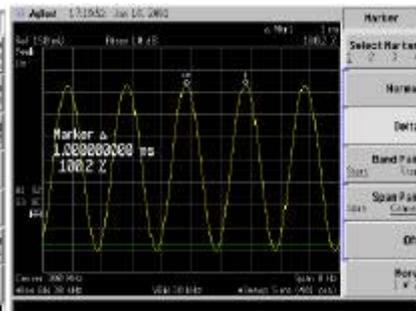
9. Menggunakan marker dan delta marker untuk mengukur parameter waktu dari bentuk gelombang

- Tekan Marker dan tengahkan marker pada puncak gelombang dengan menggunakan Peak Search atau tombol panel depan.

- Tekan Marker, Delta dan tengahkan marker pada puncak berikutnya dengan menggunakan tombol panel depan atau menggunakan Peak Search dan Next Right (atau Next Pk Left) gambar 9-64.



Gambar 9-64. Pengukuran modulasi dalam span nol

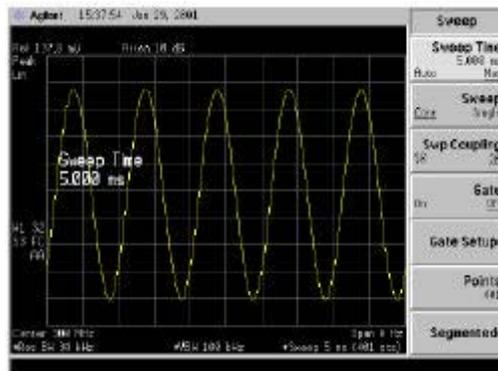


Gambar 9-65. Pengukuran parameter waktu

10. Penganalisa dapat menunjukkan % AM dengan cara sebagai berikut

- \* Mengatur picu free run dengan menekan Trig, Free Run

- \* Mengatur waktu sapuan 5s dengan menekan Sweep, Sweep Time, 5, s.
- \* Mengatur penyaring video pada 30 Hz dengan menekan BW/Avg, Video BW, 30, Hz.
- \* Mengubah tingkat acuan pada posisi penjejakan tengah layar dengan menekan AMPLITUDO, Ref Level dan mengatur tingkat acuan dengan menggunakan tombol panel depan.
- \* Melakukan reset penyaring video pada harga tinggi dengan menekan BW/Avg, Video BW, 100, kHz.
- \* Mengatur waktu sapuan 5 ms dengan menekan Sweep, Sweep, Time , 5, ms.
- \* Garis tengah horizontal dari gratikul sekarang berada 0% AM, garis puncak dan dasar 100% AM ditunjukkan gambar 9-66.



Gambar 9-66. Sinyal AM demodulasi kontinu

#### 9.4.7.2. Demodulasi Sinyal FM

Sebagaimana dengan dengan modulasi amplitudo dapat menggunakan span nol untuk demodulasi sinyal FM. Bagaimanapun tidak seperti kasus AM, tidak dapat menyederhanakan frekuensi pembawa dan melebarkan lebar band resolusi. Alasannya adalah detector amplop dalam respon penganalisa hanya variasi amplitudo, tidak ada perubahan

1. Menentukan lebar band resolusi dengan benar

amplitudo jika terjadi perubahan frekuensi dari sinyal FM dibatasi pada bagian datar dari lebar band resolusi.

Pada sisi lain, jikadiinginkan pengaturan penganalisa dari sinyal pembawa, dapat disediakan slop pendeteksi sinyal demodulasi dengan langkah-langkah berikut ini :

2. Menentukan titik tengah perbandingan linier dari penyaring (salah satu sisi).

3. Menempatkan frekuensi penganalisa pada titik tengah layar dari peraga.
4. Mengatur span nol.

Sinyal demodulasi sekarang diperagakan, perubahan frekuensi telah diterjemahkan ke dalam perubahan amplitudo (gambar 9-56).

### Contoh Demodulasi Sinyal FM

Menentukan lebar band resolusi dengan benar. Dengan deviasi puncak 75 kHz, sinyal memiliki excursion puncak ke puncak 150 kHz. Sehingga harus didapatkan penyaring resolusi lebar band beralasan linier melampaui cakupan frekuensi.

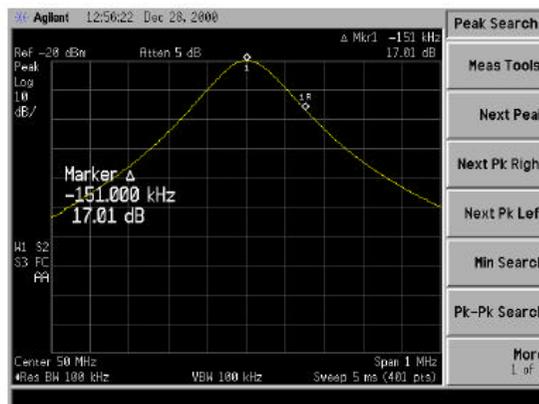
1. Melakukan preset pabrikan dengan menekan preset, Factory preset (jika ada).
2. Mengatur on acuan sinyal internal 50 MHz dari penganalisa dengan menghubungkan panel depan AMPTD REF OUT ke INPUT penganalisa, kemudian tekan Input / output Amptd Ref Out (On).
3. Mengatur frekuensi senter pada 50 MHz dengan menekan FREQUENCY, Center Freq, 50, MHz.
4. Mengatur span 1 MHz dengan menekan SPAN, Span, 1, MHz.
5. Mengatur satuan sumbu Y pada dBm dengan menekan AMPLITUDO, More, Y-Axis Unit, dBm.
6. Mengatur tingkat acuan pada -20 dBm dengan menekan AMPLITUDO, Ref Level, -20 dBm.
7. Mengatur lebar band resolusi pada 100 kHz dengan menekan BW/Avg, Res BW, 100 kHz. Linier dimulai pada hampir 5 dB dibawah puncak.
8. Pilih marker dengan menekan Marker, kemudian memindahkan marker mendekati  $\frac{1}{2}$  divisi di bawah puncak kanan (frekuensi tinggi) dengan menggunakan tombol panel depan.
9. Menempatkan delta marker 150 kHz dari marker pertama dengan menekan Delta, 150, kHz. Antar marker akan terlihat linier.
10. Menentukan offset dari titik puncak sinyal yang diinginkan pada penyaring dengan memindahkan delta marker ke titik tengah. Tekan 75, kHz untuk memindahkan delta marker ke titik tengah. Gambar 9-67.



Gambar 9-67  
Menetapkan titik  
offset

11. Tekan Delta untuk membuat marker aktif , marker acuan.
12. Tekan Peak Search untuk memindahkan delta marker ke

puncak. Harga delta offset yang diinginkan misal 151 kHz, gambar 9-68.

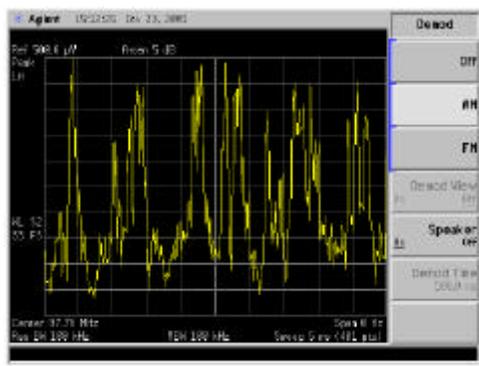


Gambar 9-68.  
Menentukan offset

### 9.4.7.3. Prosedur Demodulasi Sinyal FM

1. Menghubungkan antenna ke INPUT penganalisa
2. Membentuk preset pabrik dengan menekan preset, factory preset (jika ada).
3. Mengatur penganalisa pada puncak, puncak salah satu sinyal pemancar FM local, misal 97,7 MHz dengan menekan FREQUENCY, Center Freq, 97.7 , MHz.
4. Mengatur span pada 1 MHz dengan menekan SPAN, Span, 1, MHz.
5. Menekan AMPLITUDO, Ref Level dan menggunakan tombol panel depan untuk membawa sinyal puncak pada tingkat acuan.

6. Menekan Scale Type (Lin) untuk menempatkan penganalisa dalam mode skala linier.
7. Mengatur di atas atau di bawah sinyal FM dengan offset yang dinotasikan di atas dalam langkah 12, dalam contoh ini 151 kHz. Tekan FREQUENCY, CF Step, 151, kHz, kemudian tekan Center Freq dan menggunakan kunci langkah naik (?) atau langkah turun (?).
8. Mengatur lebar band resolusi pada 100 kHz, dengan menekan BW/Avg, Res BW, 100, kHz.
9. Mengatur span pada nol dengan menekan SPAN, Zero Span.
10. Meng offkan alignment otomatis dengan menekan System, Alignment, Auto Align, Off.
11. Mendengarkan sinyal demodulasi melalui speaker dengan menekan Det/Demod, Demod, AM, Speaker (On), kemudian mengatur volume menggunakan tombol volume panel depan.
12. Mengaktifkan sapuan tunggal dengan menekan Single. Ditunjukkan gambar 9-69.



Gambar 9-69 Demodulasi sinyal broadcast

## BAB 10

## PEMBANGKIT POLA

### Tujuan :

Pembahasan topic ini bertujuan agar setelah membaca mampu

1. Mendiskripsikan jenis-jenis pola pengetesan sinyal video
2. Memaknai pola dalam monitor TV penerima
3. Menjelaskan prinsip pemanfaatan pembangkit pola untuk pengetesan sinyal video.

### Pokok Bahasan

Dalam pembahasan pembangkit pola ini pada intinya terbagi dalam 3 kelompok bahasan utama yaitu

1. Jenis-jenis pola pengetesan beserta fungsinya
2. Prinsip kerja pembangkit pola pengetesan sinyal video
3. Penggunaan pembangkit pola pengeesan sinyal video untuk pengetesan fungsi penerima sinyal televisi.

### 10.1. Latar Belakang Sejarah

Pembangkit pola pengetesan sinyal video diperlukan untuk pengetesan peralatan video, karena dengan pola yang tetap memberi kestabilan yang lebih baik dari pada menggunakan sinyal siaran. Asosiasi industry elektronika (internasional (Elektronic Industries Association /EIA) telah menetapkan pola pengetesan sinyal video yang mampu mendeteksi fungsi reproduksi sinyal video. Melalui tampilan layar monitor penerima televisi dapat ditetapkan adanya salah satu bagian sistem yang tidak berfungsi. Dengan demikian pola ini sangat membantu dalam melakukan pencarian gangguan kerusakan ataupun perawatan pengaturan fungsi secara optimal. Sebelum membahas secara detail cara kerja rangkaian pembangkit pola terlebih dahulu dibahas dasar-dasar video. Dalam bahasan selanjutnya meliputi cara

kerja sinyal dan aplikasi dalam penguji sinyal video. Televisi warna pertama kali dikembangkan di Amerika pada tanggal 17 bulan Desember 1953 oleh Federasi Communications Commision (FCC) menyetujui standarisasi transmisi dengan menyetujui penyiaran dimulai pada tanggal 23 bulan Januari 1954. Tantangan masyarakat waktu itu adalah perancangan sistem mengenalkan penyiaran televisi warna dan memungkinkan kompatibel dengan televisi hitam putih standar yang telah digunakan. National Television Sistem Committee (NTSC) mengenalkan standar televisi warna yang masih digunakan sampai sekarang. Gambar yang dilihat pada televisi warna sebenarnya dibentuk oleh tiga berkas elektron, warna merah, hijau dan biru dan gambar dibangkitkan dengan membaca sepintas berkas elektron yang

bergerak secara horisontal dan vertikal pada layar. Sebagaimana berkas dibaca sepintas, arus diubah untuk membuat daerah terang dan gelap pada permukaan tabung gambar yang berbentuk sebagaimana yang tampak. Pertama apakah sinyal warna sinyal warna disusun dari sinyal video composite hitam putih. Sinyal video monokrom sebenarnya

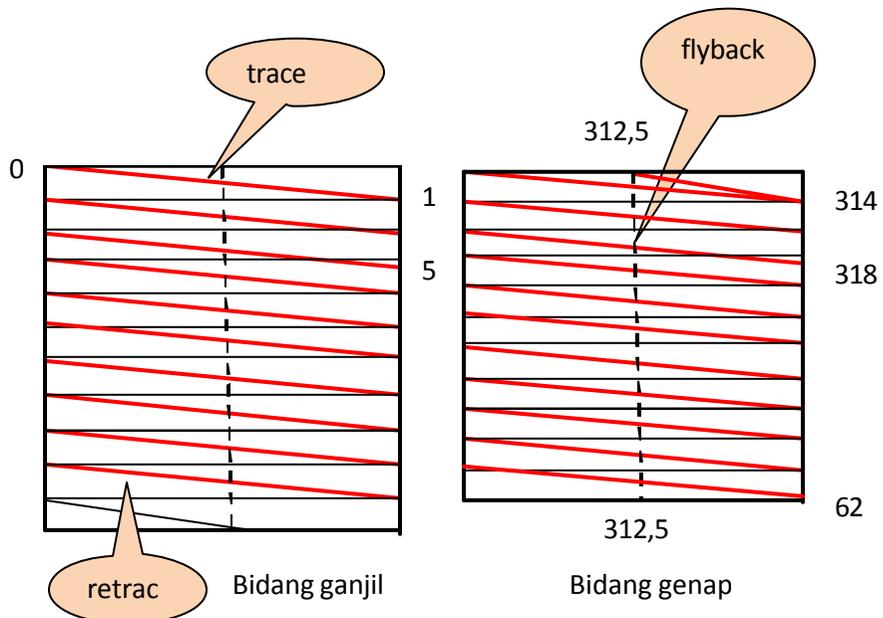
merupakan kombinasi dari dua komponen sinyal yang diperlukan untuk membentuk gambar hitam putih lengkap. Dua komponen sinyal dibaca pengendali informasi yang dinamakan pulsa sinkronisasi atau disingkat syn, dan intensitas informasi gambar hitam putih dinamakan sinyal luminansi.

## 10.2. Sinyal Pengetesan

### 10.2.1. Komponen Sinkronisasi

Pada televisi hitam putih hanya memiliki satu senapan elektron (elektron gun). Berkas elektron tunggal dibaca sepintas oleh tabung gambar diperagakan secara berjalanan, berkas elektron bergerak dari kiri kekanan dan dari puncak ke dasar, untuk

pembacaan  $312 \frac{1}{2}$  dinamakan bidang gambar kemudian proses diulangi berjalanan ke garis berikutnya dimulai dari  $312 \frac{1}{2}$  hingga 625. Dua bidang gambar ini membentuk satu frame gambar dari garis 1 sampai 625.



Gambar 10-1 Penjejukan bingkai gambar

Informasi sinkronisasi berupa sederetan pulsa yang mengendalikan bagian pembelok horisontal saat kembali ke sisi kiri layar untuk memulai sapuan garis baru, dan pembelok vertikal saatnya kembali ke puncak layar untuk memulai frame baru. Ini dikerjakan dengan kecepatan baca sekitar 15625 garis

perdetik dan vertikal 25 frame perdetik (kecepatan baca vertikal sebenarnya 50Hz, ini digunakan untuk dua kali perjalanan turun layar melingkupi satu frame. Proses ini diulangi untuk memulai baca yang baru disebut kembali baca (**retrace**) atau melayang kembali (**flyback**).

### 10.2.1. Sinyal Luminansi (Video Monokrom)

Level tegangan sinyal luminansi menentukan kecerahan gambar pada layar. Tegangan Sinyal negatif ekstrim berkaitan dengan daerah gelap dari gambar dan sinyal positif ekstrim berkaitan dengan daerah terang dari gambar. Level tegangan sinyal luminansi menentukan kecerahan gambar pada layar sesaat. Sinyal ekstrim negative berhubungan dengan gambar area

gelap dan sinyal positif ekstrim berhubungan dengan kecerahan area gambar. Sekarang dilihat perubahan sinyal hitam putih dan pembuatan video warna. NTSC mengenalkan suatu cara genius untuk menjaga kompatibilitas dengan keberadaan sistem televisi hitam putih dan menambahkan warna. Sinyal sub pembawa warna ditambahkan untuk sinyal luminansi.

### 10.2.2. Informasi Warna (Krominansi)

Sebuah tabung gambar warna memiliki tiga buah senapan elektron merah, hijau dan biru. Secara virtual banyak warna dapat dibuat sebaik hitam dan putih, dengan pengaturan yang tepat intensitas dari masing-masing warna primer. Sub pembawa warna digunakan untuk mengkodekan informasi warna merah, hijau dan biru pada kamera dan dikodekan kembali pada penerima televisi ke dalam warna-warna primer. Sinyal merah, hijau dan biru digunakan untuk memodulasi sub pembawa warna (dalam televisi hitam putih

ini diabaikan) untuk menghasilkan sinyal perbedaan warna, didesain R-Y, B-Y dan G-Y, pada sistem NTSC memiliki frekuensi 3,58 MHz. Sedangkan pada sistem PAL seperti yang digunakan di Indonesia frekuensi sinyal pembawa warna adalah 4,43 MHz. Meskipun jenis modulasi yang digunakan pada sub pembawa merupakan kompleks alami namun dapat diturunkan hasil yang sederhana :

1. Pasa dari sinyal 4,43 MHz menentukan warna apakah yang akan diperagakan (dinamakan hue atau tint).

2. Amplitudo sinyal 4,43 MHz menentukan seberapa banyak warna yang akan diperagakan (dianamakan saturasi). Pertanyaannya adalah piasa dan amplitude sinyal 4,43 MHz relatip terhadap apa ?. JAWaban singkatnya adalah burst 4,43 MHz (disebut burst)

yang memiliki piasa dan amplitude tetap. Sinyal Burst akan digunakan untuk menentukan warna tint atau saturasi yang diperagakan. Bentuk gelombang ditunjukkan pada gambar 1(d) setiap bar memiliki perbedaan saturasi.

### 10.2.3. Ukuran IRE

Sebelum membahas sinyal tes secara detail diperlukan beberapa definisi istilah terminology televisi. Satuan ini digunakan untuk menguraikan karakteristik amplitudo sinyal video. Ahli televisi menemukan spesifikasi level sinyal yang lebih meyakinkan

dalam IRE lebih baik dari pada milli volt. Warna putih murni didefinisikan sebagai 100 IRE dan level sinyal blanking 0 IRE. Video sistem NTSC memiliki 714 mV berada diantara blanking dan sinyal puncak putih sehingga 1 IRE sama dengan 7.14 mV.

### 10.2.4. Sinyal Tes TV

Sinyal pengetesan video sangat berguna untuk membantu mengevaluasi sistem pemrosesan sinyal video. Beberapa penggunaan untuk mengatur monitor televisi, Pola tes direkam diproduksi pada head pita video sehingga dapat di playback diatur secara akurat untuk disesuaikan dengan yang direkam atau digunakan sebagai sinyal tetap pada jaringan transmisi sinyal video. Ini diperlukan ketika tidak ada sinyal video yang dipancarkan. Cara terbaik dan termudah untuk mengevaluasi peralatan video dengan uji kestabilan karakteristik sistem video yang telah diketahui. Semua sinyal video di uji didasarkan pada prinsip input sederhana berupa penerapan tes sinyal yang telah diketahui pada sistem video atau peralatan input dan pengamatan

pada inyal outputnya. Terdapat beberapa cacat (distorsi) yang disebabkan oleh sistem yang diamati dan diukur pada sinyal keluaran atau tampak di monitor. Jika terdapat distorsi, peralatan diatur untuk mengeliminasi atau meminimkannya dengan mengganti atau memperbaiki komponen yang cacat. Hasil akhir jika sistem dapat melewati sinyal secara tepat dapat melewati sinyal gambar dengan jelas baik. Sinyal diperlukan untuk pengujian demikian dapat dipenuhi dari generator tes sinyal. Instrumen ini menghasilkan sinyal video yang akurat dengan baik karakteristik ditegaskan dan dikontrol. Masing-masing sinyal ideal membuktikan satu atau lebih perlengkapan spesifik dari sinyal video yang diuji. Dalam setiap pola pengetesan memiliki tugas yang

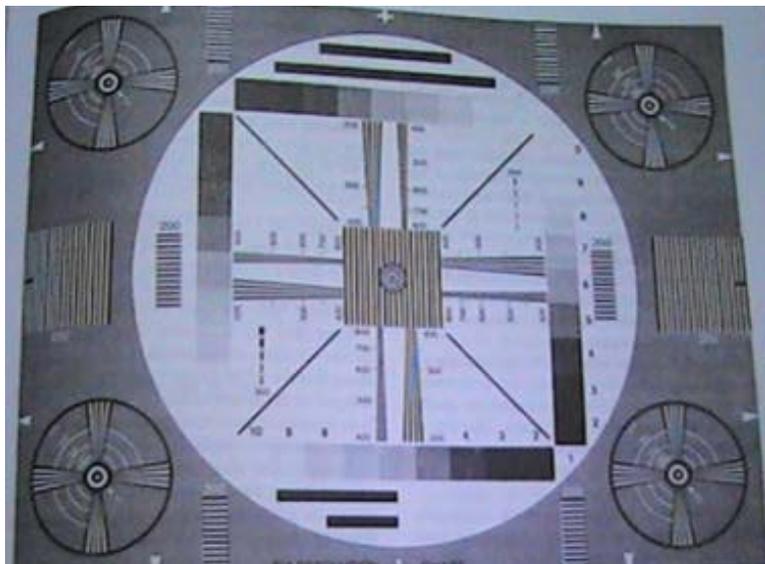
dikerjakan dengan baik. Terdapat beberapa aplikasi dan

penggunaan pola yang disediakan pada generator video

### 10.3. Pola Standar

Sejak dikembangkan siaran televisi, pola pengetesan khusus dan pengetesan sinyal telah ditingkatkan pada operasi standar televisi untuk performansi terbaik. Standarisasi pola pengetesan penting untuk memberikan acuan

dalam pengecekan resolusi, linieritas scanning, interlacing dan karakteristik lain dari reproduksi gambar. Pola pengetesan sinyal video standar EIA ditunjukkan pada gambar 10-2.



Gambar 10-2 Pola standar EIA

Pengetesan yang sama digunakan untuk mengecek kamera dan monitor selama set-up. Kebutuhan penting untuk penyesuaian perbedaan kamera yang digunakan pada beberapa program. Pengetesan lain berupa penggunaan tetap untuk memeriksa performane sambungan jarak jauh dalam

jaringan stasiun pemancar televisi. Pengetesan untuk hitam putih dan warna, terutama amplitudo dan pаса dari sinyal kroma 3,58 MHz. Akhirnya beberapa pengetesan sinyal siaran selama interval pemadaman vertikal diperlukan, dalam kasus ini disediakan pada penerima.

### 10.3.1. Pola Pengetesan EIA

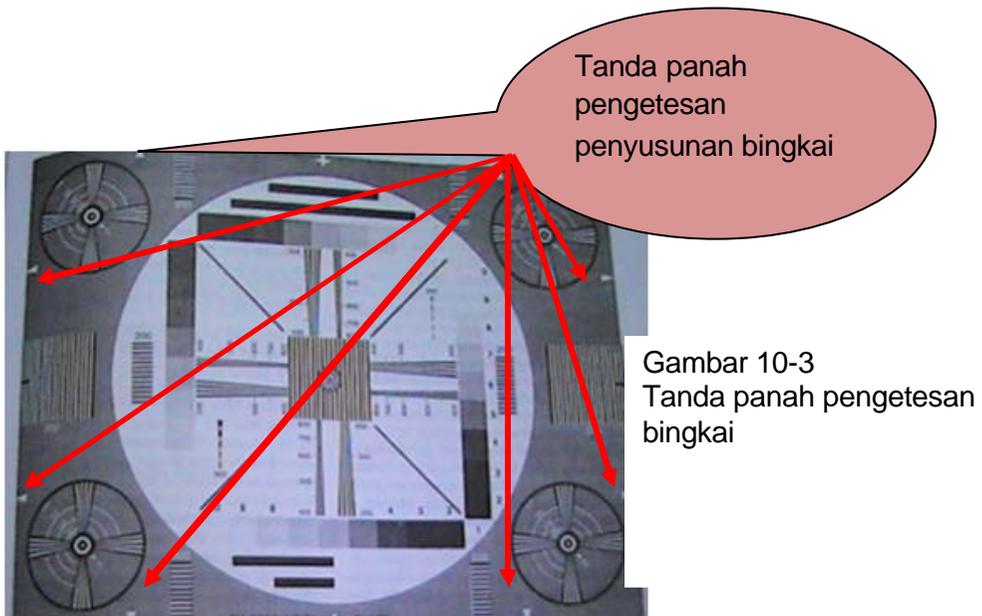
Pola standar yang telah dikembangkan oleh Electronic Industries Association (EIA) ditunjukkan pada gambar 10-2.

Pola cukup rumit karena terdapat banyak bagian-bagian terpisah dari pola, masing-masing mempunyai fungsi.

### 10.3.2. Penyusunan Bingkai

Pertama kamera harus ditujukan pada pola dan diatur sehingga pola mengisi area layar aktif. Enam tanda mata panah putih yang mengelilingi ujung pola bertujuan untuk kesempurnaan

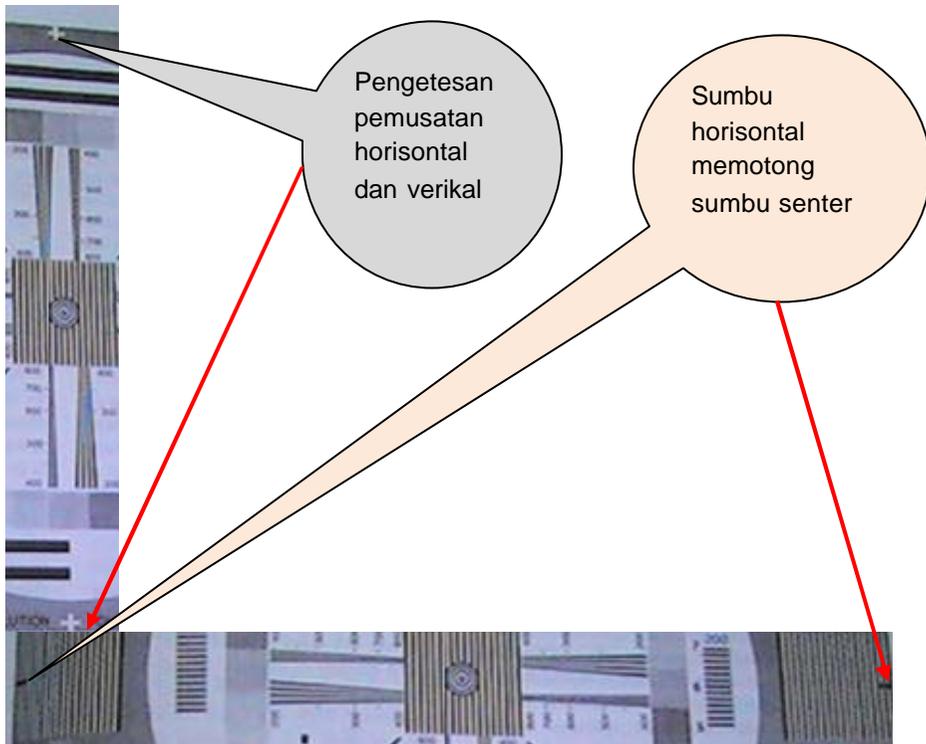
penyusunan bingkai. Terdapat dua mata panah melintasi puncak dan pada setiap sisi. Penyusunan bingkai perlu diatur guna memantau penjejak sinyal untuk melihat ujung raster.



### 10.3.3. Pemusatan

Tanda garis berpotongan putih di puncak dan dasar menunjukkan pemusatan pembelokan vertikal

dan horisontal. Pringan hitam disisi menunjukkan sumbu horisontal memotong senter.



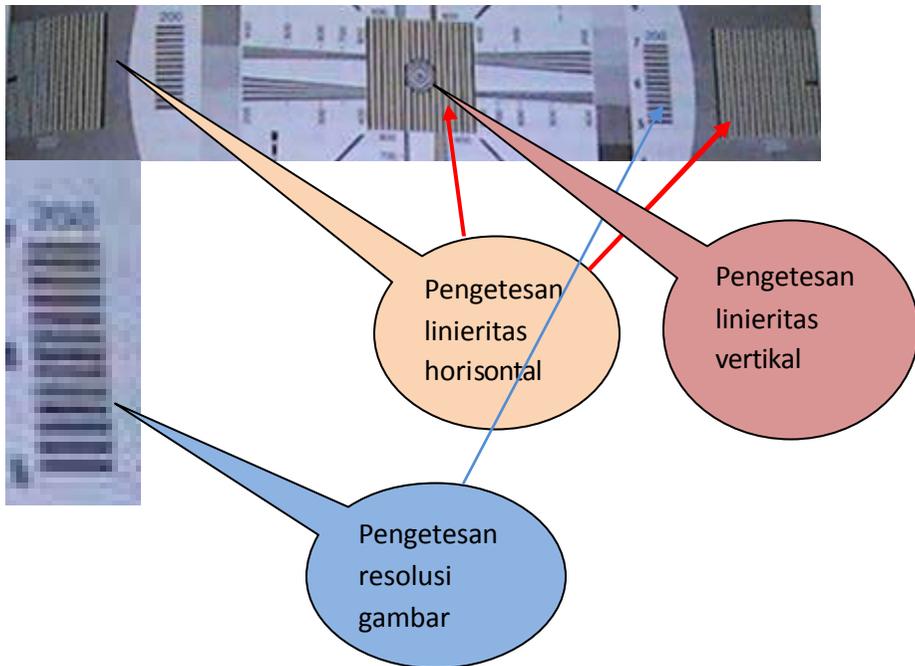
Gambar 10-4 Pengujian pemusatan dan sumbu horisontal

#### 10.3.4. Linieritas Pembelokan

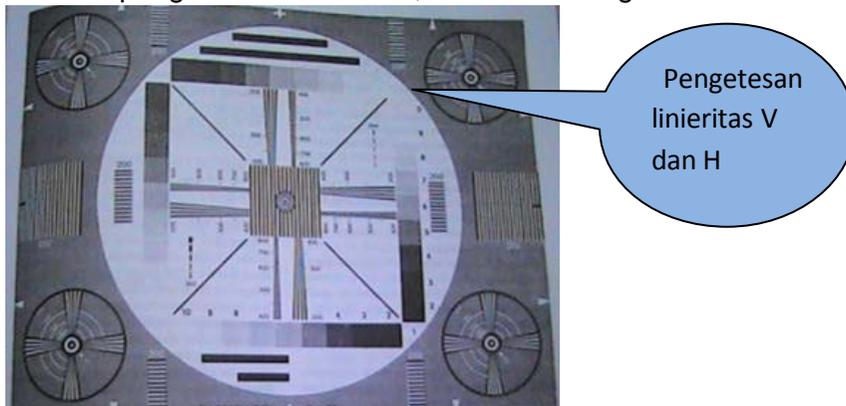
Mendekati indikator sebelumnya, untuk kedua kamera dan monitor, diberikan dengan lingkaran putih besar. Kesalahan linieritas dengan mudah dapat dilihat jika lingkaran muncul dalam bentuk elip atau berbentuk bulat telur. Dalam televisi lingkaran berbentuk sederhana susah untuk direproduksi karena memerlukan pembacaan linier. Bentuk dasar kotak juga menguji linieritas pembacaan.

Untuk pengecekan yang lebih teliti, linieritas horisontal dan

vertikal di cek secara terpisah. Pembacaan horisontal didahulukan. Ketiga kotak yang terdapat satu ditengah, satu disisi kanan dan satu disisi kiri. Setiap kotak berisi garis vertikal yang sama jumlahnya untuk lebar yang sama. Bila linieritas horisontal sempurna, ketiga kotak mempunyai lebar yang sama. Dengan kata lain kotak dapat menjadi tertekan atau melebar sampai empat persegi panjang.



Gambar pengetesan linieritas V,H dan resolusi gambar



Gambar 10-5. Pengetesan linieritas vertikal horisontal

Pengecekan linieritas vertikal, pola mempunyai enam segi empat panjang sempit. Dua baris puncak sampai dasar. Perlu diperhatikan bahwa dua segi empat tengah tepat pada bagian tengah dari gambar. Ukuran segi empat

adalah pengetesan linieritas vertikal, semua memiliki tinggi dari puncak sampai dasar pola sama. Terdapat 200 tanda ditunjukkan pada segiempat ini untuk resolusi, bukan linieritas. Juga terdapat empat pola penguji pada sudut

digunakan untuk mengecek resolusi dan distorsi ruang. Pola

sudut ini digunakan untuk mengecek performansi kamera.

### 10.3.5. Aspek Perbandingan

Segi empat dibentuk oleh empat batang dari chip skala abu-abu yang ditempatkan didalam piringan putih di bagian tengah. Setiap batang memiliki 10

tingkatan skala abu-abu. Jika aspek perbandingan tepat 4 : 3, perbatasan skala abu-abu berupa segiempat sempurna.

### 10.3.6. Cakupan Kontras

Jumlah 10 tingkatan skala abu-abu mempunyai faktor refleksi dengan cakupan dari maksimum untuk puncak putih sampai kira-kira 1/3 nilai maksimumnya. Bila

sinyal video yang sedang diproses linier, ini akan memungkinkan terdapat 10 perbedaan warna secara bertingkat dari putih, abu-abu sampai hitam.

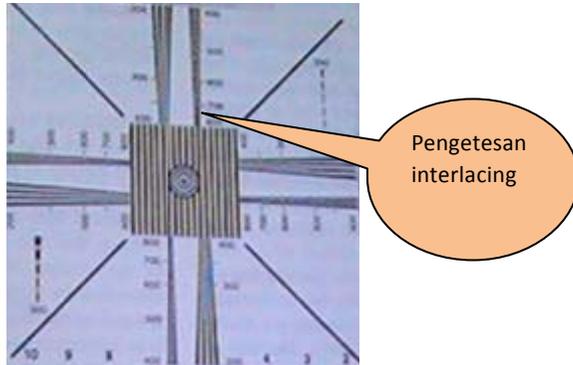


Gambar 10-6 Pengetsan aspek perbandingan dan kontras

### 10.3.7. Penjalinan Gambar (Interlacing)

Batang diagonal pada 45° dalam piringan putih digunakan untuk mengecek penjalinan pengambilan gambar dalam raster. Bila garis ganjil dan genap dari pengambilan raster menempati ruang yang sama, garis diagonal muncul dengan halus dan tidak pecah.

Bila penjalinan gambar kurang baik, garis pengambilan menjadi berpasangan. Bila garis terlalu dekat satu sama lain, ruang berikutnya terlalu besar. Mengakibatkan garis diagonal muncul berbentuk anak tangga.



Gambar 10-7 Pengetesan interlacing

### 10.3.8. Resolusi

Perbedaan ketebalan garis dan ruang digunakan untuk mengecek resolusi yang mana merupakan kualitas detail gambar. Garis vertikal digunakan untuk mengecek resolusi horisontal, garis putih horisontal digunakan untuk resolusi vertikal. Perlu diperhatikan bahwa detail horisontal diukur dalam jumlah garis resolusi yang menduduki  $\frac{3}{4}$  dari lebar gambar. Jarak sama dengan tinggi gambar. Pertimbangkan ke tiga segiempat garis vertikal yang ditandai 200, memotong tengah pola. Satu segi empat dikiri, satu segi empat di

sebelah kanan dan yang ketiga berada ditengah-tengah. Label 200 menunjukkan ini banyak garis resolusi. Dengan spasi dan ketebalan, 200 garis akan menduduki  $\frac{3}{4}$  lebar gambar. Bila garis dapat dilihat secara individu di layar, resolusi horisontal sama dengan 200 garis. Pengaturan jarak untuk lingkaran-lingkaran konsentris di pusat pola menunjukkan resolusi 300 garis horisontal dan vertikal. Pada keempat sudut pola, lingkaran konsentris diberi jarak untuk resolusi garis 150

#### 10.3.8.1. Resolusi Wedge Dalam Pola Pengetesan

Dalam gambar 10-2, terdapat empat pasang wedges dengan garis-garis memusat untuk menambah jumlah resolusi. Pada bagian atas dan bawah wedges memiliki panjang yang sama

dengan linieritas vertikal yang baik. Juga sisi wedges harus sama dengan linieritas horisontal yang baik. Bagaimanapun tujuan utama dari wedge adalah mengecek resolusi.

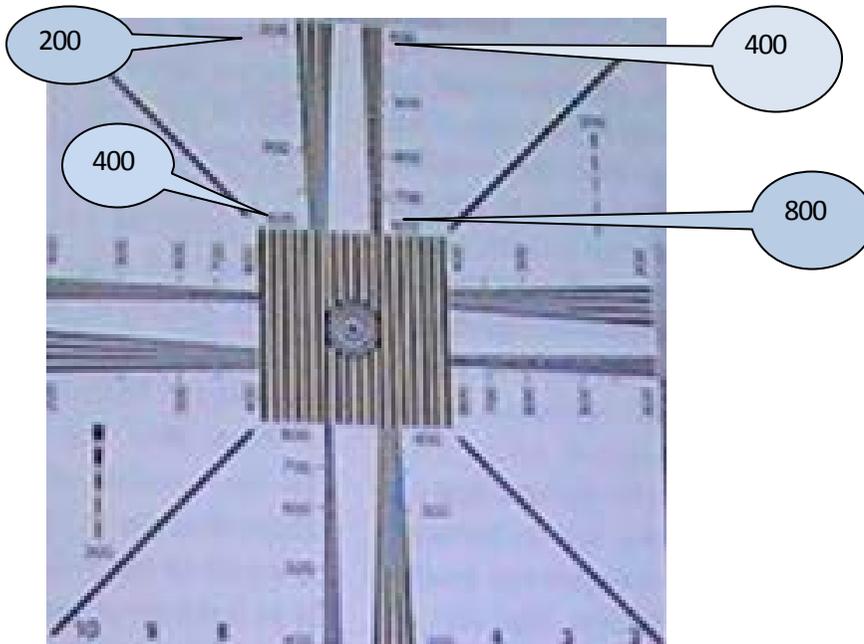
#### 10.3.8.2. Resolusi horisontal

Harga ini ditandai pada atas dan bawah wedges. Dari bagian terlebar wedge ditandai 200, garis

memusat sampai 400 garis resolusi dimana wedge bertemu segi empat di pusat. Pengaturan

jarak wedge secara terus menerus dari 400 sampai 800. Resolusi dapat dicek secara visual dengan meniadakan titik pada wedge dimana garis secara individual

tidak dapat dilihat lebih lama namun muncul bersama sama buram. Ini dapat terjadi pada sekitar 250 garis resolusi untuk penerima warna pada umumnya.



Gambar 10-8. Pengetesan resolusi horisontal

Pendekatan konversi garis resolusi horisontal sampai MHz dari lebar band sinyal video dapat dibuat dengan membagi garis dengan 80. Jawaban MHz untuk frekuensi video, misal konversi 250 garis adalah  $(250 \text{ garis}/80) = 3,125 \text{ MHz}$ .

Harga frekuensi sinyal video tertinggi penerima warna kebanyakan, karena tingkatan penyaring penguat video luminansi 3,58 MHz untuk meminimalkan

interferensi dari sinyal warna. Faktor konversi 80 diturunkan sebagai berikut. Dengan resolusi N garis, N/2 merupakan jumlah siklus lengkap untuk variasi sinyal melintasi hitam dan putih pada setiap garis wedge dan spasi antar garis putih. Penjejjakan tampak mengambil waktu 53,3  $\mu\text{s}$  untuk pengambilan horisontal, namun hanya  $\frac{3}{4}$  waktu digunakan karena resolusi yang diberikan dalam hal ini nilai tinggi gambar, yaitu  $\frac{3}{4}$  lebar. Waktu ini adalah  $53,3 \mu\text{s} \times 0,75 =$

mendekati 40  $\mu$ s. Sehingga N/2 siklus sinyal video yang dihasilkan dalam 40  $\mu$ s, untuk satu siklus T =

$$f = \{1/(40 \times 10^{-6} \text{ s})\} \times (N/2) \\ = (N/80) \times 10^6 \text{ Hz} = (N/80) \text{ MHz.}$$

### 10.3.8.3. Resolusi Vertikal

Resolusi vertikal ditandai pada sisi wedge. Harga tipikal untuk penerima adalah 330 garis. Resolusi vertikal yang baik

### 10.3.8.4. Resolusi Sudut

Serupa dengan wedge digunakan dalam empat sudut dari pola pengetesan biasanya mempunyai resolusi kurang dari tengah, khususnya untuk tabung gambar

40 $\mu$ s / (N/2). Dengan mengambil hubungan timbal balik frekuensi diperoleh :

merupakan jawaban ukuran bintang berkas, pemfokusan dan penyisipan garis pengambilan.

bersudut lebar. Harga resolusi yang khas untuk tabung kamera biasanya diberikan di tengah dan sudut.

## 10.4. Pola Pengetesan Batang Untuk Pengecekan Lapisan

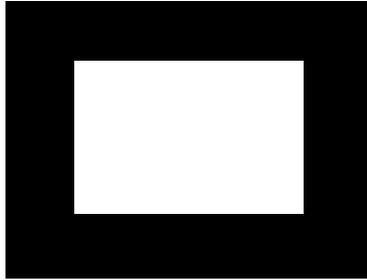
Dalam pola pengetesan EIA gambar 10-2. dua batang hitam besar pada bagian atas dari piringan putih dan dua batang di bagian bawah. Frekuensi distorsi pasa dan smearing dapat dicek dikaitkan dengan lebar batang. Misal distorsi pasa pada 100 kHz menunjukkan sebagai lapisan dari batang terpendek pada bagian bawah piringan putih. Batang

terpanjang yang ke dua dari atas, dapat menunjukkan pelapisan untuk 30 kHz. Batang ini sekitar 3 1/3 kali lebih lebar dari pada batang terpendek untuk frekuensi 0,3 kali lebih redah dibandingkan dengan batang terpendek. Harga tengah adalah 0 kHz untuk batang atas dan 60 kHz untuk atang kedua dari bawah.

### 10.4.1. Pengetesan Ringing Dalam Gambar

Bentuk distorsi frekuensi relatif banyak diperoleh pada sinyal video frekuensi tinggi yang mengakibatkan timbulnya ringing atau overshoot. Pada umumnya, keuntungan diperoleh dalam cakupan frekuensi 2 sampai 4 MHz. Penguat menghubungkan singkat osilator, namun dapat di lepaskan beberapa siklus osilasi

dengan variasi transien kasar dalam sinyal video. Ringing dapat dilihat dalam pola pengetesan sebagai penambahan kontras pada beberapa titik dalam wedge vertikal. Jumlah garis resolusi dibagi 80 untuk mendapatkan frekuensi terjadinya ringing. Misal ringing gambar ditunjukkan dalam gambar 10-9.



**Gambar 10-9 Pengetesan Ringing**

Jumlah kasar transisi scanning horisontal yang diberikan oleh dashes hitam vertikal dalam piringan putih pola EIA gambar 10-2. terdapat dua kelompok dashes satu di kanan atas kuadran dan yang lain di bawah sebelah kiri. Ketebalan setiap garis vertikal mempresentasikan setiap dash vertikal berupa garis tunggal untuk resolusi horisontal cakupan dari 100 sampai 300 dan 350 sampai 550. Garis lebih tipis berkaitan dengan resolusi lebih tinggi. Dalam kuadran kanan bawah, 300 di bawah dari kelompok lima dash ini untuk dash bawah. Kemudian dash mengambil yang lebih tebal, meningkat pada 100 garis resolusi untuk dash terlebar pada puncak kelompok.

Pada kuadran kanan atas, 350 di puncak kelompok lima dash untuk puncak dash. Kemudian dash mengambil garis yang lebih tipis, meningkat pada 550 garis resolusi untuk dash paling tipis pada kelompok bagian bawah.

Ringing dalam gambar menunjukkan kontras yang lebih

besar, dengan beberapa kali garis pada bagian kanan untuk setiap siklus ringing. Karena setiap dash secara individual menunjukkan frekuensi khusus. Kondisi bunyi paling buruk muncul dimana energy sesuai dengan frekuensi ringing dalam rangkaian penguat video. Sekalagi mengubah jumlah garis resolusi pengujian pola, frekuensi video dibagi dengan 80. Misal ringing terjadi pada 300 garis resolusi. Ini sesuai dengan frekuensi video  $300/80 = 3,75$  MHz. Harga ini adalah frekuensi rangkaian penguat video yang mengeluarkan ringing. Sebenarnya, sebagian kecil ringing yang dapat diijinkan untuk meningkatkan kontras untuk detail frekuensi tinggi pada ujung vertikal dari scan obyek. Bila hasil garis keluar seret, bagaimanapun, yang yang ditimbulkan bila berlebihan tak dapat disetujui. Pada umumnya ringing diakibatkan oleh kebocoran resonansi yang mempengaruhi rangkaian penguat video.

#### 10.4.2. Sinyal Monoscope

Monoscope merupakan tabung kamera khusus dengan gambar tetap berupa pola pengetesan. Pola dicetak pada pelat sasaran. Pola pengetesan dipancarkan selama siang hari setiap awal siaran televisi. Pola monoscope serupa dengan pola pengetesan EIA. Meliputi lingkaran untuk pengecekan linieritas, resolusi wedge yang ditandai dalam garis atau frekuensi (atau keduanya) dan lingkaran konsentris abu-abu di tengah. Sekarang mungkin masih kelihatan pola pengetesan monoscope pada beberapa kanal untuk waktu yang pendek setiap mengawali jam pagi pada saat

awal atau akhir hari siaran. Pola monoscope dapat memberikan pengecekan yang baik dari operasi penerima.

Sinyal monoscope tidak dihasilkan oleh kamera dicetak dalam pola pengetesan. Mengganti, tabung kamera khusus serupa yang digunakan vidicon. Pelat sasaran diukir secara potografi dengan alur konduksi dan isolasi dalam bentuk pola area hitam putih. Monoscope membutuhkan ketelitian sinkronisasi defleksi dan linieritas sehingga pola dapat digunakan untuk mengatur penerima dan monitor.

#### 10.4.3. Chart bola untuk pengecekan linieritas kamera

Suatu acuan independen diperlukan untuk mengecek linieritas defleksi. Untuk mengilustrasikan perkiraan penunjukkan monitor pola pengetesan berbentuk bulat telur. Linieritas jelek dapat disebabkan salah satu kamera atau monitor. Jika defleksi monitor diatur, namun ketidak linieran lingkaran terjadi dalam kamera, masalah linieritas akan menunjukkan segera setelah digunakan sumber sinyal yang lain. Bagaimanapun, monitor dapat dicek secara independen dengan menggunakan sinyal pengetesan linieritas elektronik. Khususnya, digunakan sinyal pembangkit crosshatch. Crosshatch merupakan suatu pola yang sama untuk

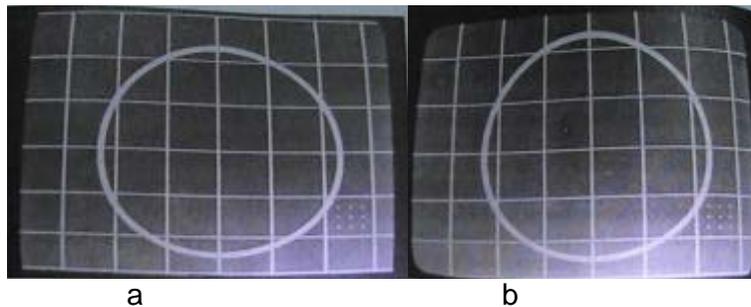
pengecekan vertikal dan horisontal berupa garis putih dengan latar belakang hitam. Pola ini digunakan juga untuk mengecek konvergensi tabung gambar warna.

Pola crosshatch merupakan acuan independen untuk linieritas karena jarak garis sama dihasilkan oleh berbagai sinyal tepat dari frekuensi scanning V dan H. Misal studio yang membangkit batang warna yang juga menghasilkan pola crosshatch. Terdapat 17 batang vertikal dan 14 batang horisontal dari isolator yang bekerja pada frekuensi 315 kHz dan 900 Hertz secara berturut-turut.

Osilator 315 kHz sebenarnya menghasilkan 20 batang vertikal

karena 315 kHz adalah 20 kali. Bagaimanapun tiga batang terjadi selama waktu pemadaman horizontal (H), meninggalkan 20-3 = 17 batang vertikal yang dapat dilihat. Demikian juga osilator 900 Hz sebenarnya menghasilkan 15 batang horizontal, karena  $900/60 = 15$  KHz. Bagaimanapun satu

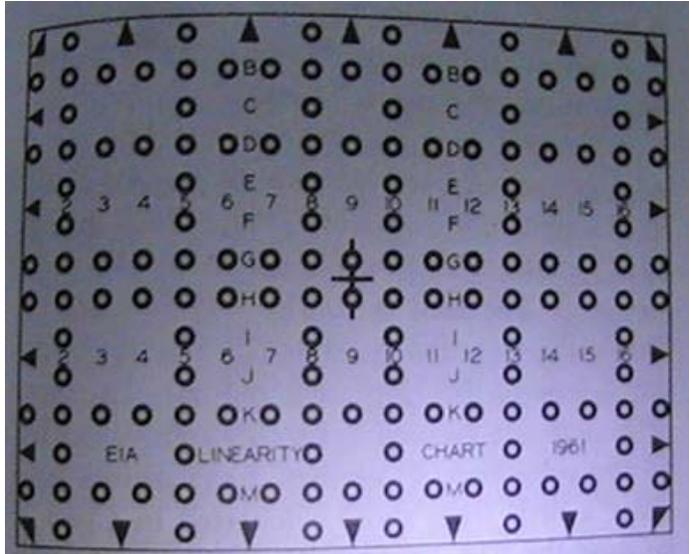
kecepatan scan horizontal 15,750 batang terjadi selama waktu pemadaman vertikal (V), meninggalkan 14 batang horizontal yang dapat dilihat. Misal linieritas horizontal dan vertikal pada pola crosshatch ditunjukkan pada gambar 10-10a dan 10-10b.



Gambar 10-10 Chart bola pengecekan linieritas

Menggunakan jarak batang teliti untuk suatu pengecekan independen dari linieritas defleksi, chart bola gambar 10-11. digunakan dengan pola crosshatch. Kamera ditujukan dan difokuskan pada chart dan kepala panah pada ujung bingkai chart secara teliti ditempatkan pada area gambar aktif. Kemudian pembangkit efek khusus (Special Effects Generator/SEG) digunakan untuk melakukan superimpose pola crosshatch dari studio pembangkit batang warna di atas camera gambar chart bola. Pengaturan pemusatan pada pembangkit memungkinkan menggeser pola crosshatch ke

atas, bawah, atau sisi untuk menempatkan batang crosshatch bersinggungan di atas pusat putih dari pola bola. Superimpose gambar diamati pada monitor. Jika linieritas kamera sempurna, interseksi crossbatch memotong senter bola putih pada setiap titik pada layar untuk kesalahan 0. Linieritas lemah atau ukuran scan meningkat karena interseksi salah di senter bola. Bila interseksi memotong didalam radius bola putih, linieritas defleksi salah yaitu kurang dari 1 % dari tinggi gambar. Bila dalam radius luar bola hitam, kesalahan linieritas kurang dari 2 persen.



Gambar 10-11. Pola bola untuk pengetesan linieritas kamera

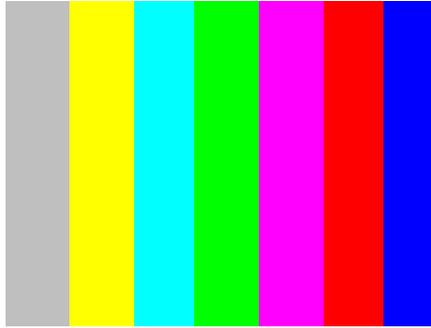
Harga ini menunjukkan ketelitian linieritas scanning yang diperoleh untuk kamera siaran, untuk kesalahan yang lebih besar dari 2 persen tidak dapat ditoleransi. Metode ini menggunakan chart

bola dengan sinyal crosshatch membuat pengujian linieritas defleksi kamera secara total tidak tergantung monitor yang digunakan untuk pengamatan.

#### 10.4.4. Sinyal Batang Warna Standar EIA

Pada umumnya, generator yang menghasikan batang warna presisi, sinyal dapat diulang-ulang untuk batang warna vertikal yang dapat digunakan untuk pengetesan dan pengaturan prosedur. Sinyal dikodekan pada frekuensi sub pembawa 3,58 MHz. Khususnya, telah dikembangkan EIA sinyal batang warna yang berhubungan dengan pola yang ditunjukkan pada gambar 10-2. Ini disesuaikan dengan standar EIA RS-189A. Terdapat beberapa fasilitas pengujian pengembangan untuk membetulkan warna dan luminansi.

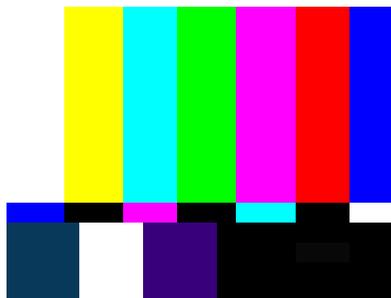
Tiga perempat puncak dari tinggi gambar 10-12. meliputi tujuh batang vertikal yang sama lebarnya. Pertama pada sisi kiri putih dan bar berikutnya kuning, cyanide, hijau, magenta, merah, dan biru memotong lebar gambar. Dipilih urutan ini karena harga luminansi sinyal Y dalam bentuk tangga dari tinggi ke rendah. Warna kuning mempunyai luminansi tertinggi dari 89%, sama dengan  $0,59G+0,3R$ . Pada harga ekstrim yang berlawanan biru memiliki luminansi terendah 11%.



Gambar 10-12. Sinyal batang warna standar

Lebih rendah dari seperempat tinggi gambar berisi batang putih pendek, dengan luminansi 100% kemudian batang kuning dan cyan. Hasilnya, menyenangkan

untuk melakukan pengecekan harga luminansi terhadap warna putih. Sinyal warna  $-I$  dan  $+Q$  ditempatkan pada sebelah kiri dan kanan batang putih.



Gambar 10-13. Pola putih, I dan Q

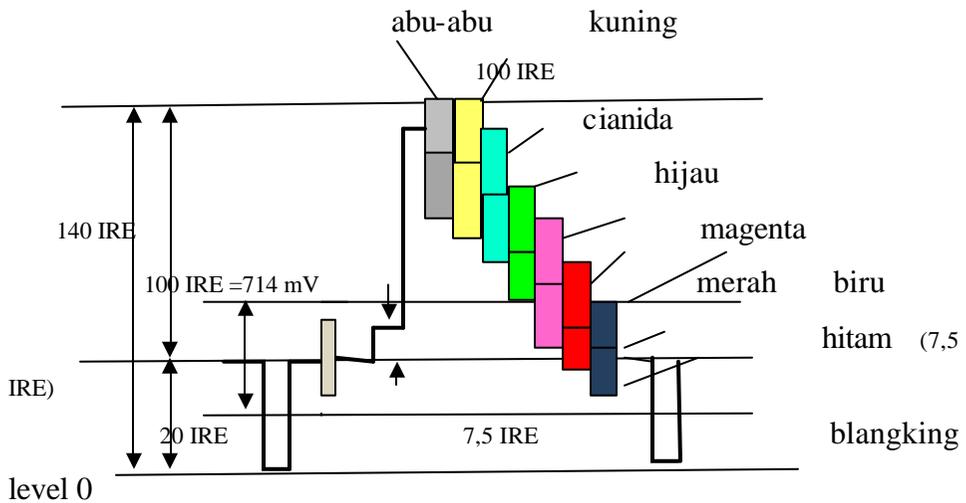
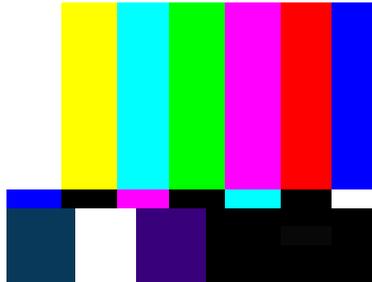
#### 10.4.5. Batang SMPTE

Batang SMPTE disisipkan dikomposisikan dengan standar EIA batang amplitudo putih 75% untuk  $2/3$  puncak bidang, sebaliknya batang biru untuk  $1/12$  dari bidang berikutnya, dan IYQB atau plug sinyal untuk bidang tetap. Bidang sisipan disusun memungkinkan pengaturan saturasi warna atau intensitas warna dan hue atau tint pada monitor warna yang hanya memiliki senapan biru. Monitor

diatur hanya untuk warna biru dan batang hue atau pasa diatur sampai monitor terlihat tidak ada perbedaan intensitas antara batang biru reverse dan pengaturan batang warna. Bagian IYQB dari Pola dasar terdiri dari level hitam 7,5 IRE pedestal dengan 40 IRE '+Q' dan 40 IRE '-I' modulasi pasaBatang, 100 IRE pulsa putih, 7,5 IRE level hitam pedestal dengan 40 IRE +Q modulasi pasa dan 7,5 IRE

pedestal dengan 3,5 IRE, 7,5 IRE dan 11,5 IRE pedestal. -I dan +Q sinyal modulasi pаса yang membantu menjamin pemrosesan sub pembawa benar. PLUG adalah (Picture Line-UP Generating Equipment). Pola ini ada pada dasar dan sisi kanan

batang SMPTE digunakan untuk mengatur kecerahan monitor. Monitor diatur sehingga hitam berwarna lebih hitam dari pada daerah hitam dapat dibedakan dari yang lain dan sedikit lebih cerah (contrast dapat diatur pada pengaturan normal).



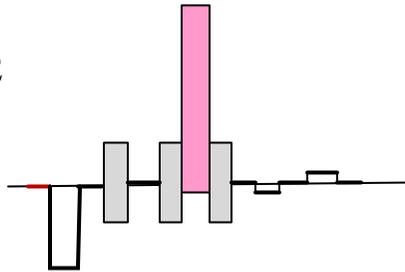
20 IRE

40 IRE

Gambar 10-14. Bentuk gelombang tangga

level sinkronisasi

© IYQB untuk batang SMPTE

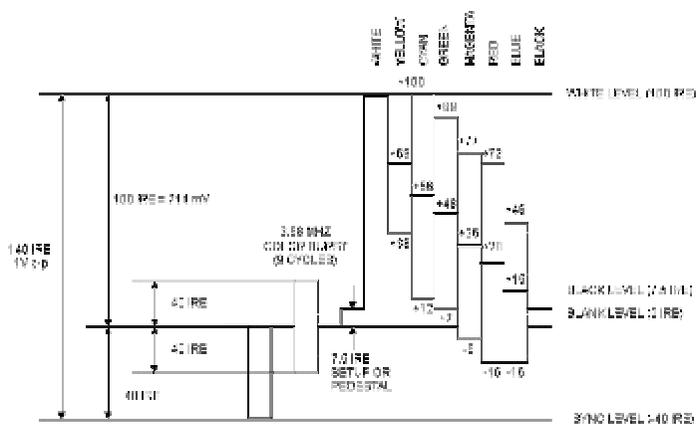
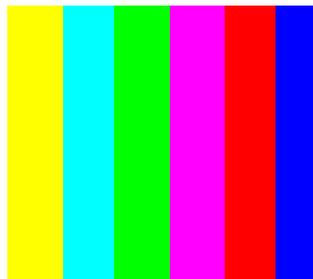


Gambar 10-15. Level sinkronisasi

#### 10.4.6. Batang Bidang Putih Penuh 100%

Batang bidang putih 100% sama seperti EIA batang warna kecuali level putih menggunakan 100 IRE. Sinyal tes ini mengatur penguatan kroma secara tepat batang bar

kuning dan cyanida dapat menjadi 100% pada tingkatan sesuai dengan puncak amplitude batang putih.

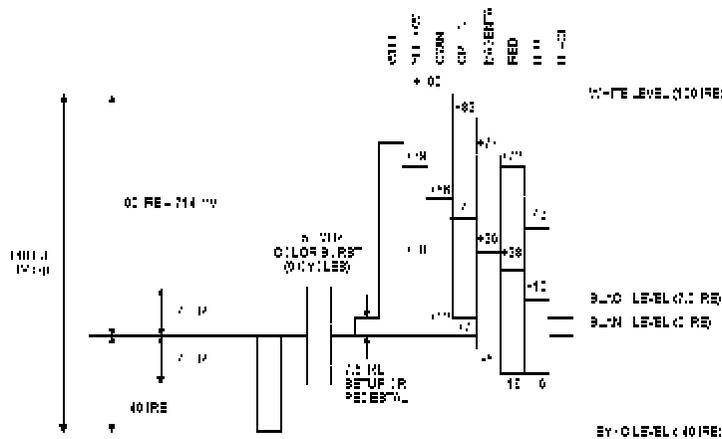
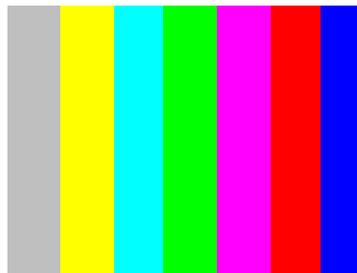


Gambar 10-16. Pengetesan bidang putih penuh

### 10.4.7. Batang Warna Putih EIA 75%

Batang warna merupakan bagian dari standarisasi EIA-189-A. Terdapat 7 batang (abu-abu, kuning, cyanida, hijau, magenta, merah dan biru) pada amplitude 75%, saturasi 100%. Setiap batang warna menggunakan 1/7 dari area gambar. Pola jendela terdiri dari area persegi warna putih ditengahnya dikelilingi oleh warna hitam. Pola ini baik untuk menguji respon frekuensi rendah

dan ujung sinyal video sebaik performansi dari penjepit video dalam sistem pemroses sinyal video. Bidang warna merah, hijau, biru dan hitam, Pola ini dipenuhi warna layar merah, hijau dan biru. Ini sangat membantu dalam dalam pengujian monitor TV untuk dilihat jika terdapat masalah dengan puritas. Akan tampak tidak ada warna lebih baik dari pada saturasi penuh warna vivid pada layar.

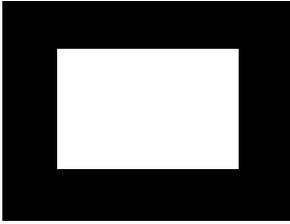


Gambar 10-17. Pengetesan bidang warna putih 75%

### 10.4.8. Jendela

Pola ini digunakan untuk pengecekan frekuensi rendah dari sistem video. Sinyal yang terbaik dapat dilihat pada osiloskop dari keluaran sistem video. Untuk

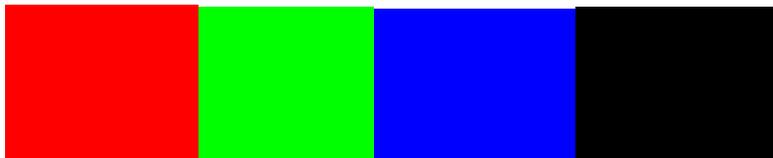
meyakinkan bahwa bentuk gelombang jendela datar, pada peragaan osiloskop kecepatan sapuan horisontal dan vertikal perlu diatur sedemikian rupa.



Gambar 11-18. Pola jendela pengecekan frekuensi rendah

#### 10.4.9. Pola Pengetesan Puritas Warna

Bidang penuh warna merah, hijau, dan pengaturan monitor. Jika biru dan hitam dengan raster warna saturasi atau hue perlu pengaturan puritas. bidang penuh warna untuk memverifikasi kemurnian (puritas)



Gambar 10-19. Pengetesan puritas

### 10.5. Pengembangan Pola

#### 10.5.1. Multiburst

Sinyal multi busrt sangat berguna untuk pengukuran frekuensi respon sistem. Pada umumnya sinyal meliputi 6 paket frekuensi diskrit yang turun dalam TV

passband . Setiap paket frekuensi biasanya dalam cakupan 0,5 MHz sampai 4,2 MHz dengan penambahan frekuensi mengarah sisi kanan dari setiap garis.

#### 10.5.2. Cable Sweep

Kabel sapuan merupakan pengukuran frekuensi respon lain. Lebih baik dari pada paket diskrit seperti sinyal multiburst yang memiliki frekuensi sapuan

kontinyu dari 1 sampai 4,5 MHz . Terdapat frekuensi marker pada garis yang menuju dasar layar. Ini sangat membantu untuk menentukan dimana rolloff terjadi.

#### 10.5.3. Tujuh Kombinasi NTC

Network Transmision Committee (NTC) Amerika yaitu suatu bentuk ikatan jaringan transmisi di Amerika mengembangkan tes sinyal dengan mengkombinasikan sinyal sehingga memungkinkan digunakan untuk beberapa

keperluan pengetesan. Tes sinyal ini sangat cerdas dinamakan kombinasi NTC-7. Kombinasi tes terdiri bendera putih, multiburst dan sinyal pedestal yang dimodulasi. Bendera putih memiliki puncak amplitude 100 IRE dan

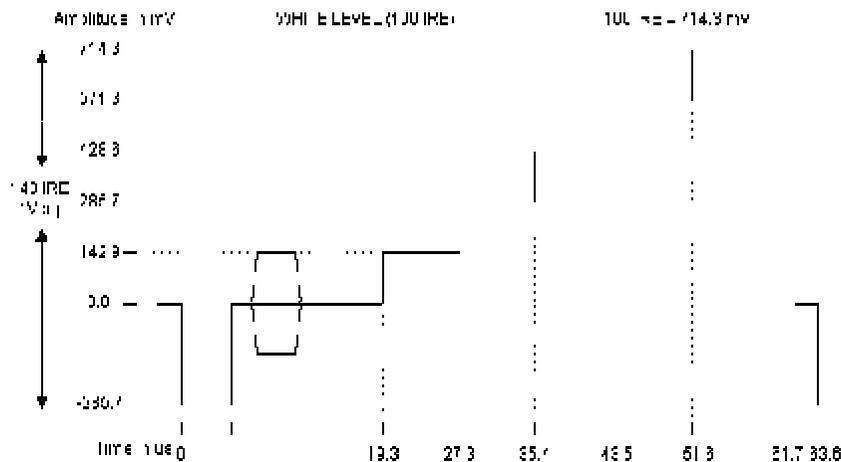
lebar 4  $\mu$ s. Multi burst memiliki 50 IRE pedestas dengan amplitude puncak ke puncak 50 IRE. Titik awal dari setiap paket frekuensi adalah pisa nol. Lebar paket 0,5 MHz adalah 5  $\mu$ s, yang tetap tinggal dalam paket 3 $\mu$ s. Tiga

langkah memodulasi pedestal yaitu campuran dari pedestal luminansi 50 IRE dengan tiga amplitude krominansi (20, 40 dan 80 IRE ). Waktu naik dari setiap paket modulasi 400 ns.

#### 10.5.4. Gelombang Tangga 5 Langkah

Sinyal tangga 5 langkah digambarkan di bawah ini, terdiri dari 5 tingkat luminansi. Krominansi termodulasi puncak ke puncak 40 IRE. Krominansi

termodulasi memiliki pisa 0 terhadap sinyal burst. Sinyal tes ini dapat digunakan untuk mengukur variasi luminansi non linier dalam sistem.

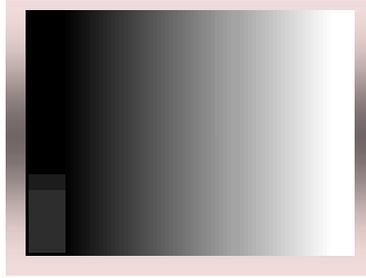


Gambar 10-20. Pengetesan linieritas sistem

#### 10.5.5. Ramp Termodulasi

Sinyal pengetesan ramp termodulasi merupakan campuran dari ramp luminansi 0 IRE sampai 80 atau 100 IRE. Ramp 80 IRE memberikan pengujian range operasi normal sedangkan ramp 100 IRE dapat digunakan untuk

pemilihan range operasi. Puncak ke puncak sinyal chrominansi termodulasi adalah 40 IRE. Sinyal chrominansi termodulasi memiliki phase 0 relatif terhadap sinyal burst.



Gambar 10-21. Pengetesan ramp termodulasi

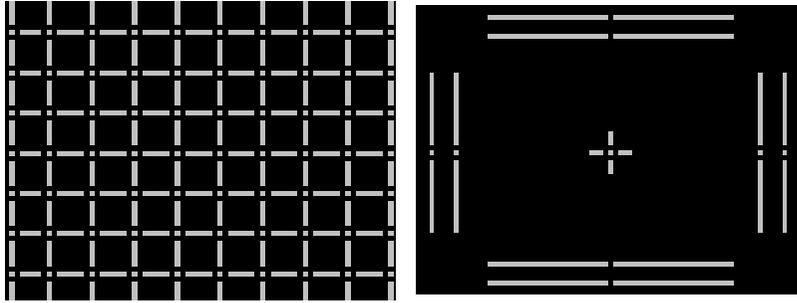
Waktu naik (rise time ) dan waktu turun (fall time) merupakan awal dan akhir dari selubung selama 400ns. Sinyal pengujian ini dapat juga digunakan untuk mengukur penguat beda dan baik pula untuk mengukur kesalahan dari rangkaian pengubah analog ke digital dalam sistem video digital. Sinyal test ramp dimodulasi merupakan campuran ramp luminansi dari 0 IRE sampai 80 atau 100 IRE. Ramp 80 IRE digunakan unuk pengujian sistem dalam range operasi normal, ramp 100 IRE mungkin dapat digunakan

untuk pemilihan range operasi pengtesan. Puncak ke puncak krominansi termodulasi adalah 40 IRE. Sinya krominansi dimodulasi mempunyai beda pasa 0 relatif terhadap burst. Pengaturan 0 IRE digunakan rise time dan fall time digunakan pada saat mulai dan sinyal penyelubung (envelope) berakhir yaitu selama 400 ns. Sinyal test ini dapat juga digunakan untuk mengukur penguatan differensial dan baik untuk mengukur kealahan bit pada pengubah analog ke digital dalam sistem video digital.

#### **10.5.6. Cross Hatch Dengan Titik**

Pola ini membangkitkan sebuah garis matrix horisontal dan vertikal sangat membantu dalam pengaturan konvergensi monitor. Karena garis putih pada layar terbuat dari komponen warna merah, hiau dan biru, masing -

masing senapan elektron dalam tabung gambar harus memiliki berkas masing-masing secara sempurna saling melapisi satu sama lain pada daerah pembentukan gambar.



Gambar 10-22. Pengaturan konvergensi

### 10.5.7. Area aman pusat perpotongan

Sinyal ini serupa dengan Cross Hatch namun digunakan untuk menegaskan bahwa gambar aman. Sinyal video diproduksi tidak akan berisi banyak informasi

gambar di luar dari area aman atau diluar kemampuan melihat. Monitor televisi akan menunjukkan area aman ataukah perlu pengaturan.



Gambar 10-23. Pengetesan area gambar aman

### 10.5.8. Pola Pergantian Perdetik

Tes Sinyal ini sebagian besar untuk menguji respon frekuensi rendah dan sistem clamp. Sinyal video akan bervariasi dari 0 IRE sampai 100 IRE pada kecepatan per satu detik. Sinyal video tidak akan terdistorsi atau terpotong di dan sinyal sinkronisasi tetap

konstan pada level tertentu, jika rangkaian pengklem berfungsi secara tepat. Monitor televisi tidak akan berubah tingkat kecerahannya atau lebar rerata dari variasi level kuat sinyal gambar.

### 10.5.9. Matrik Sinyal Penguji

Pola matrix merupakan suatu kombinasi dari Pola yang telah didiskusikan sebelumnya. Setiap Pola memiliki 48 garis untuk membuat satu gambar yang terdiri

atas 5 pola yang berbeda. Lima pola membuat matrix dengan batang warna merah, hijau, biru dan sinyal datar 50 IRE.

## 10.6. Pembangkit Pola

Pattern generator atau pembangkit pola menghasilkan sinyal audio dan video, langsung dan dengan modulasi RF sesuai yang digunakan pada televisi. Pattern generator dapat berfungsi untuk

menandai frekuensi kanal, menguji dan memperbaiki penerima TV. Keluaran sinyal dirancang dalam bentuk Pola yang sederhana yaitu :

1. Pola papan catur
2. Batang horisontal
3. Batang vertikal
4. Pola papan catur pada satu sudut
5. Cross hatched
6. Pola titik
7. Warna putih murni.

### 10.6.1. Blok diagram Pattern generator

Prinsip kerja Pattern Generator secara blok diagram dijelaskan dalam uraian di bawah ini. Pattern Generator berisi dua stabil multivibrator dan rangkaian pembentuk gelombang, satu frekuensi di bawah 15625 Hz (system PAL) untuk menghasilkan serangkaian batang horisontal dan yang lain di atas 15625 Hz untuk menghasilkan batang vertikal. Sinyal dimodifikasi ke dalam pulsa durasi pendek diumpankan ke bagian video pesawat penerima panjangnya sama dengan rentetan pulsa sinkronisasi untuk menghasilkan garis halus pada layar. Keluaran multivibrator berupa sinyal video gelombang kotak dengan frekuensi kelipatan  $m$  dari frekuensi horisontal untuk menghasilkan balok vertikal dan batang putih. Setiap setelah siklus ke  $m$  pulsa trigger blanking

horisontal multivibrator menyerempakkan sinyal batang pada setiap garis. Jumlah batang dapat divariasikan dengan mengubah frekuensi generator melalui pengaturan panel depan pattern generator.

Dengan cara yang sama pulsa gelombang kotak yang diturunkan salah satu dari 50 Hz atau dari master osilator digunakan untuk pengaturan trigger yang lain dari multivibrator yang membangkitkan sinyal video yang mempunyai frekuensi kelipatan  $n$  dari frekuensi vertikal. Pada saat sinyal diumpankan pada penguat video menghasilkan batang hitam dan putih horisontal. Kecepatan pensaklaran multivibrator dapat dikontrol dengan menggunakan potensiometer biasanya dipasang pada panel depan instrument.

Mengatur kecepatan pensaklaran sebenarnya mengatur jumlah batang horisontal hitam dan putih. Pulsa sinkronisasi dan blanking ditambahkan pada sinyal modulasi. Master osilator digunakan untuk membangkitkan sinyal blanking dan mengatur gerbang dan pembangkitan pulsa. Sinyal sinkronisasi komposit diberikan ke pattern generator sinyal video dan syn adder. Keluar dari pembangkit batang horisontal dan vertikal diteruskan untuk membentuk pola cross hatch, papan catur. Pola sinyal video diberikan ke adder dari adder sinyal diteruskan ke modulator VHF.

Amplitudo modulasi mengambil alih keluaran frekuensi pembawa

yang disediakan dalam tingkat tinggi dan rendah dari soket keluaran. Master control, pembangkit sinkronisasi dan blanking menyediakan pulsa blanking, pengambilan pulsa dari multivibrator berupa sinyal batang vertikal dan horisontal.

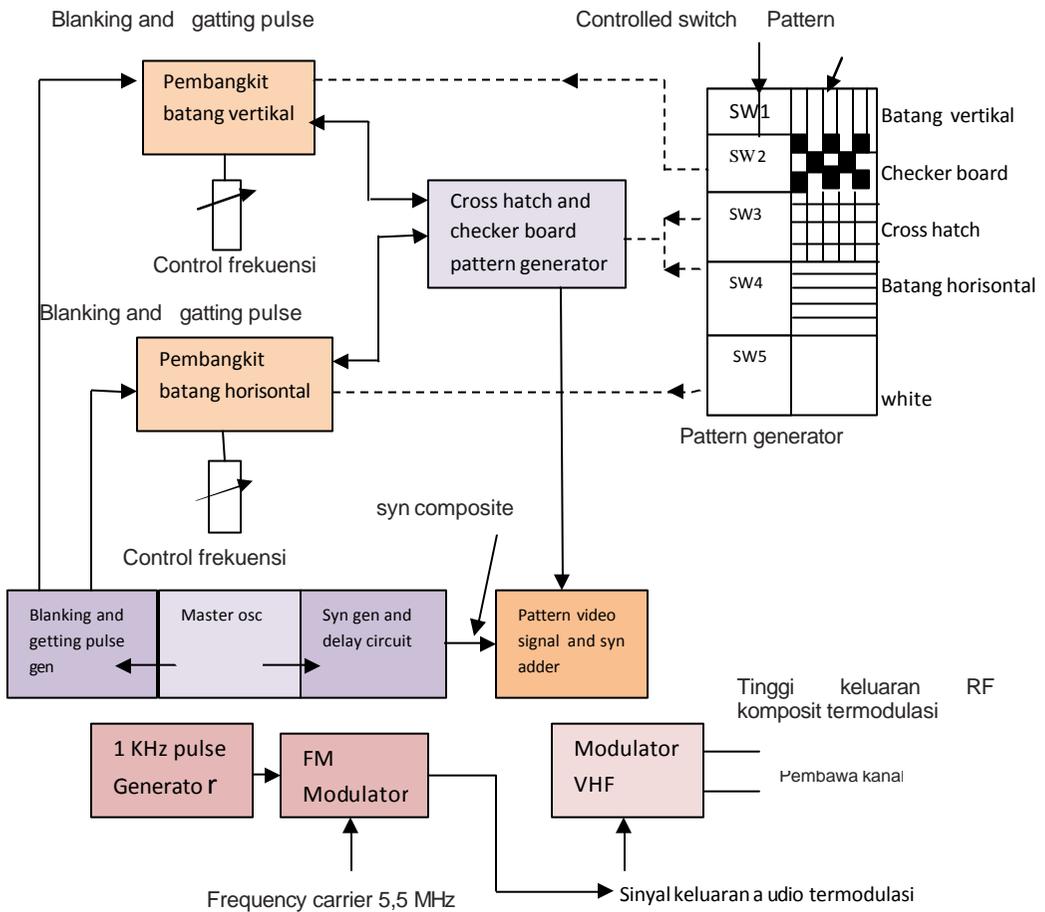
Sebuah osilator audio membangkitkan sinyal frekuensi 1 KHz yang kemudian dimodulasi frekuensi dengan sinyal pembawa 5,5 MHz. Tujuan dari modulasi frekuensi sinyal audio untuk menguji bagian audio. Keluaran disediakan secara dengan soket terpisah ditandai sebagai sinyal audio dan video. Kombinasi saklar mH dan nV, multivibrator membangkitkan pola yang berbeda.

Tabel 10-1 Saklar pola gambar

Switch mH	Switch nV	Keluaran patron
OFF	OFF	Raster putih murni
OFF	ON	Batang horisontal
ON	OFF	Batang Vertikal
ON	ON	Cross hatch

Pola batang horisontal digunakan untuk mengecek linieritas penguat vertikal. Sedangkan Pola batang

vertikal digunakan untuk mengecek linieritas penguat horisontal.



Gambar 10-24. Blok diagram pembangkit pola

Pola cross hatch digunakan untuk kedua pemusatan linieritas gambar dan aspect ratio. Pola titik disediakan untuk melakukan pengecekan dan pengaturan konvergensi statis gambar di tengah layar dengan kecerahan rendah. Pola putih tanpa informasi disediakan untuk pengecekan kesatuan kecerahan layar pada

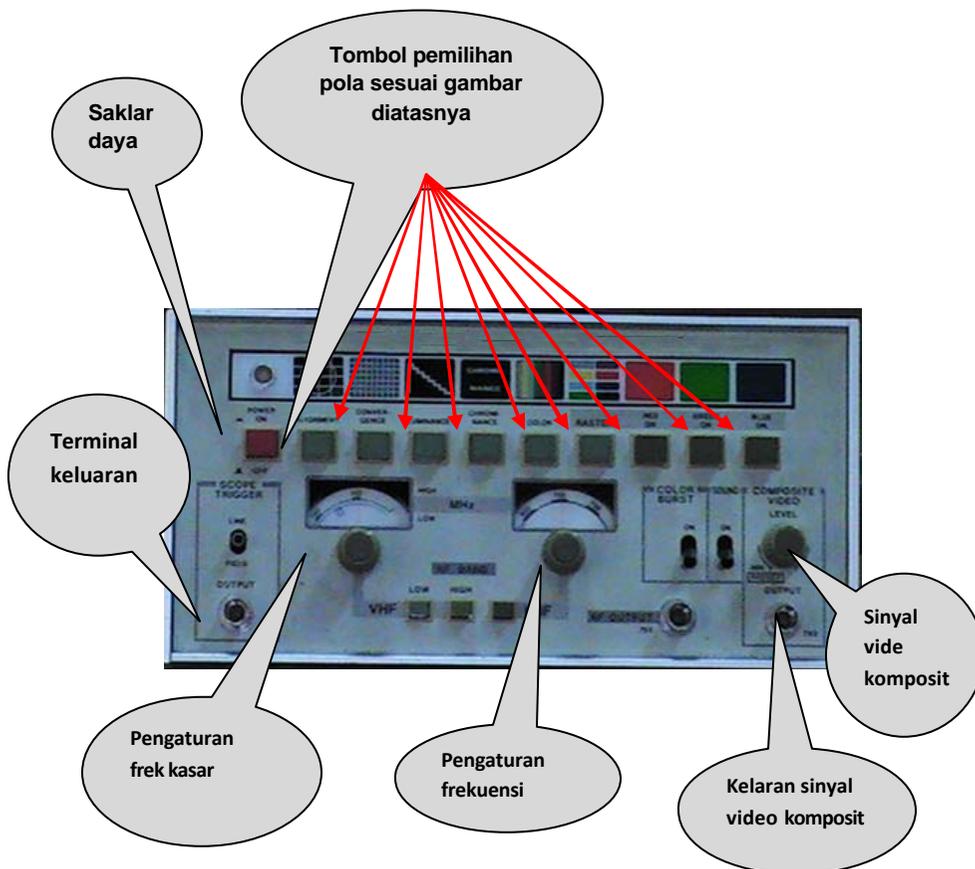
saat tidak ada hum. Pola gambar warna disediakan untuk pengecekan kemurnian warna, reproduksi proper warna dan semua performansi penerima. Sinyal tes yang disediakan oleh Pola generator adalah (1) sinyal RF, (2) sinyal IF dan (3) sinyal video.

### 10.6.2. Kontrol dan Spesifikasi Pola Generator

Fungsi control yang difasilitasi Pattern generator adalah :

1. Frekuensi garis
2. Amplitudo keluaran sinyal video
3. Saklar Power ON/OFF
4. Soket FM
5. Soket RF
6. Kontrol untuk mengubah batang vertikal dan horisontal
7. Saklar pemilih Pola

Kontrol Panel Depan dan Fungsi Pattern generator



Gambar 10-25. Tombol panel depan pembangkit pola

### 10.7. Spesifikasi :

1. Power supply : 230V/50Hz
2. Lebar sapuan : 5MHz - 40 MHz
3. Frekuensi sapuan : 5MHz - 400 MHz
1. Lebar jalur osiloskop : 20Hz - 1MHz
2. Frekuensi pembangkit time base CRO : 20Hz to 50 KHz
3. Tegangan keluaran RF : 0.25V - 0.5V (rms)
4. Pembawa FM : 5,5 MHz
5. Sinyal internal : 1 KHz gelombang sinus
6. Pola pengetesan :
  - Batang vertikal
  - Batang horisontal
  - Cross Hatch
  - Chequer board
  - Lingkaran putih
  - Lingkaran latar belakang hitam
  - Keluaran RG 100 mVp-p

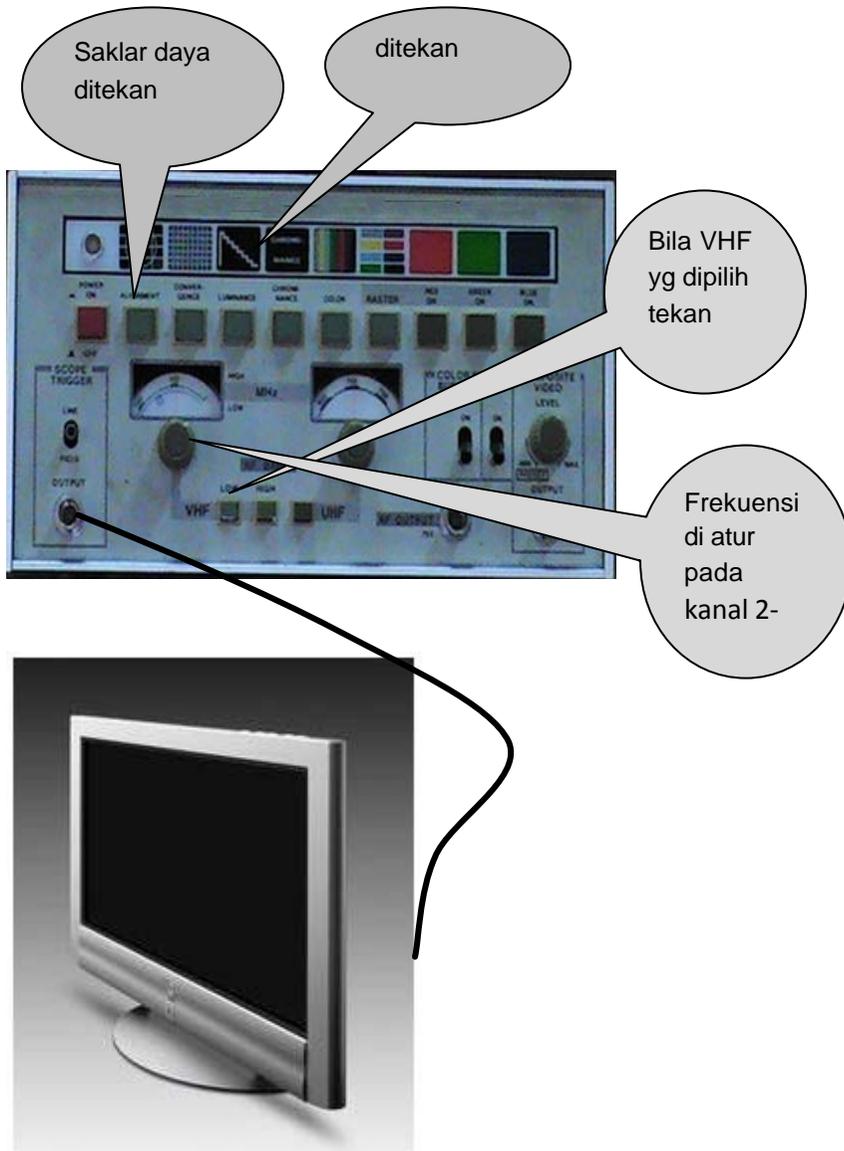
### 10.8. Aplikasi :

1. Pengecekan garis dan kerangka waktu linieritas batang
2. Pengecekan lebar dan tinggi gambar
3. Pengecekan IF video
4. Pengaturan tingkat IF suara dan
5. Pengecekan bagian AGC
6. Pelacakan gangguan penguat video dan penggunaan keluaran video variable

#### 10.8.1. Prosedur Penggunaan Pembangkit Pola

Pemanfaatan pembangkit pola dilakukan dengan langkah – langkah berikut.

- 1 Penggunaan Pattern generator
  - 2 Persiapkan peralatan yang diperlukan :
    - a. Pattern generator (pembangkit pola)
    - b. Penerima TV
    - c. Kabel penghubung.
  - 3 Menghubungkan Pattern generator pada penerima TV. Pattern Generator dilengkapi
  - 4 Saklar pemilih kanal diatur untuk mendapatkan Kanal 2 – 4.
- keluaran RF termodulasi dan digunakan lebih dari 1 TV maka hubungan Pattern Generator melalui pancaran atau wire less. hubungan dapat dilakukan dengan melalui keluaran AV bila tidak ada fasilitas AV keluaran RF termodulasi dapat dihubungkan melalui masukan antenna TV.



Gambar 10-26. Pengawatan penggunaan pola non video komposit

- 5 Melakukan pengamatan gelombang tangga dan membuat pengaturan pada penerima TV.
- 6 Gambar hubungan rangkaian :
- 7 Hasil yang diharapkan adalah kemampuan mengamati dan menggambarkan gelombang tangga audio / video .
- 8 Pola divariasikan untuk diamati kesesuaian gambar pattern generator dengan peraga hasil layar televisi.

## 10.8.2. Pengukuran Lebar Penalaan Tuner Televisi

### Tujuan :

Pengamatan variasi control wobbuloscope, menggunakan **alignment** penerima TV

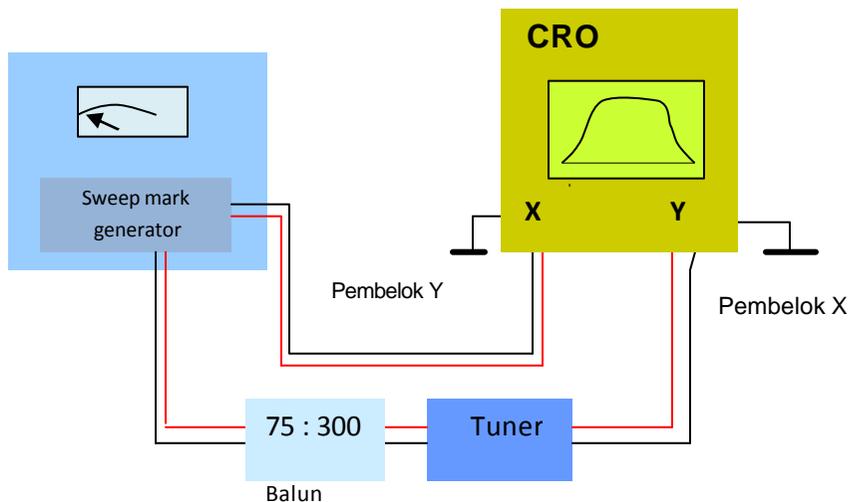
### Peralatan Yang diperlukan :

Patern generator, Wobbuloscope, Balun, penerima TV dan kabel penghubung.

### Teori pendukung

Wobbuloscope terdiri dari sweep generator, CRO dan sebuah marker generator, yang dapat mengatur frekuensi respon penglihatan yang berkaitan

dengan sinyal suara sebaik penguat IF penerima TV. Pattern generator sebagai sinyal masukan pada penerima TV untuk memfungsikan kerja TV dengan sinyal stabil. Alignment penerima TV menggunakan wobbuloscope. Dengan menggunakan wobbuloscope dapat menguji respon penguat IF video, penguat video, penguat IF suara dan semua frekuensi respon dengan menggunakan blok diagram berikut ini. Respon penguat dapat dilihat pada tampilan layar osiloskop.



Gambar 10-27. Pengawatan pengujian lebar penalaan tuner

Dua frekuensi dibangkitkan oleh sweep generator. Pada umumnya satu frekuensi dibawah 100 Hz yang dinamakan frekuensi wobbulator dan yang lain berkaitan dengan menghasilkan frekuensi senter IF penerima TV 33,4 MHz, 38,9 MHz secara

berturut-turut. Keluaran sinyal dari wobbuloscope dihubungkan dengan masukan kanal X osiloskop secara langsung dan yang lain sinyal dihubungkan ke balun (75:300) untuk penyesuaian impedansi ke bagian tuner dari penerima dan keluaran tuner

diberikan pada pelat Y ososkop. Kurva respon akan diperagakan pada layar CRO. Untuk

memudahkan fungsi perbagian penrima TV sebaiknya

#### **Hubungan dibuat perblok dan pengaturan meliputi :**

1. Pengaturan halus frekuensi sapuan (sweep)
2. Pengaturan cakupan kasar frekuensi sapuan
3. Saklar On/Off
4. Menandai pengaturan frekuensi cakupan kasar frekuensi
5. Menandai pengaturan halus frekuensi
6. Pengaturan lebar sapuan attenuator
7. Memutar dial untuk mencari frekuensi mark
8. Pengaturan pergeseran Y, X, focus, iluminiasi, Time/div, Amplitudo/div CRO
9. Soket keluaran RF
10. Keluaran terminal marker.

#### **Hasil :**

Hasil pengamatan yang diharapkan :

- (i) Frekuensi marker IF AM radio 455KHz
  - (ii) Frekuensi IF FM video - 10.7 MHz
  - (iii) Jarak frekuensi pembawa antara IF suara sampai IF video 5,5 MHz
  - (iv) Frekuensi IF video 38,9 MHz
  - (v) Frekuensi IF suara 33,4 MHz.
- (iii) Inter carrier frequency between SIF to VIF is 5.5 MHz

- (iv) VIF - 38.9 MHz
- SIF - 33.4 MHz

Kompetensi yang diharapkan dari pembelajaran ini adalah :

1. Mampu menjawab pengertian wobbuloscope
2. Mampu mengaplikasikan wobbuloscope
3. Mampu melakukan pengaturan control panel dari wobbuloscope
4. Mampu menspesifikasikan wobbuloscope

### **10.8.3. Pengaturan Gambar dan Suara Menggunakan Pattern generator**

#### **Peralatan yang diperlukan :**

Pattern generator, Penerima TV

#### **Teori**

Pattern generator memberikan sinyal video langsung dengan modulasi FR pada kanal standar televisi sehingga dapat digunakan untuk menguji dan alignment penerima TV. Sinyal video

dirancang untuk menghasilkan Pola geometric sederhana seperti batang vertikal, batang horisontal , cross-hatch, kisi-kisi, papan catur dan Pola degradasi. Pola ini convenient untuk alignment

geometri raster dan linieritas, juga untuk pengaturan penguat. suara difasilitasi dengan sinyal pembawa, membuat sangat berguna sebagai sumber sinyal TV dengan tujuan perbaikan.

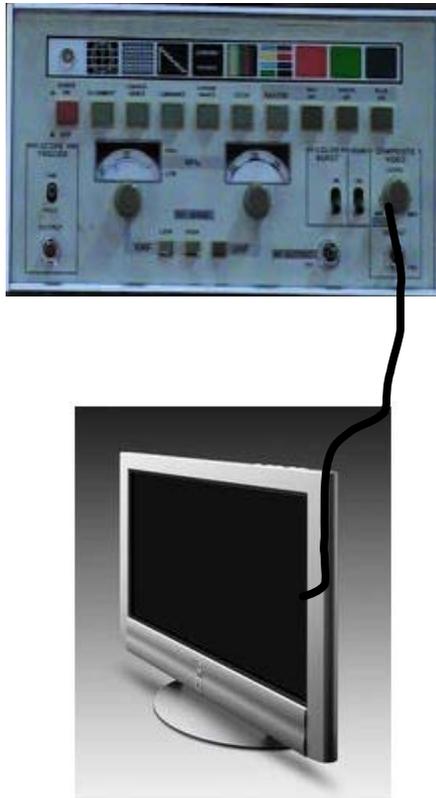
Jika tidak ada raster dan suara dari penerima, rangkaian power supply yang diumpankan pada pemanas dengan nilai B+, yaitu tegangan Vcc perlu dicek. Perlu dilakukan pengecekan sekering dalam supply. Kerusakan komponen lain adanya kemungkinan hubung singkat di rangkaian utama. Variasi uji pattern untuk mendapatkan alignment penerima TV sebagai berikut : .

Modulasi kanal RF dengan menggunakan FM untuk

1. Lingkaran berlatar belakang hitam digunakan untuk pengecekan pembentukan frame gambar, sementara latar belakang warna hitam lebih cocok untuk pengecekan refleksi.
2. Garis Centre cross / Border memberikan fasilitas pengetesan pemusatan layar TV, linieritas defelski dan pembetulan pin cushion.
3. Pola putih 100% dengan burst warna digunakan untuk pengecekan puritas dan pengoptimalan berkas.

### **Prosedur Pemakaian**

1. Menghubungkan penerima TV dihubungkan dengan pattern generator.
2. Pola gambar dipilih sesuai dengan fungsi pola, misal pola lingkaran untuk menguji linieritas defleksi.
3. Gambar monitor diamati kesempurnaan gambarnya untuk dianalisa kesempurnaan fungsi bagian penerima TV.
4. Ganti masukan dengan sinyal video komposit untuk dilihat fungsi penerima V berdasarkan kerja masing-masing blok.
5. Hubungan penerima TV dan patern generator pada gambar berikut.



Gambar 10-28. Pattern generator dengan TV pengetesan fungsi

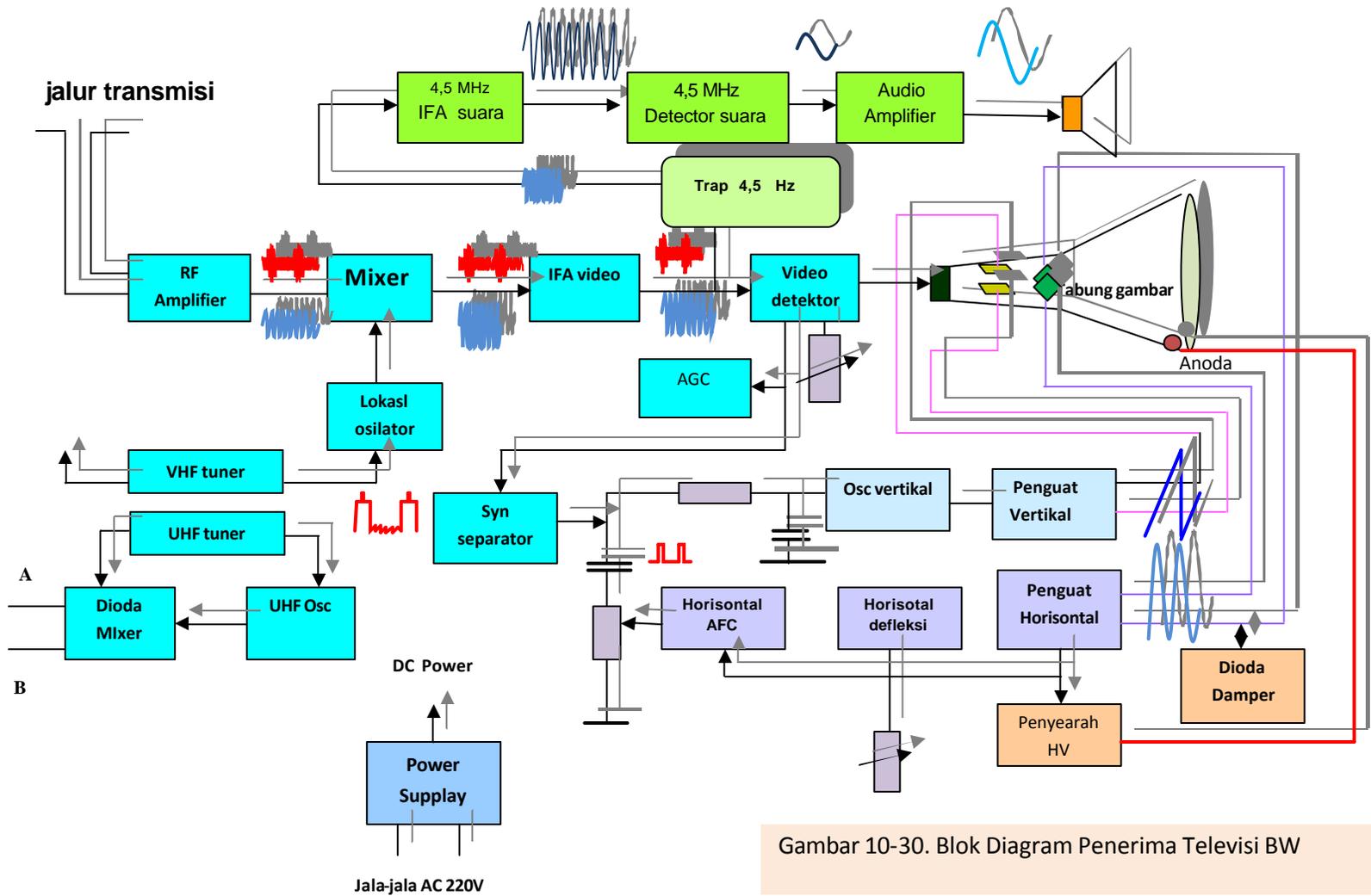
6. Bentuk gelombang perblok diamati sebagai acuan gambar rangkaian TV beserta bentuk-bentuk gelombang ditunjukkan halaman berikut.

#### **10.8.4. Pembangkit pola dipasaran**

Banyak model ditawarkan dalam pasaran diantaranya gambar berikut ini.



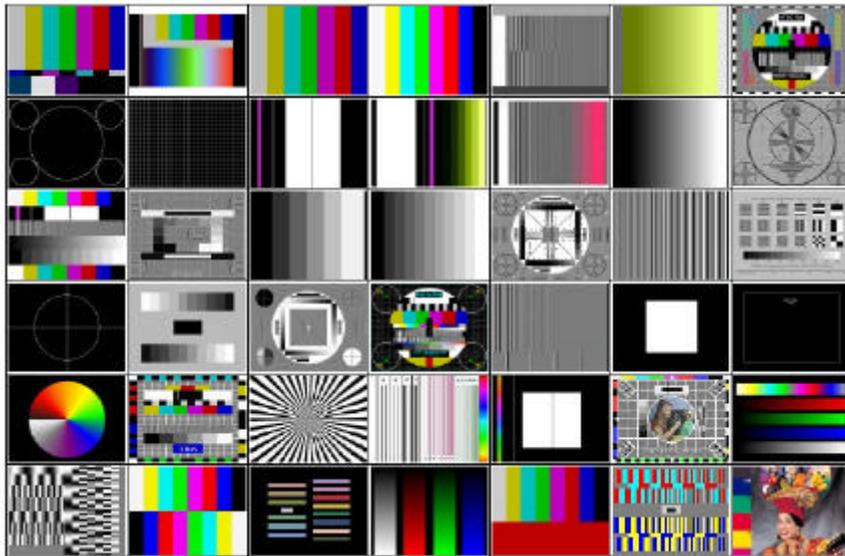
Gambar 10-29. Model-model pembangkit pola di pasaran



Gambar 10-30. Blok Diagram Penerima Televisi BW

### 10.8.5. Pola Pengetesan Sinyal Video

Di bawah ini jenis-jenis pola pengetesan video untuk penerima televisi, VCD dan DCD player.



Gambar 10-31. Macam-macam pola pengetesan sinyal video

# BAB 11

# MESIN TESTER

### Tujuan :

Setelah membaca pembahasan mesin tester mampu :

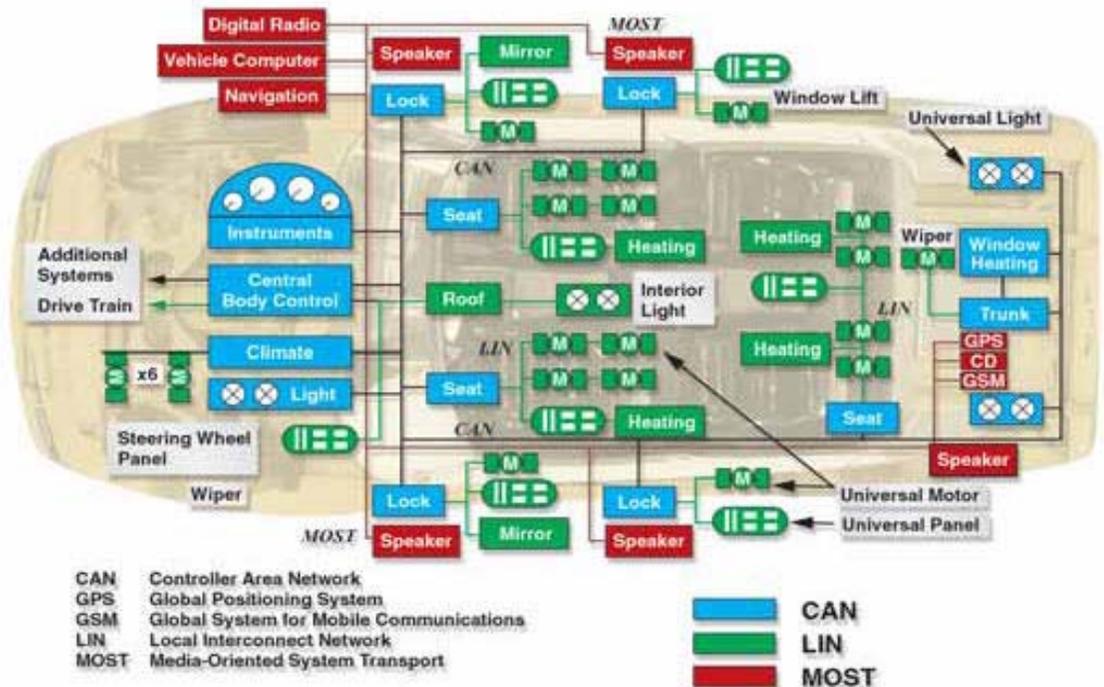
1. Mendiskripsikan peralatan yang digunakan
2. Mampu menjelaskan kegunaan mesin tester dan memahami alasan mengapa alat ini efisien digunakan mendiagnosa kerusakan mobil.
3. Memahami jenis-jenis dan kegunaan mesin tester, penganalisa gas.

### 11.1. Pengantar

Pada dasarnya jantung mesin tester ini adalah MSO yaitu jenis osiloskop merupakan gabungan dari osiloskop perekam digital dan spektrum analiser. Keistimewaan MSO yaitu dapat digunakan untuk mengukur tegangan multi kanal dan multi frekuensi. Hasil pengukuran ditunjukkan sebagai spectrum frekuensi dari beberapa frekuensi

yang spesifik untuk pengukuran pada titik tertentu.

Dalam system terapan analisis kerusakan mesin ini memadukan sistem kontrol dan system komunikasi dengan navigasi GPS protocol CAN, LIN dan MOST. Serial buses yang sekarang ini sangat populer ditunjukkan dalam gambar 11-1 di bawah ini.



Gambar 11-1. Bagan serial buses mesin tester

Komunikasi *longhaul* peka terhadap masalah integritas sinyal yang disebabkan oleh lingkungan berisik yang didapatkan dalam otomotif, meliputi interferensi sinyal karena sistem pengapian, dan sistem acak yang seringkali dapat membuat kesalahan selama siklus komunikasi kritis.



Gambar 11-2. Mesin Tester

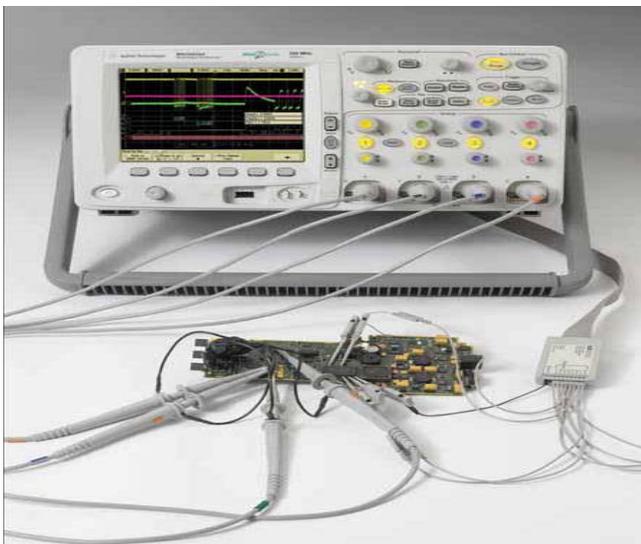
Dengan sistem elektronik otomotif yang ditempatkan pada sistem pencampuran sinyal maka dapat digunakan beberapa sensor dan motor analog yang mengontrol dengan kontrol digital. Sekarang siloskop tradisional merupakan perangkat. Namun osiloskop tradisional dan digital mempunyai banyak keterbatasan, meliputi kebocoran pemicuan yang kompleks dan keterbatasan akuisisi kanal masukan. Oleh karena itu, suatu kelas baru peralatan pengukuran yang dikenal Mixed signal oscilloscope (MSO) lebih banyak memberikan keuntungan untuk debugging dan memverifikasi sifat operasi dari perancangan otomotif sekarang ini. Untuk mengilustrasikan keuntungan serta keunikan MOS, pada aplikasi ditunjukkan metodologi perancangan

*debugging* tipikal untuk menyelesaikan masalah integritas sinyal dalam sistem otomotif yang didasarkan CAN. Sementara itu pada sinkronisasi dan penerimaan perbedaan sinyal CAN dari data sensor analog yang ditransmisikan secara digital ke ECU, MSO akan selalu digunakan pengulangan pengambilan dan mengukur amplitudo keluaran dari sensor analog pada bagian masukan jarak jauh. Pada saat yang sama MSO juga digunakan untuk mengindra sinyal kontrol SPI dalam ECU. Namun sebelum menggali perancangan CAN otomotif secara khusus dan bagaimana menggunakan MSO untuk debug dan menyelesaikan masalah integritas sinyal, terlebih dahulu dipelajari prinsip kerja MSO

### 11.1.1. Mixer Signal Oscilloscope (MSO)

MSO merupakan instrumentasi hybrid yang mengkombinasikan semua kemampuan pengukuran dari osiloskop penyimpanan digital (DSO) dengan beberapa kemampuan pengukuran dari penganalisis logika (*Logic analyzer*), dengan analisis protokol serial ke dalam satu instrument yang sinergi. Dengan MSO mampu melihat beberapa kelurusan waktu (*time alignment*) analog, yang dikodekan ke dalam digital secara seri dan paralel. Bentuk gelombang pada peraga yang sama ditunjukkan pada gambar 11-3. Meskipun sekarang ini banyak osiloskop tradisional memiliki kemampuan penpemicuan yang terbatas, beberapa MSO meliputi pemicuan seri yang canggih dan analisis decode protokol yang optimis untuk sistem pencarian kesalahan elektronik otomotif.

MOS pada umumnya mempunyai kebocoran yang besar pada kanal akuisisi digital full-fledged logic analyzer, dan juga dengan protokol analisis mempunyai kebocoran tingkat abstraksi tinggi. Namun MSO masih relatif sederhana sehingga memungkinkan digunakan dengan mudah dan mencegah kekomplekan dalam mengoperasikan penganalisaan logika dan penganalisa protokol. Penggunaan MSO sama seperti penggunaan osiloskop pada umumnya. Karena integritas MSO sangat tinggi, menjadikannya sangat mudah digunakan dari pada dua kotak dengan bebas dicampur sinyal pengukuran, solusi terdiri dari lingkup manapun yang dihubungkan ke penganalisa logika atau lingkup yang dihubungkan ke bus serial penganalisis protokol.



Gambar 11-3. MSO

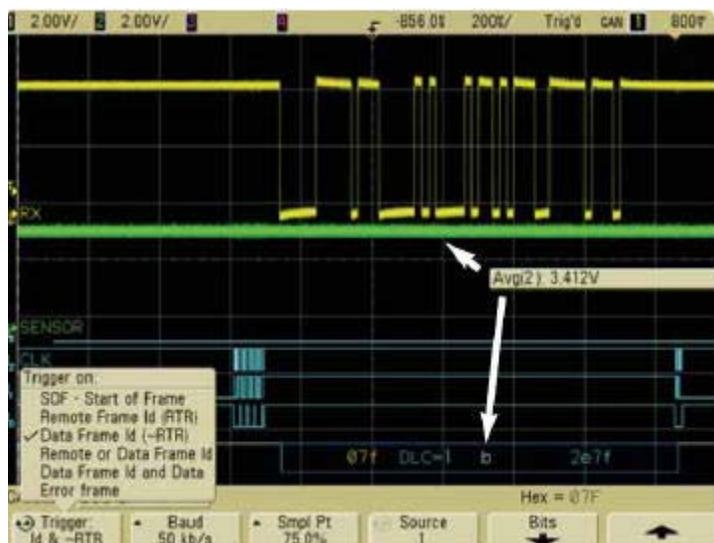
MSO yang baik adalah yang familiar digunakan, memberikan penyegaran bentuk gelombang dengan cepat, termasuk di dalamnya serangkaian pemecuan, analisis dan operasi sangat

menyerupai osiloskop tidak seperti penalisa logika atau pengenalisa protokol. Gambar 11-3. menunjukkan salah satu jenis MSO yang digunakan di industry.

### 11.1.2. Verifikasi Sifat Operasi Dari Sistem Windshield-Wiper Otomatis

Sebelum integrasi perancangan otomobil diluncurkan, MSO terlebih dahulu digunakan dalam laboratorim, diverifikasi sifat rangkaian dan operasi protocol dari sistem windshield- wiper otomatis.

Gambar 11-4.. menunjukkan beberapa hubungan waktu sinyal analog dan digital dari sistim prototip pengindra dan diperagakan bentuk gelombang pada kanal 1 (puncak penjejakan) berbeda dengan sinyal bus CAN yang dikomunikasikan ke variasi sub sistem jarak jauh termasuk sistem windshield-wiper. Bentuk gelombang kanal 2 (penjejakan di tengah) menunjukkan tingkat sinyal keluaran analog dari sensor hujan jarak jauh yang secara optik mendeteksi hujan / salju yang mengenai windshield. Juga ditunjukkan adanya variasi waktu yang dihubungkan dengan sinyal kontrol SPI (penjejakan ditunjukkan dekat dasar peraga osiloskop) dalam ECU meliputi CLOCK, DATA, CS dan sinyal INTERRUPT semua penginderaan dipantau dengan menggunakan MSO dengan pewaktuan logika 16 kanal.



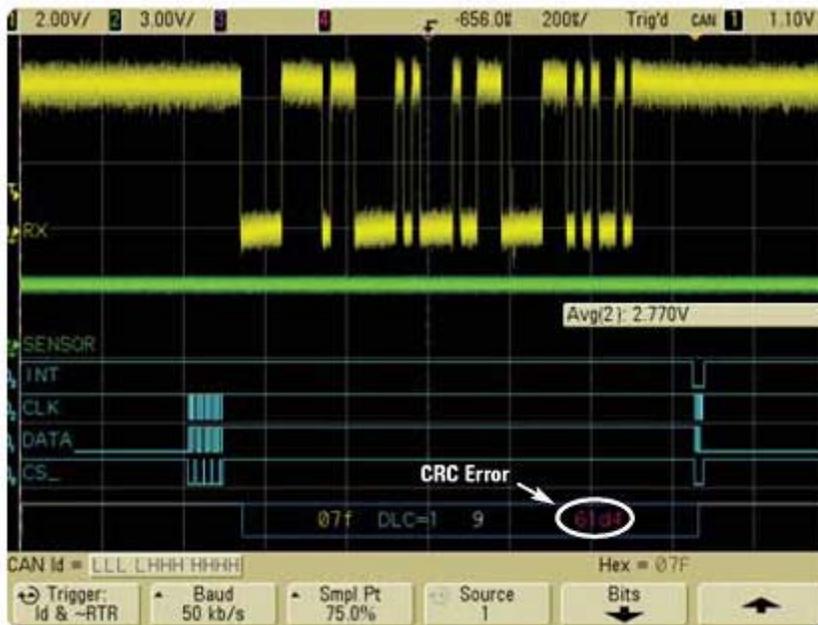
Gambar 11-4. Pengambilan gambar ganda SPI dan CAN dengan menggunakan MSO

Bus penjejakan multiwarna ditunjukkan pada bagian bawah peraga osiloskop, informasi korelasi waktu CAN yang telah di decode dibaca kanal akuisisi CAN yang dipilih pemakai dalam hal ini kanal 1. Dalam perancangan khusus ini, amplitudo keluaran sesaat dari sensor analog jarak jauh diubah kedalam nilai digital dengan pengubah analog ke digital (ADC), kemudian secara berturut-turut dikirimkan ke ECU sebagai data byte tunggal dalam satu bingkai khusus (07F HEX).

Pengulangan transmisi penginderaan dari keluaran sensor dan menguji sifat operasi prototip MSO diperlukan untuk mengatur pemicu pada bingkai data 07FHEX sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3. Keluaran sensor berbentuk sinyal analog selalu ditranmisikan dalam bingkai ini. Dengan pengaturan kondisi osiloskop, ahli perancang otomotip telah mampu memudahkan pengukuran amplitudo analog dari keluaran sensor (3,14 V) sementara itu juga memantau dan memverifikasi nilai data, (BHEX) yang sebenarnya telah ditranmisikan dalam paket CAN. Sementara pengetesan sistem prototipe wiper otomatis dalam laboratorium diamati tidak bermasalah, dan perbedaan sinyal CAN muncul hampir tanpa nois.

Sayangnya bila subsistem otomotip diintegrasikan ke dalam otomobil, sistem wiper otomatis menjadi tidak reliable dan ini ditentukan oleh nilai data yang diterima oleh ECU, yang tidak selalu sesuai kondisi pisik nyata dari sensor. Bila masalah rangkaian dapat diprediksi dan dilakukan pengulangan, ini menjadi lebih baik dan mudah memisahkan tugas untuk menemukan sebab utama dari masalah rangkaian. Namun perancangan khusus otomotip ini telah diintegrasikan ke dalam otomobil, peran transmisi data dari sensor acak membuatnya sulit untuk memisahkan sebab dari masalah.

Sinyal yang sama dengan aslinya diukur dalam laboratorium, namun pada saat itu sinyal diindera dengan sistem wiper otomatis dintegrasikan ke dalam otomobil ini ditunjukkan pada gambar 11- 4. Sekarang bisa dilihat pengaruh nois dan interferensi pada sinyal perbedaan CAN, yang disebabkan oleh kebisingan yang keras pada kendaraan. Ahli perancang otomotip memantau peraga osiloskop, sementara itu pemicuan secara berulang-ulang pada data bingkai ID 07FHEX. Ahli sekali-kali mengamati cahaya merah dalam tanda decode CAN (bawah penjenjakan) dalam gambar 11-5.



Gambar 1-5. Kesalahan acak yang teramati dalam decode CAN pada bingkai data ID : 07F HEX

MSO mendecode CAN, dalam perkembangannya kondisi jelek dikodekan dengan warna CRC merah, dan kondisi salah dalam bingkai lain ditunjukkan sebagai penjejak bus warna merah. Osiloskop ini mempunyai kecepatan **update** bentuk gelombang yang cepat (di atas 100 000 bentuk gelombang perdetik dalam waktu sebenarnya) dan perangkat keras secara serial dipercepat mendecode untuk mengambil data transmisi dengan hasil yang jarang jelek. Hardware dipercepat secara serial mendecode peraga, mendecode string secepat 60 kali perdetik lebih cepat dari kemampuan mata manusia membaca, namun cukup rendah untuk melihat kode warna kondisi salah, ini jarang terjadi, jika ini terjadi. Kebanyakan osiloskop dengan memori dan memecahkan

kode serial mempunyai kemampuan penyegaran sangat lambat. Ini terutama dikarenakan pemecahan kode menggunakan perangkat lunak paska pemrosesan. Penyegaran bentuk gelombang dan pemecahan kode sering mengambil waktu beberapa detik. Ini berarti bahwa jika terjadi kesalahan jarang, kebanyakan kondisi salah akan terjadi secara acak selama osiloskop mati bukan selama osiloskop melakukan **akuisisi**. Ini membuat hamper tak mungkin menangkap **errant** transmisi secara acak dengan menggunakan osiloskop tradisional, mustahil mampu melakukan penpemicuan CAN dan mendecode. Namun perangkat keras dipercepat dengan CAN decoding MSO secara statistik ditingkatkan probabilitasnya menangkap keacakan dan kondisi

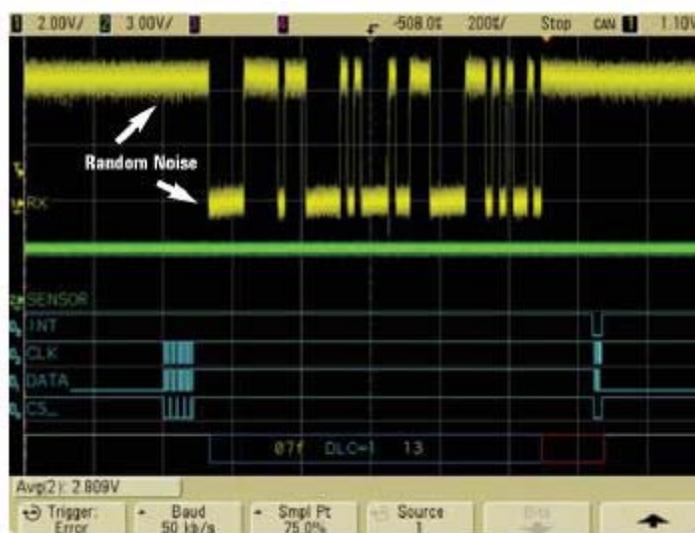
kesalahan karena kedua bentuk gelombang dan decode CAN mempunyai kecepatan penyegaran data melampaui kecepatan pengulangan bingkai data 07FHEX. Untuk menyegarkan tampilan osiloskop dengan satu kejadian data transmisi jelek, atasi terlebih dahulu dengan mencoba tekan

lingkup panel depan. Kunci STOP bila diamati tanda *decode* merah. Sayangnya bentuk gelombang osiloskop dan kecepatan penyegaran data decode sangat cepat, maka ketika STOP ditekan beberapa urutan akuisisi telah dilakukan dan peraga selalu berhenti pada data transmisi yang baik.

### **11.1.3. Pemicuan MSO Pada Bingkai Kesalahan Mengungkapkan Masalah Integritas Sinyal**

Langkah berikutnya pada saat mengatur pemicuan osiloskop hanya untuk menyerempakkan bingkai kesalahan sebagaimana ditunjukkan pada gambar 11-6. Dengan mengatur kondisi pemicu (pemicu pada bingkai kesalahan), osiloskop hanya menangkap dan memperagakan transmisi CAN jelek dan mengabaikan transmisi yang baik. Sekarang teknisi dapat menekan salah satu kunci STOP pada waktu menganalisa kualitas sinyal jelek yang terakhir ditransmisikan bingkai CAN, atau menggunakan osiloskop pendek tunggal dengan mode untuk membekukan peragaan pada data transmisi jelek berikutnya. Dari hasil peragaan ini teknisi

mengutamakan kecurigaan pada masalah data transmisi acak terutama urutan acak noise diteruskan ke perbedaan sinyal CAN (puncak penjejakan). Maka dapat dilihat bahwa noise menumpang pada sinyal CAN muncul dengan distribusi Gaussian. Sebagai bukti dengan diberikan tingkat intensitas peraga, osiloskop mampu pembesaran beberapa kali dari pada sistem peraga serupa pada osiloskop analog tradisional. Namun setelah pengukuran tingkat keacakan noise dengan standar deviasi MSO, teknisi menentukan bahwa tingkat sinyal noise dalam toleransi khusus dan tidak mempengaruhi kesalahan.



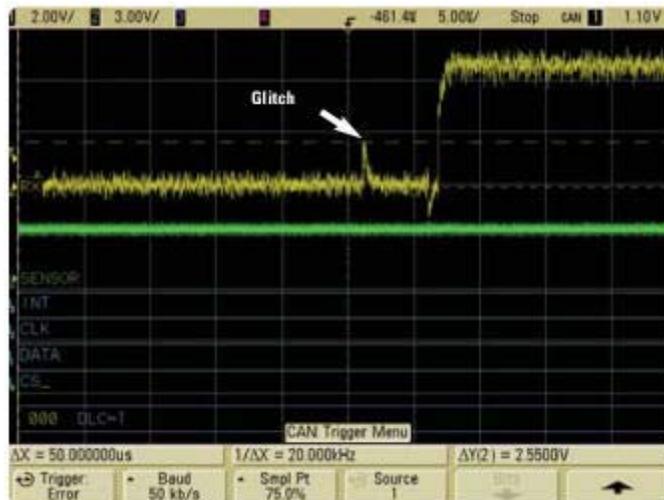
Gambar 11-6. Pemicuan pada CAN bingkai error mengisolasi perbedaan akuisisi CAN pada bingkai transmisi pengulangan bentuk gelombang glitch

Setelah jauh menginspeksi perbedaan sinyal CAN pada kanal 1, teknisi akan menemukan bahwa glitch sempit telah terjadi selama transmisi bingkai data terutama muncul pada ujung ke 5 dari sinyal perbedaan CAN. Bila dilihat rekaman bingkai CAN dalam kondisi normal yang dimampatkan

dari hasil memori bagian dalam akuisisi (di atas 8 M titik) menyebar pada layar peraga dengan time base pada  $200 \mu\text{s}/\text{div}$  (gambar 11-7), glitch dengan mudah dapat dilihat dengan osiloskop resolusi kecepatan sampel yang tinggi (sampai di atas 4 GSa/s).

Setelah menemukan glitch dan mengukur amplitudo dengan kursor MSO, teknisi menekan tombol RUN pada panel depan osiloskop untuk memulai kembali pengulangan akuisisi sementara pemicuan hanya pada bingkai yang salah. Sementara

mengamati penyegaran pengulangan bentuk gelombang pada osiloskop, teknisi dapat melihat bahwa glitch tidak hanya jarang terjadi, namun juga dalam lokasi acak dalam bingkai data dan tidak ada hubungan pas secara khusus pada perbedaan



Gambar 11-7. Perbesaran bentuk gelombang glitch pada CAN

sinyal CAN. Ini dimunculkan bahwa glitch disebabkan oleh sambungan sinyal dari sumber yang tidak berkaitan dengan pаса. Jika sumber dari glitch dapat

dilacak turun, kemudian sebab utama bisa ditemukan dengan lebih mudah ditentukan dan ditetapkan.

#### 11.1.4. Pemicuan MSO Mengungkapkan Glitch Acak Sebagai Sumber Masalah

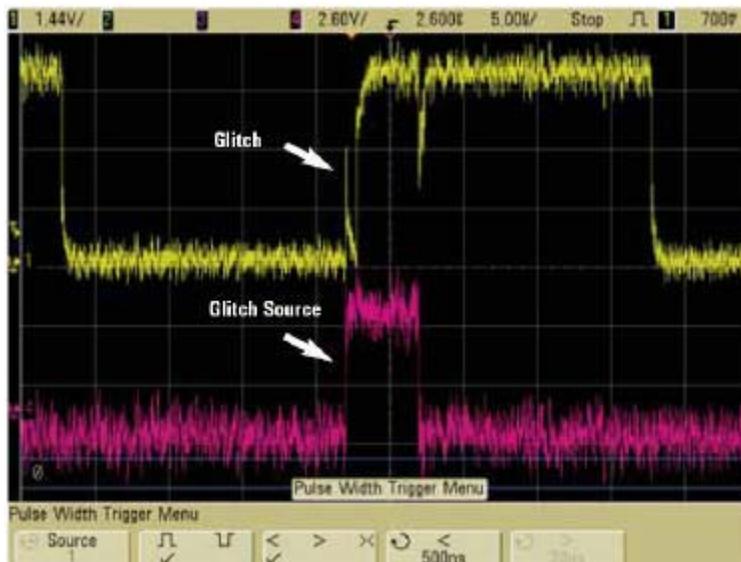
Untuk menyerempakkan peragaan osiloskop pada glitch yang tidak berkaitan dengan pаса lebih baik dari pada bingkai kesalahan, ahli perancang otomotif pada tingkatan berikutnya mengatur osiloskop secara unik dengan memicu pada glitch. Cara ini dipenuhi dengan menggunakan kemampuan osiloskop pemicu lebar pulsa, yang dapat memicu pada salah satu pulsa positif atau negatif di dasarkan pada keacakan kejadian glitch, selalu menangkap dan menunjukkan glitch didekat lokasi kegagalan pemicu di tengah layar osiloskop. Sekarang bingkai data CAN dimunculkan tidak dikaitkan dalam

istilah hubungan pаса relatif terhadap sumber pemicu glitch.

Untuk melacak turun sumber glitch, teknisi kemudian menghubungkan probe yang lain pada kanal yang tidak digunakan (kanal 4) dari kanal 4 sampai 16. MSO memulai mengindera sinyal yang dicurigai dalam otomobil untuk melihat sinyal yang mana mungkin tidak diserempakkan / berkaitan dengan pаса pada glitch. Setelah beberapa menit, teknisi menemukan sumber glitch seperti ditunjukkan pada gambar 11-8. Bentuk gelombang kanal 4 (bagian dasar warna merah muda) menunjukkan pulsa digital yang

dikontrol sebuah relay yang memicu sentakan tegangan tinggi dalam sarana pengatur tegangan. Jika siklus pengatur

tegangan selama waktu transmisi dari bingkai gambar ID : 07FHEX , kesalahan akan adakalanya terjadi dalam sistem windshield-wiper.



Gambar 11-8. .Lebar pulsa Pemicu pengulangan sumber acak dan glitch

Pada saat teknisi melacak turun sumber masalah, ini jelas mudah untuk mengisolasi **node** windshield-wiper CAN dari sinyal tegangan tinggi dalam

perlindungan yang lebih baik, yang mana juga secara signifikan dikembangkan sistem CAN yang kebal terhadap **nois**.

### 11.1.5. Penambahan Pengetesan Troughput ECU Otomotif

Pengaturan sistem kelistrikan otomobil kurang dan baik, kadang kurang dan kadang melampaui. Cakupan tegangan dapat dari 11 sampai 15 V di bawah kondisi normal dan dari 8 sampai 24 V pada saat transien permulaan dan konisi kerja. Sebagai akibatnya batas pengetesantegangan diperlukan menjadi bagian dari satuan kontrol mesin (ECU) untuk diveifikasi sifat operasi dan

toleransi kondisi tegangan bias ekstrim. Permasalahannya setiap detik waktu pengetesan dihitung dalam persaingan pasar elektronik otomotif. Pengetesan pengganda tegangan bias bagian dari pengetesanECU.Kebanyakan sistem tegangan DC menyediakan waktu yang diperlukan signifikan untuk mengubah dan mengatasi pengaturan keluaran baru, menambah beberapa detik pada

waktu pengetesan secara keseluruhan.

Industry bidang elektronik otomotif telah membuat modul sistem power dan modul power supply yang mengurangi waktu pengetesan ECU dan

meningkatkan pengetesan meliputi : modul supply cakupan otomatis yang dapat diaktifkan dengan program untuk pengeluaran dan transisi cepat mampu melayani dengan kemampuan daya 100 W arus 10A.

### Kelebihan Modul

- Waktu pengolahan komando lebih cepat sehingga mengurangi waktu pengetesan.
- Waktu untuk mengeluarkan hasil pengetesan kurang dari 4 ms.
- Modul dapat diidentikan parallel dan dioperasikannya sebagai keluaran virtual tunggal untuk arus keluaran dan daya yang lebih besar pengetesandaya ECU yang lebih besar.

### 11.1.6. Karakteristik Input dan Output

ECU menggunakan sinyal sarana pemantau yang banyak sekali. Dalam menata dan mengontrol mesin dan untuk mengoptimalkan operasi peralatan. Gambar 1 menunjukkan rangkuman sinyal input dan output dari ECU pada umumnya.

<b>DC Power Input</b>	<b>Communication Interface</b>
V <sub>Battery</sub>	CAN bus
<b>Static Analog Inputs</b>	<b>Static Digital Drive Outputs</b>
V <sub>Battery</sub> sense	Fuel pump
Engine temperature	Check engine light
Air temperature	A/C cutout relay
Manifold Absolute Pressure (MAP)	Fan relay
Mass air flow rate	EGR solenoid
Exhaust oxygen (Lambda)	Purge canister solenoid
Throttle position	Diagnostics code readout
<b>Dynamic Analog Inputs</b>	<b>Dynamic Digital Driver Outputs</b>
Engine knock	Fuel injectors
	Ignition coils
<b>Static Digital (or Switched) Inputs</b>	<b>Static Analog Outputs</b>
Ignition switch: off, acc., on, crank	Regulated voltages or currents for sensors
Acc. on/off: A/C, heater, brake, lights	
Throttle idle position	
Diagnostic mode	
<b>Dynamic Digital (or Pulsed) Inputs</b>	<b>Dynamic Analog Outputs</b>
Vehicle speed	Idle speed control servo
Camshaft/engine speed	
Camshaft/engine position	

Gambar 11-9. Masukan dan keluaran ECU

## 11.2. Elektronik Pengetesan Fungsi Otomotif Menggunakan Sistem Komponen

Sekarang ini terdapat beberapa jenis modul elektronik dalam otomotif dan satu yang baru tumbuh dengan cepat, Dalam banyak kasus, modul frekuensi rendah tanpa kemampuan frekuensi tinggi semua dapat diuji menggunakan sistem tunggal. Aplikasi ini diuraikan bagaimana

baiknya menggunakan produk industri dengan sistem komponen untuk menciptakan pemanfaatan sistem yang dapat diatur untuk fungsi pengetesan otomotif pada frekuensi rendah. Banyak produk modul elektronik didapati di mobil, terdapat beberapa kesamaan :

1. Mengontrol pelayanan daya mesin, kontrol transmisi
2. Body-lights, suara, kunci pintu, jendela, penyeka kaca depan mobil
3. Anti lock break (ABK/ pengunci anti retak)
4. Airbag.

Modul-modul di bawah ini memiliki karakteristik yang memungkinkan digunakan

untuk menguji sistem uji tunggal. Sub sistem yang diperlukan adalah :

1. Penghitung dan I/O (LAN / USB / LIN / GPIB)
2. Komunikasi serial (CAN, LIN, ISO9141)
3. Instrumentasi stimulus frekuensi rendah (DMM, Dgitizer)
4. Beban dan Stimulus, Pensaklaran Pengukuran
5. Piranti yang diuji (Devices Test Under Test /DUT), sumber daya DC
6. Sambungan masal.

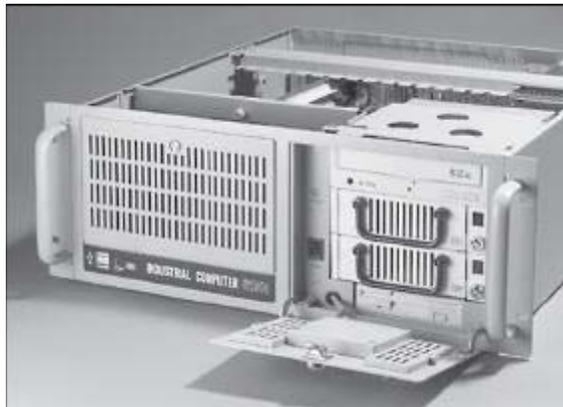
### 11.2.1. Penghitungan

Pembicaraan pada umumnya, sistem pengetesan fungsi yang diperlukan computer sebagai pusat pengontrolan. Kebanyakan pilihan saat ini PC unggulan seperti Windows 2000 atau Xp meskipun tentunya jenis lainpun dapat digunakan, meliputi kontrol real-time. Dalam beberapa kasus bila produk PC tidak dijadikan

pertimbangan terutama alasan keamanan, peralatan dapat dikontrol dengan menggunakan Programmable Logic Controller (PLC), yang menggunakan tangga logika untuk mencapai kendali, tapi ini bisa sulit dikerjakan karena secara normal pengetesaninstrument membutuhkan komando ASCII

dikirim melalui bus seperti LAN, USB atau GPIB. Suatu alternatif pada PLC adalah instrument yang sebenarnya mempunyai bangunan computer di dalamnya yang demikian ini seperti oscilloscope Infinium. Instrumen yang demikian dapat digunakan sebagai sistem kontrol. Oleh karena itu kebanakan rak pengetesan menggunakan salah satu standalone rack-mounted PC atau

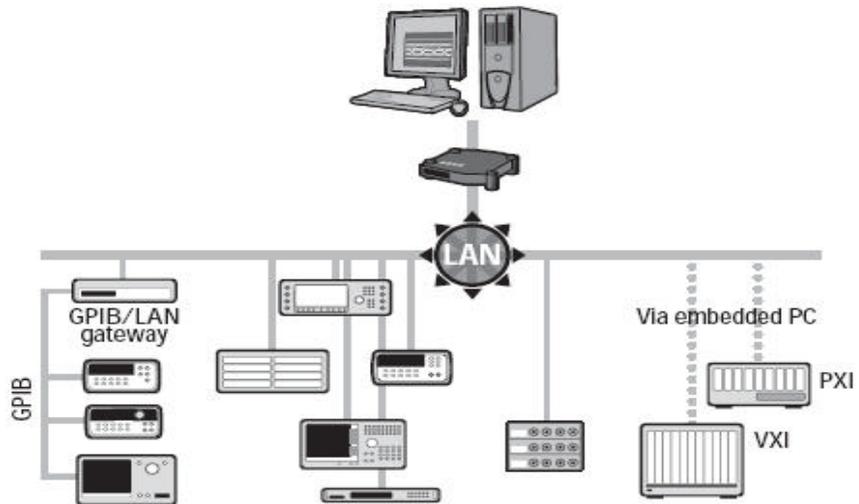
PC yang ditemplei cardcage yang demikian ini seperti VX1 atau PX1. Standalone PC pada umumnya biaya lebih rendah dari pada ekuivalen PC embedded dan juga mempunyai banyak ruangan untuk **peripheral** di dalamnya sehingga banyak pilihan. Terdapat juga rak yang menonjol, ini kontras dengan PC desktop yang biasanya banyak pertentangan dengan rak.



**Gambar 11-10. Rak PC mountable**

Sebagaimana halnya untuk instrumen baru industry telah mengeluarkan dengan teknik perantara antarmuka LAN dan USB. LAN memberikan lebih efektif dan tidak mahal untuk menstransfer data ke instrument. Bagian perpustakaan I/O memberikan kemudahan bagi

industry untuk menstandarisasi hubungan instrument ke PC melalui hub, saklar atau penerus sinyal. Gambar 2 menunjukkan bagaimana LAN dapat menjadi tulang punggung sistem , menghubungkan ke banyak instrument virtual.



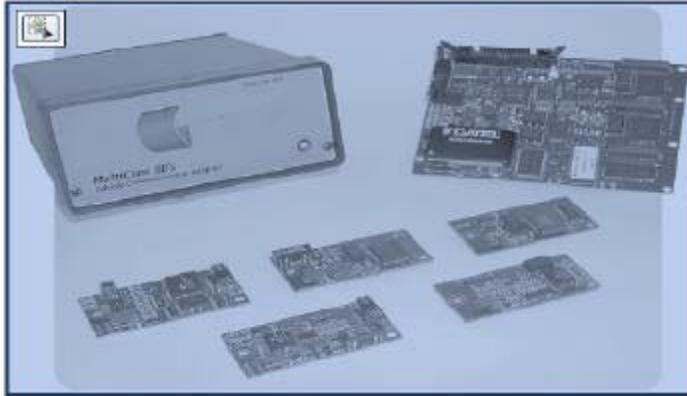
Gambar 11-11. Komunikasi Serial

### 12.2.2. Komunikasi Serial

Modul elektronik modern memiliki sistem bus serial saling berhubungan. Protokol dalam pemakaian bersama menggunakan CAN, LIN, ISO9141

dan J1850, terdapat banyak kelebihannya. Antar muka serial ini digunakan untuk beberapa tujuan yaitu :

- (1) Sarana operasi, informasi pusat pengontrolan langsung dan memfungsikan dan dapat memberikan waktu transfer yang cepat dari informasi sensor (kecepatan roda, temperature) ke kontroler. Protokol serial juga digunakan untuk mendiagnosa medan demikian ini seperti pelayanan teluk pada papan diagnosis (OBDII).
- (2) Selama pengetesan pabrikasi, dapat digunakan untuk mengaktifkan bangunan pengetesan mandiri (sering dinamakan BIST) atau DUT-tes dibantu) rutin yang mengisolasi satu bagian dari modul pada waktu yang modul tidak harus dijalankan dalam operasi mode urutan pelayanan pengujian. Dalam kenyataannya menjadi penghemat. Perusahaan yang tidak menyediakan BIST rutin umumnya mempunyai waktu pengetesan yang dapat dilakukan dalam waktu beberapa menit, dibandingkan dengan kira-kira 10 sampai 20 detik untuk modul yang mempunyai BIST.
- (3) Pada akhir pengujian, kode operasional dapat didownload ke dalam modul.



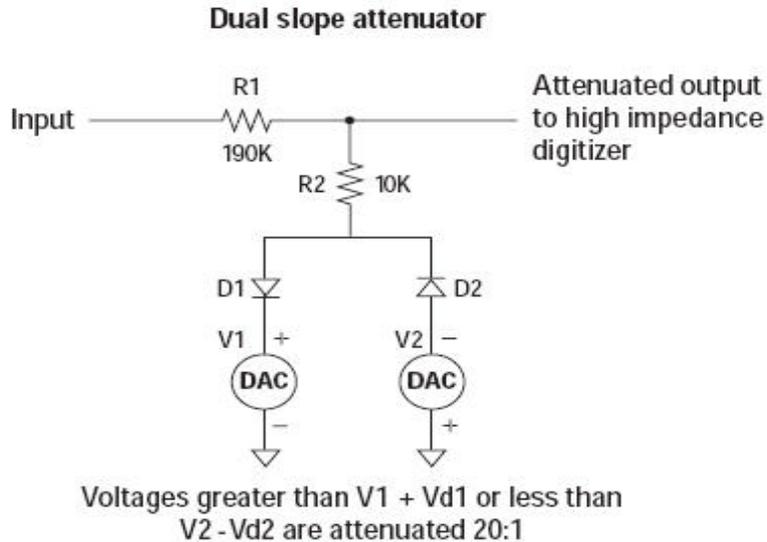
**Gambar 11-12. Modul variasi protocol serial**

### **11.2.3. Instrumentasi Pengukuran Frekuensi Rendah**

Digital multimeter (DMM) sebelumnya merupakan instrument yang diperlukan oleh sistem pengetesan, Tidak hanya baik untuk pengambilan tegangan DC dan AC dengan cepat, pengukuran arus dan resistansi untuk pengetesan DUT tetapi juga memberikan layanan sebagai alat diagnostic untuk melakukan verifikasi jalur saklar dalam sistem, Dalam banyak kasus relatif tidak mahal . Oleh karena itu , bijaksana untuk tidak mengeluarkan aturan 8,5 digit yang lebih mahal jika pengubah digital diperlukan.

Pengetesan modul mesin kontrol tipikal memerlukan pengukuran induksi flyback dari dari kumparan pengapian (-450V) dan injector bahan bakar (-80V). Terdapat spike energy tegangan rendah, , tapi tegangan tinggi diperlukan untuk perawatan khusus. Karena

relay dapat menahan tegangan 300 V tanpa masalah, tegangan spike 80V dari penyuntikan bahan bakar dengan mudah dapat diukur. Oleh karena itu, diperlukan kumparan flyback untuk pengapian sebelum dilemahkan ini dapat diukur. Satu cara yang baik untuk mengerjakan menambah sebuah attenuator (rangkaiian pelemah sinyal) ke sistem dengan menggunakan card. Dapat digunakan pembagi resistif sederhana, atau penyelesaian yang lebih eksotis dapat dicapai dengan menempatkan attenuator cakupan ganda pada card atenuasi di bawah 14 V. Dalam cara ini dapat diperoleh akurasi penuh pada tegangan saturasi sementara itu masih mampu mengukur tegangan tinggi flyback sedikit banyak mengurangi ketelitian.

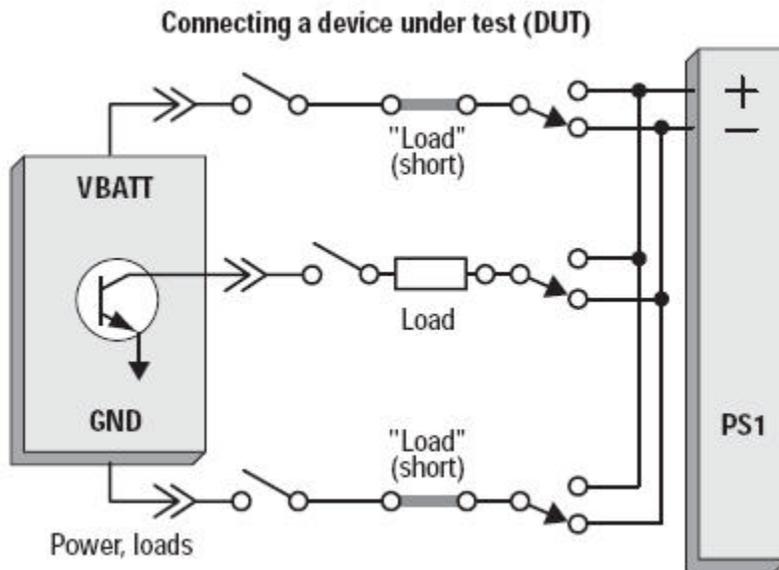


Gambar 11-13. Rangkaian card breadboard

#### 11.2.4. Pensaklaran Beban dan Pengukuran

Hal lain yang dijumpai pada fungsi pengetesanelektronik otomotip adalah kebutuhan menempatkan beban ke output untuk mensimulasikan beban dalam otomobil sebenarnya. Ini dapat digunakan bola lampu, solenoid, resistor, motor dan kadang modul elektronik lain. Ini berate bahwa secara pisik membutuhkan ruang untuk membuat pengetesansistem guna penempatan beban sedemikian ini. Ini dapat dikerjakan dengan sejumlah cara. Sangkar Card yang cukup besar untuk penempatan relay dan beban dapat dipikirkan industry mengeluarkan sistem uji TS-5400 seri II yang dinamakan satuan

saklar / beban (SLU). SLU merupakan lampiran VME dengan backplane khusus, dan antar muka ke PC melalui sebuah port parallel. Card relay khusus yang mampu menahan arus beban tinggi (2-30A). Dalam banyak kasus, diperlukan beban yang dapat ditempatkan secara langsung pada card beban. Kotak ini juga melayani sebagai tempat untuk pensaklaran instrument. Sebagai alternatif, beban dapat ditempatkan pada tempat yang muat beban, dengan kabel untuk menjalankan sistem pensaklaran. Arus yang lebih akan ditarik oleh motor ataupun bola lampu harus tetap ditangani secara eksternal.



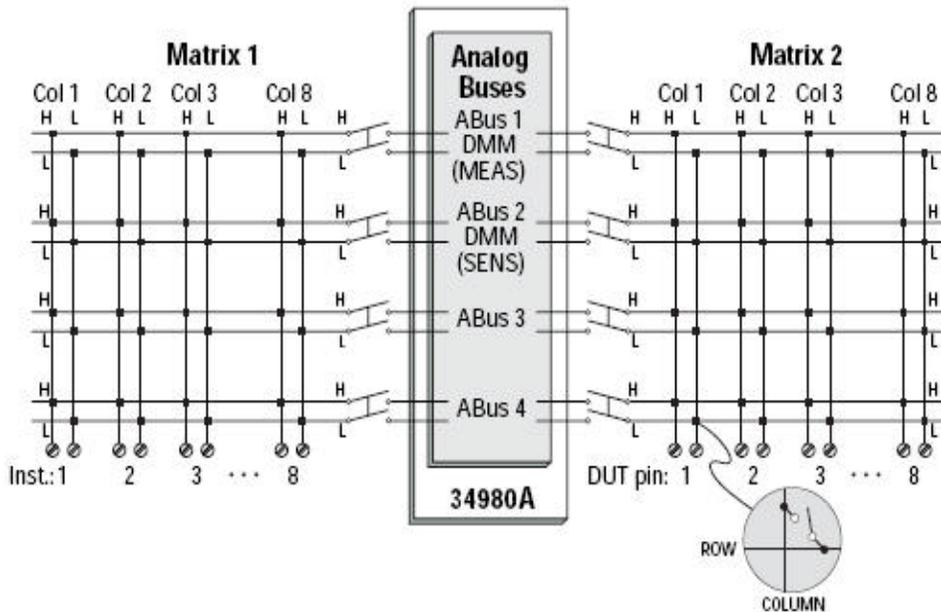
Gambar 11-14. Saklar beban tipikal

Banyak pengtesansistem yang diperlukan untuk menempatkan tegangan statis maupun dinamis dan arus mengalir ke pin DUT yang bervariasi, kemudian mengukur respon pin lain, biasanya dengan DMM dan osiloskop atau digitizer. Dalam tingkat maksimum penggunaan beda tegangan dari instrument yang demikian, sementara biaya pengtesan instrument serendah mungkin tetap dipertahankan,

sering digunakan matrik arsitektur pensaklaran. Matrik  $m \times n$  akan memungkinkan banyak titik DUT dapat dihubungkan ke sumber daya akan menjadi sangat besar dan mahal. Oleh karena itu, jika BIST rutin dapat digunakan untuk memilih hanya bagian penting modul, dapat digunakan sebuah matrik  $m \times 8 \times n$ , memungkinkan 8 ujung tunggal atau 4 pengukuran yang berbeda dijadikan satu.

Pengukuran dan stimuli relay biasanya tidak dibutuhkan untuk arus tinggi, dan dapat diimplementasikan dengan reed relay atau FET, memberikan kecepatan pensaklaran tinggi membantu untuk meningkatkan **throughput**, pertimbangannya adalah untuk pengtesan produksi masal. Beban relay

biasanya memerlukan relay armature, yang dengan alami lambat (10-20 ms membuka dan menutup lagi). Industri mengeluarkan produk 34980 memberikan jenis pohon relay konfigurasi yang bervariasi dengan tujuan untuk memberikan fleksibilitas maksimum.

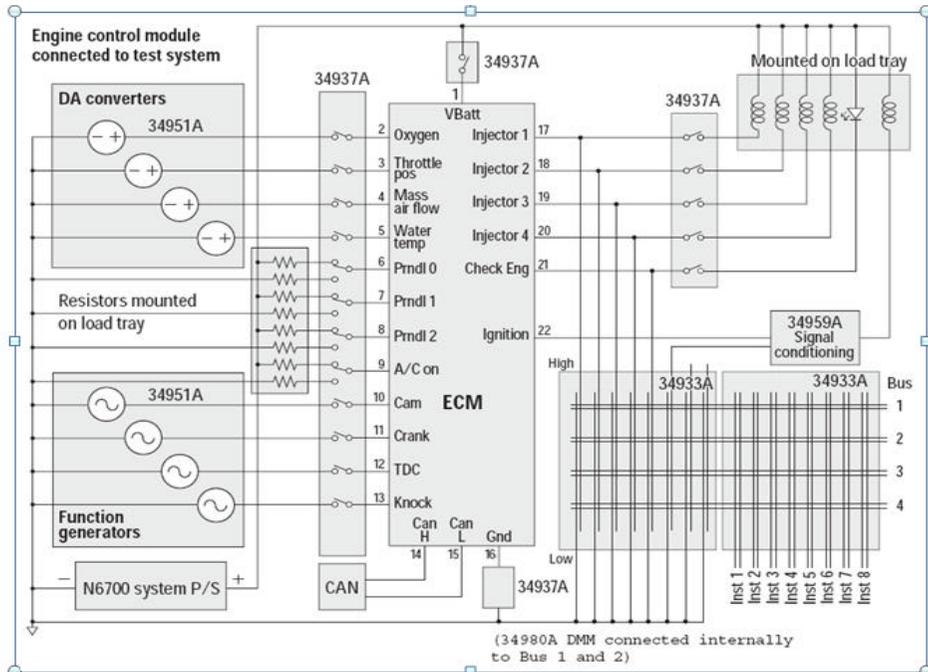


Gambar 11-15. Pengawatan " $m$ " instruments  $\times$  4 2-wire busses  $\times$  " $n$ " DUT pins " $m$ " instruments  $\times$  4 2-wire busses  $\times$  " $n$ " DUT

### 11.2.5. Peletakkan Semua Bersama

Contoh arsitektur sistem yang dapat digunakan untuk modul elektronik otomotif kebanyakan ditunjukkan gambar 9. Matrik saklar memungkinkan beberapa pengukuran piranti dihubungkan ke DUT melalui kabel bus yang berbeda. Lengan saklar digunakan untuk beban dan mengisolasi card DAC digunakan untuk DC dan stimuli AC. Power supply

digunakan untuk memberikan daya pada DUT. Sebuah PC digunakan untuk mengontrol semua piranti dengan menggunakan LAN. Antar muka komunikasi digunakan untuk memberikan CAN atau seri komunikasi lain ke DUT. Semua pengawatan yang menuju DUT akan dilewatkan melalui peralatan tetap antar muka.



**Gambar 11-16. Perancangan system fungsi tes elektronik otomotif**

### 11.3. Aplikasi

#### 11.3.1. Pengetesan Rem Antilock dan Daya Tarik Kontrol Dengan Elektronik Otomotif Fungsi Pengetesan Sistem

##### 11.3.1.1. Sensor Reluktansi yang dapat divariasasi

Sebuah sensor reluktansi variabel (VRS/variable reluctance sensor) diberikan pada masing-masing sinyal kecepatan roda untuk empat penerima ditempatkan di ECM. Adakalanya, dibelakang roda berbagi dengan sensor, namun ini tampak nya kurang di

industry sekarang ini. Yang sering digunakan adalah membangkitkan dengan sensor berbanding langsung dengan kecepatan. Tingkat tegangan pada setiap VRS cakupan dari 50 mVpp (pada 20 Hz) sampai 200Vpp (pada 5000 Hz).

##### 11.3.1.2. Deteksi Kelicinan Roda

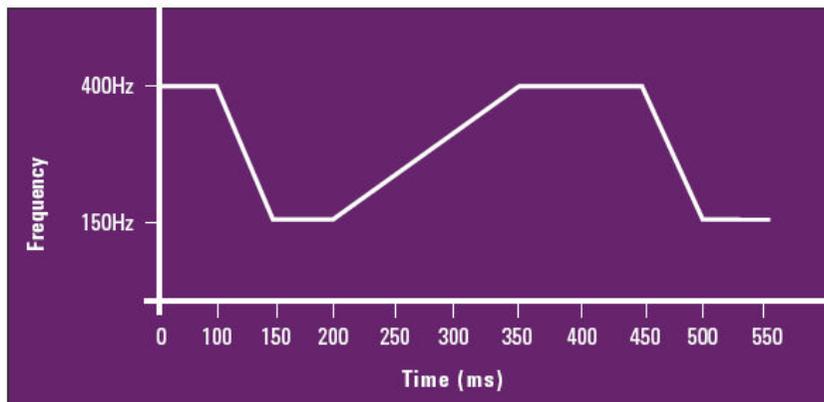
Dibangkitkansinyal dengan frekuensi yang sebanding dengan kecepatan, frekuensi relative masing-masing sensor menandai kelicinan pada satu atau lebih roda. Oleh karena platform pengetesan memberikan di atas empat independen, mengisolasi

frekuensi sinyal, jika semua roda disimulasikan. Sinyal ini memerlukan sapuan, sepanjang perbedaan profil ramp, yang secara tradisional pembangkit frekuensi tidak mampu mengerjakan.

##### 11.3.1.3. Pengetesan Deteksi Kelicinan Roda

Tiga masukan sensor roda dari tiga roda yang diputar dan mempertahankan amplitudo tetap, frekuensi mewakili kecepatan konstan (1 Vpp pada 1 kHz). Keempat sensor masukan roda diberikan sapuan bentuk gelombang ramp keduanya naik

dan turun (gambar 11-17). Pengetesan divariasikan untuk meyakinkan adanya perbedaan frekuensi antar roda, atau pada frekuensi yang meyakinkan untuk diberikan ke roda, isolasi benar atau pembersih solenoid diaktifkan

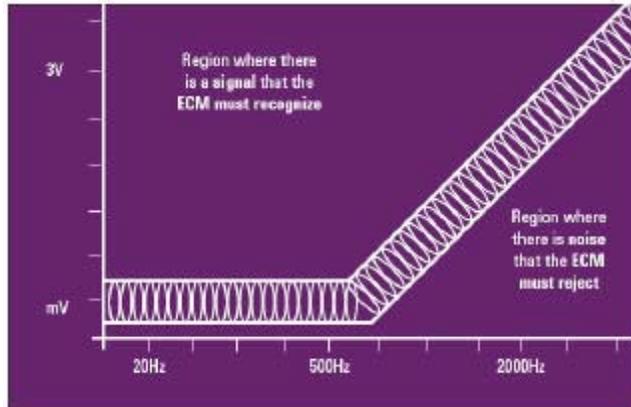


**Gambar 11-17. Bentuk gelombang sapuan untuk keempat sensor roda**

### 11.3.2. Pengetesan Ambang Kecepatan Roda

Respon yang dikehendaki dari penerima VRS yang ditempatkan pada ECM diilustrasikan gambar 2. Membuktikan perilaku yang diinginkan membutuhkan pengetesan pada beberapa frekuensi untuk menandai kecepatan ambang roda. Pengetesan ini memerlukan

kemampuan untuk menerapkan variasi tegangan maskan diskrit dan nilai frekuensi. Pengetesan meliputi frekuensi masukan dari 18 Hz, 400 Hz dan 1800 Hz pada tingkat tegangan di atas dan di bawah ambang pada setiap frekuensi.



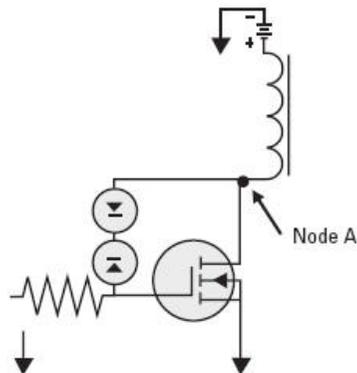
Gambar 11-18. Respon ABS/TC ECM terhadap masukan VRS

### 11.3.3. Pengetesan Selenoid Pengarah

#### 11.3.3.1. Selenoid Pengarah

Dalam kontrol roda dari menyelip selama kejadian ABS, tekanan pengereman diatur dengan kontrol solenoid pengarah gambar 3 respon. Respon ABS/TC, kemampuan akhir terletak pada kemampuan ECM

untuk mengendalikan keadaan klep pengendali solenoid. Pengukuran tipikal meliputi saturasi dan tegangan flyback, kebocoran arus pengedali dan ketelitian pengambilan masukan ADC mikro controller ECM.

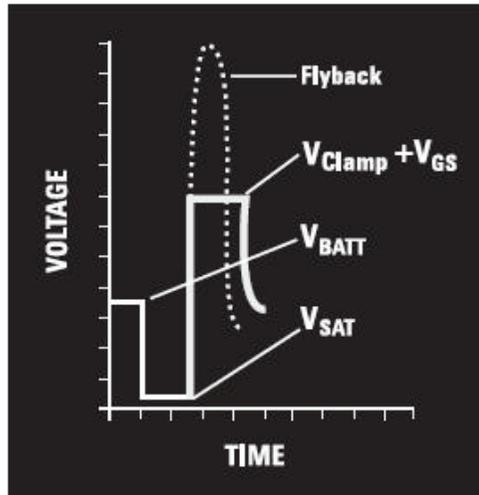


Gambar 11-19. Pengarah solenoid sisi bawah

#### 11.3.3.2. Tegangan Saturasi

Tegangan saturasi (gambar 11-20) penting untuk menandai kesehatan solenoid pengendali elektronik. Pada umumnya

tegangan saturasi bervariasi dalam cakupan nilai 0,5 sampai 1 Volt.



**Gambar 11-20. Profil tegangan deaktivasi solenoid**

Tegangan saturasi seperti gambar 4 diukur pada keluaran solenoid (node A gambar 3) jadi setelah memutar on pengendali solenoid. Tegangan ini mudah diukur dengan DMM atau dengan

menggunakan digitizer (ADC) dan mungkin diikuti dengan serangkaian interogasi dari ECM untuk menentukan tegangan yang diukur.

#### **11.3.3.3. Arus Bocor Pengarah**

Informasi arus bocor pada pengarah memverifikasi kesehatan pengarah FET (gambar 3). Arus

bocor berlebihan menunjukkan kemungkinan kerusakan elektrostatik (ESD).

#### **11.3.3.4. Pengukuran Arus bocor**

Untuk mengukur arus bocor pengarah, putus hubungan ke beban dan ukur arus yang

mengalir ke solenoid pengarah sementara keadaan node gambar 11-20 pada keadaan off.

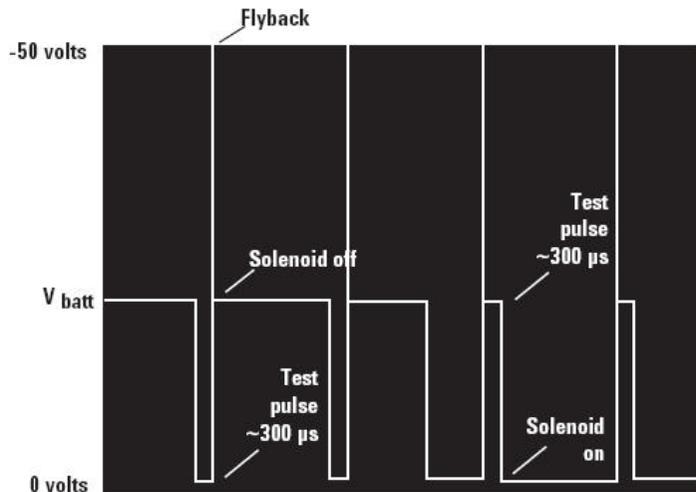
#### **11.3.3.5. Ketelitian Pengambilan Kembali**

Pada saat permulaan solenoid pengarah, masukan ADC  $\mu\text{C}$  harus teliti dalam pengambilan tingkat tegangan dan sebaliknya, pada saat pengarah off harus dengan teliti mengambil keuntuk menentukan kondisi dari pengarah

dan beban solenoid. Akhirnya untuk ABS/TC ECM bertindak secara tepat dan melakukan diagnosis keluaran solenoid sendiri, pengambilan kembali  $\mu\text{C}$  ADC harus teliti. Misal selama operasi pengetesan pulsa terus

menerus dibangkitkan setiap beberapa mili detik dengan durasi pendek sampai 300 mikro detik

demikian ini pada saat pengarah tidak diaktifkan (gambar 11-21).



Gambar 11-21. Penerapan pulsa pengetesan untuk menentukan system integritas

### 11.3.3.5. Pengetesan Beban Solenoid

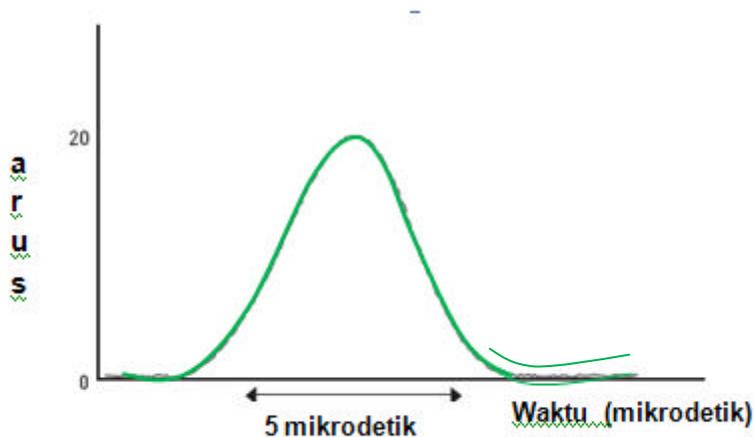
Pemutusan beban solenoid dan penerapan tegangan supply DC untuk mengaktifkan pengarah. Menentukan tegangan yang diambil kembali  $\mu\text{C}$  ADC dengan serentetan interogasi ECM.

Tegangan yang terukur pada  $\mu\text{C}$  ADC merefleksikan tegangan yang diaplikasikan memberikan pertimbangan untuk perancangan rangkaian dari pengambilan data kembali.

### 11.3.4. Smart Drivers

Sekarang ini sistem ABS/TC sering diterapkan sebagai pengarah cerdas yang kondisi solenoid dan kembali off dengan sendirinya jika situasi **warrant**, sebagai hubung singkat pada beban solenoid. Memverifikasi pengarah cerdas merespon secara tepat untuk mendeteksi hubung singkat mungkin memerlukan konversi analog ke digital. Dua fakta yang diverifikasi : (1) register mikro computer kondisi arus berlebih pada saat beban

dihubung singkat, (2) Pengarah cerdas beraksi secara tepat dengan melakukan shutting down untuk mencegah kerusakan. Kenyatannya verifikasi ini membutuhkan pengetahuan puncak dan durasi profil arus solenoid seperti gambar 8. Akhirnya interogasi melalui serangkaian hubungan akan menentukan ECM yang telah menginformasikan adanya kondisi arus lebih.



Gambar 11-22. Profil arus solenoid

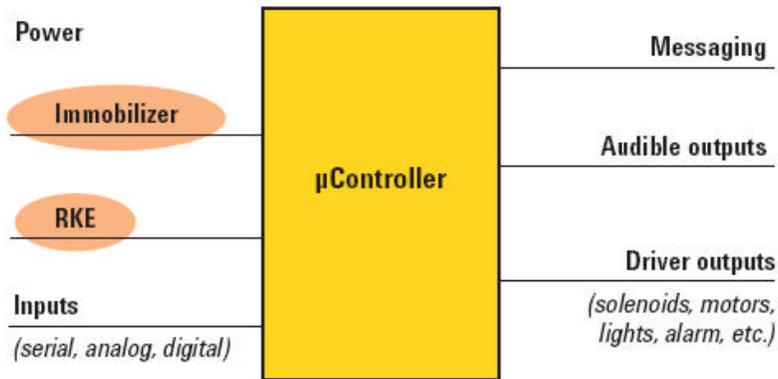
### 11.3.5. Pengujian Remote Keyless Elektronik Otomotif Sistem Pengetesan Fungsi

Keamanan dan keselamatan hal yang tak terpisahkan dalam dunia teknologi permobilan. Apakah kamu sedang menguji tanpa menyeterem remote masukan (RKE/Remote Keyless Entry) atau permobilan yang memberikan perlindungan dari sarana pencurian. Industri telah memproduksi elektronik otomotif yang berfungsi menguji sistem yang dipersiapkan dengan pengetesan solusi.

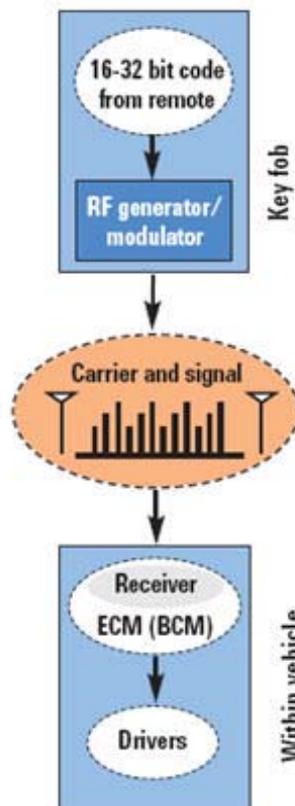
Sebagaimana diperlukan untuk menambah kemewahan teknologi, otomotif RKE sistem merupakan peralatan dengan setiap pintu atau keluar trunk menambah canggih fungsinya meliputi starting engine, pengesetan stasiun radio, posisi tempat duduk dan pengaturan cermin. Kebanyak peralatan sistem RKE dengan ditempelkan pada bodi modul kontrol (BCM/Body Kontrol Module) pengarah elektro mekanis untuk mwngunci pintu, penyeka kaca depan mobil, pencahayaan dalam dan fungsi lain yang demikian. Pengembangan didedikasikan modul kontrol eletronik (ECM/Electronic Kontrol Module) untuk fungsi RKE yang juga merupakan suatu pilihan. Gambar 11-23 mengilustrasikan komponen pada umumnya yang digunakan BCM dengan fungsi RKE. Sebagai tambahan,keberadaan kerja RKE menyambung dengan kebutuhan penambahan keamanan dalam mobil dan kemunculan permobilan.

Apakah sampel yang disertakan dalam pengetesan fungsi pabrikasi mengarah pada penambahan reliabilitas, keamanan dan penggunaan sistem integritas pengetesan sistem RKE dan immobilizer.Elektronik RKE disamping fungsinya berada dalam penterjemah kode input dari kunci penipu komando untuk dialokasikan pengarah, elektro mekanis melalui variasi bagian mobil. Pada umumnya, aktivitas (gambar 11-24.)

meliputi pembuatan kode dengan sebuah tangan pemegang kunci menipu sinyal mendeteksi dan memproses dengan diikuti oleh pengesahan verifikasi kaode ngesahan. Akhirnya modul elektronika membangkitkan serangkaian komando atau keluaran pengarah bervariasi mengedalikan (kunci pintu, moting pemposisi kursi dan lainnya).



Gambar 11-23. Modul bodi kontrol



Gambar 11-24. Pemancar

### 11.3.5.1. Pemancar

Kunci jarak jauh (pemancar) gambar 11-24. meliputi pengidentifikasian sinyal yang dibangkitkan oleh rangkaian terpadu (IC) dan dengan sumber daya baterai. Sinyal identifikasi pada umumnya perputaran kode 32 sampai 64 bit, diperlukan dalam bentuk modulasi dan pengurutan pemrosesan sinyal. Untuk keperluan keamanan dan sensitivitas algoritma pembangkitan kode memandangnya bagian pengetesan milik pelanggan,

sering diperlukan perlakuan sebagai "kotak hitam". Dalam kasus, begini pelanggan pada umumnya menyediakan kode untuk pemancar dalam bentuk kunci pengerjaan atau piranti modulasi. Karena pemancar RKE secara virtual tidak aktif selama 99%, modul power rendah penting. Ini mode mode pemancar RKE tidak aktif, arus 100 nA biasanya diterima dengan gambaran arus 10 sampai 12 mA untuk pemancar RF aktif.

### 11.3.5.2. Pengetesan Pemancar

Meskipun tidak selalu pengetesan yang dilakukan keluaran dara RF dari pemancar mungkin menarik. Pengetesan mungkin termasuk pengecekan kekuatan sinyal keluaran amplitudo pemancar dan frekuensi senter pada saat memasuki mode particular. Sebagai contoh, berikut berikut keypad memerintahkan pemancar masuk mode gelombang kontinyu yang membangkitkan suatu keluaran RF yang dimodulasi. Tes

mode yang lain mungkin meliputi membangkitkan keluaran modulasi AM atau FM. Pada saat pengetesan, diketahui kerja pemancar mungkin digunakan untuk mengkalibrasi tester, sementara urutan pengetesan lengkap didasarkan pada analisis kuat sinyal relatif. Sehubungan dengan pengetesan ini, alat spectrum analyzer mungkin menjadi pilihan.

## 11.3.6, Perindungan Immobilizers

### 11.3.6.1. Terhadap Pencurian

Sebagaimana telah disebutkan di atas, keberadaan RKE dapat digabungkan untuk memenuhi kebutuhan sekuriti dalam mobil dan keadaan darurat dari kemunculan immonilizer guna melindungi dari pencurian. Sebagaimana harga dan kerumitan mobil membutuhkan sekuriti lebih besar untuk melindungi dari pencuri. Pabrikasi

mobil sebaik perusahaan asuransi meningkatkan standar masa depan mobil. Sebagai akibatnya, industry bergerak mengarah penggunaan yang lebih luas dan sistem sekuriti dasar. Sistem RKE memberikan kenyamanan sistem kontrol jarak jauh dan sarana sekuriti, memberikan perlindungan terhadap pencurian. Bila sebuah kunci yang tidak sesuai digunakan dalam pengapian, immobilizer akan meng off kan rangkaian starter sehingga mesin tidak akan menyala.

Immobilizer dikomposisikan dari kumparan magnet disekitar pengapian, muatan akan mendeteksi modul (**transceiver**) dalam ECM, sebaik peralatan kunci semu dengan transponder. Sebagai aksi aliran (gambar 3) fungsi immobilizer I berada dalam sinyal komunikasi antara

transponder dan muatan modul dari sistem ECM sehingga sistem dapat menentukan ya dan tidak untuk menghidupkan mesin. Dalam banyak kasus secara fungsional immobilizer menjadi bagian dari BCM sementara dedikasi immobilizer pada ECM tidak bersama-sama.

### **Identifikasi Frekuensi Radio Transponder (RFID)**

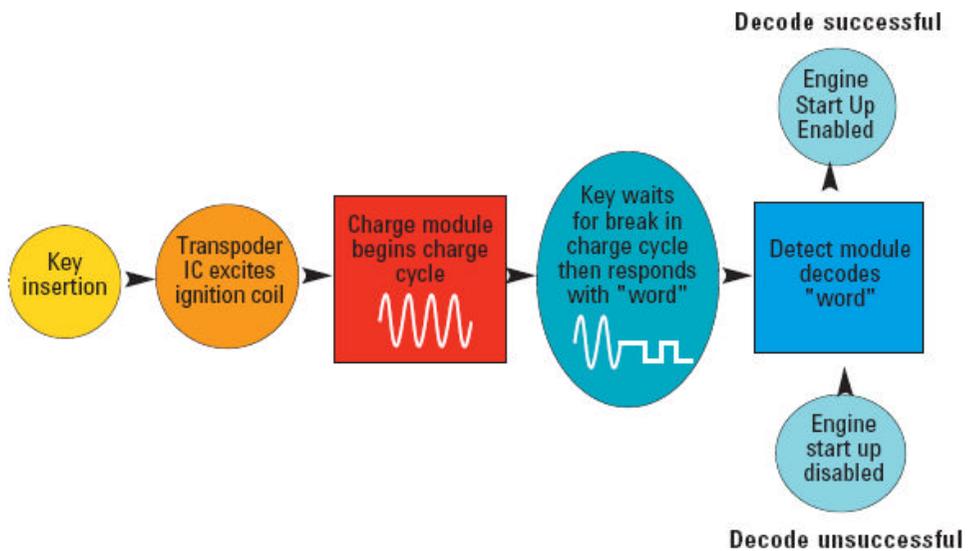
Kunci semu berisi rangkaian terpadu transponder. Bila kunci semu ditempatkan dalam pengapian, IC menginduksi arus dalam medan magnet kumparan melingkar, oleh karena itu keberadaan kumparan, akan mengumpankan ke dalam rangkaian yang dapat diatur. Muatan satu siklus (burst RF) diinisialisasi oleh transceiver, transponder membisiki untuk memancarkan pesan asli yang telah dimodulasi. Pesan datang menerobos siklus muatan pemancar dari 120 ms sampai 250

ms. Respon transponder, umumnya dicirikan sebagai modulasi AM atau FM dalam mode non-return to zero (NRZ) dengan durasi < 20 ms. Sebagaimana dalam kasus remote tanpa kunci memasuki kunci semu, bagian ini menguji kepemilikan pelanggan dan diberikan juga suatu pekerjaan semu atau 'black box'. Tidak seperti RKE, oleh karena itu kode yang digunakan bukan kode yang diputar. Lebih baik jika ditetapkan karena komunikasi ini tidak peka diterima untuk merebut teknik para pencuri.

#### **11.3.6.2. Pengetesan perlindungan terhadap pencurian**

Orientasi yang tidak sesuai dari IC transponder dalam kunci semu rotasi 180 derajat misalnya, akan menghasilkan keluaran amplitudo tingkat rendah dari pemancar.

Orientasi dalam kasus ini akan diverifikasi dengan membangkitkan siklus muatan dan pemantauan 'word' respon amplitudo IC transponder.



Gambar 11-25. Aliran fungsi aksi immobilizer

### 11.3.7. Pengetesan Pengapian Pengapian

#### 11.3.7.1. Pengapian

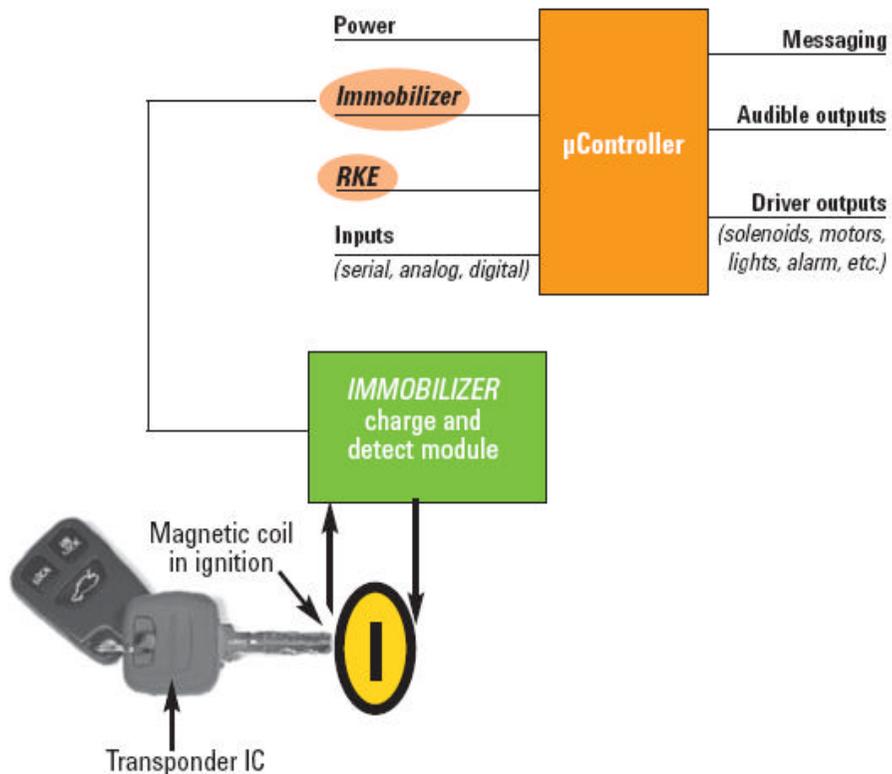
Sebuah magnet kumparan terbungkus dipasang mengelilingi pengapian dipicu oleh IC transponder (gambar 4). Modul mengemisikan muatan dengan siklus ? 12 Vpp. Pada akhir siklus, modul menunggu sampai

pengesahan kode dari transponder yang dideteksi. Satu yang dideteksi, dikodekan dan serangkaian komandi dilewatkan ke ECM mesin untuk dipilih salah satu diterima atau ditolak.

#### 11.3.7.2. Pengetesan komponen Pengapian

Beberapa tingkat dari proses ini akan diuji untuk sistem integritas. Pertama diuji stimuli-respon sederhana akan menentukan jika kode immobilizer fungsinya tepat. Kode yang benar merupakan stimuli masukan, yang mana salah satu diberikan pada pelanggan biasanya berupa bukti kepemilikan

menjadi bagian pengetesan atau dengan menggunakan pihak yangbeweang. Amplitudo modul berikutnya akan dicek spesifikasi rancangan. Akhirnya, diverifikasi melalui serangkaian interogasi untuk membuktikan kepada mesin ECM untuk menolak atau menerima.



Gambar 11-26. Immobilizer

### 11.3.8. Pengetesan Kepemilikan

#### 11.3.8.1. Penginderaan Kepemilikan

Masukan penginderaan kepemilikan bersama keduanya menggunakan sistem disentralisasi dan desentralisasi memiliki keserupaan dengan saklar On/Off. Mengacu pada

gambar 11-27. ECM menggunakan masukan pada kehadiran penumpang dan status pengendara dan sabuk pengaman penumpang untuk menentukan respon keamanan yang tepat.

#### 11.3.8.2. Pemantauan Masukan Kepemilikan

Sesuai dengan gambar 11-27. respon ECM untuk memberikan kombinasi dari saklar penutup dengan suatu tindakan yang tepat. Ini meliputi penyebaran airbag, pengaktifan sabuk pengaman sebelum ada tegangan, saklar peringatan on, atau tindakan yang belum terdefinisi dalam kejadian

masukan yang tidak masuk akal (tanpa ada penumpang namun kursi sabuk pengaman on). Banyak pabrikan mengizinkan untuk menonaktifkan airbag penumpang atas permintaannya sendiri. Umpan balik aliran tertutup dalam gambar 11-27. menunjukkan bahwa penumpang

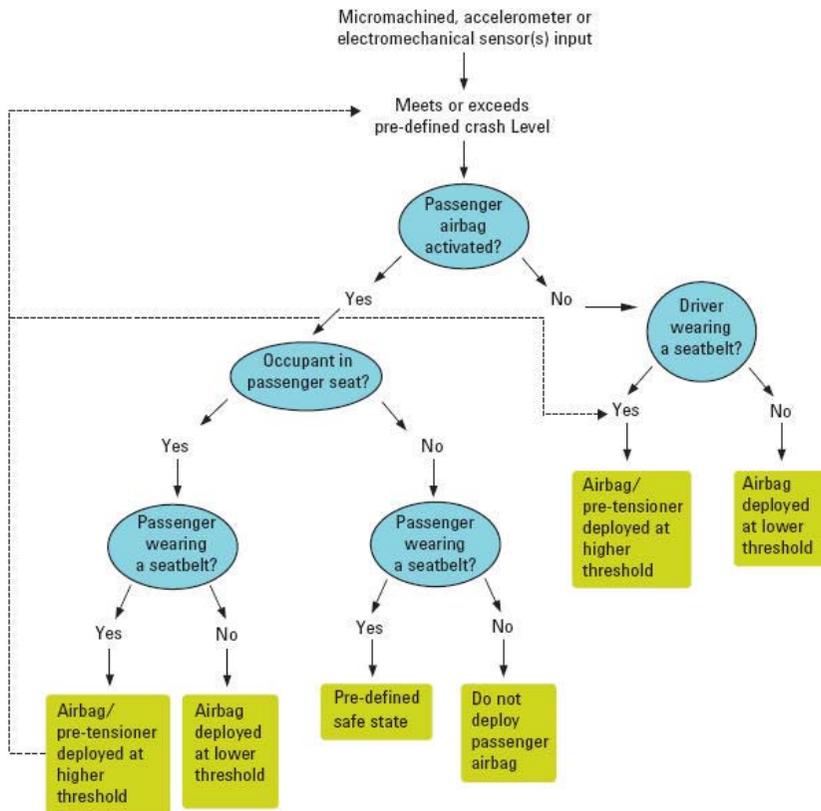
dan pengemudi menggunakan kursi sabuk pengaman menambah ambang penyebaran airbag bila

scenario menaksir runtuh dengan persetujuan rangkaian ECM.

### 11.3.8.3. Pengetesan Komponen Kepemilikan

Elemen saklar operasi si tes tidak diaktifkan. Lebih baik dengan memberikan kombinasi saklar penutup, ECM memberikan

respon yang belum terdefinisi. Respon diverifikasi dikerjakan dengan interogasi ECM melalui serangkaian hubungan.



Gambar 11-27. Pohon keputusan yang digunakan respon ECM

### 11.3.9. Sistem Pemantauan Tekanan Ban (TPMS)

Elektronika otomotif untuk keselamatan dirancang secara berkelanjutan dan ditingkatkan untuk menambahkan keselamatan penumpang. Sistem monitoring tekanan ban

merupakan keselamatan masa depan yang dipernaharui para pengemudi pada tingkat tekanan kabin modil yang nyaman. Penelitian menunjukkan bahwa sangat umum mempunyai ban

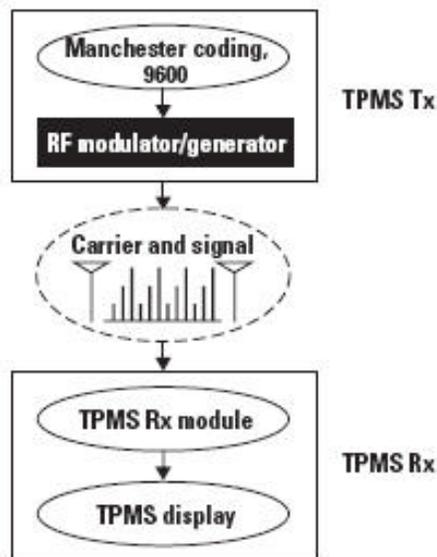
yang sedang berjalan dengan tekanan udara rendah, oleh karena itu pemantauan tekanan ban merupakan factor keselamatan dalam keseluruhan industri permobilan. Pemerintah Amerika telah mengeluarkan peraturan bahwa semua penumpang mobil dan truk kecil dengan berat sedikit lebih dari

pada 10 000 pound harus dilengkapi dengan TPMS. Tujuan utama dari TPMS adalah member peringatan pada pengendara adanya kehilangan tekanan pada ban-bannya untuk keselamatan yang lebih besar dan mempertahankan performasi otomobil.

### 11.3.9.1. Cara kerja TPMS

Modul TPMS konvensional terdiri dari sensor tekanan dan temperature yang diletakkan pada setiap roda dengan data pemancar dan penerima pusat

yang dimunculkan pada bodi mobil. Frekuensi operasi menggunakan jalur ISM dari 315, 434, 868 dan 915 MHz dengan modulasi tipikal ASK atau FSK.



Gambar 11-28. Aliran aksi fungsional TPMS

Secara elektronik, modul TPS berfungsi menterjemahkan kode masukan dari setiap roda, ke dalam modul penerima untuk diperagakan tingkat tekanannya. Secara fungsional digambarkan pada gambar 1. Pada umumnya data diformat dikirimkan pada

kecepatan 9600 bps dan manschester mendekode dengan menggunakan modulasi FSK atau ASK. Pengkodean manschester merupakan uraian sinyal digital dalam nilai transisi antara tinggi dan rendah untuk setiap setengah perioda.

### 11.3.9.2. Pemancar TPMS

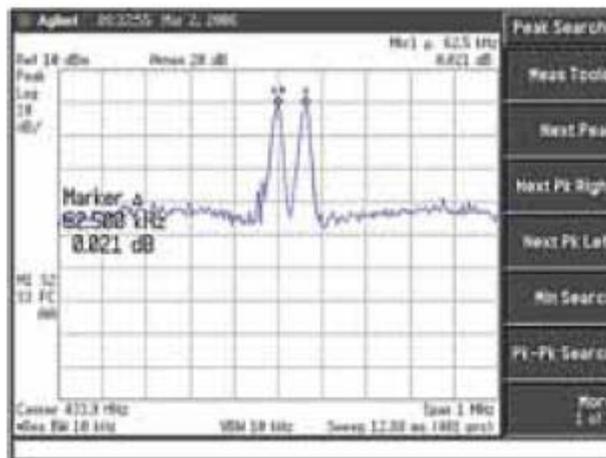
Pemancar meliputi ban yang diidentifikasi rangkaian terpadu yang diberi tegangan melalui baterai litium ditunjukkan dalam gambar 1. Ban ID pada umumnya panjangnya 32 bit. Modul pemancar TPMS didasarkan pada konsumsi daya rendah dan

komponen harus dalam arus minimum dan menggunakan energy yang sangat rendah. Pada umumnya operasi diaktifkan dengan arus mendekati 1 sampai 5 mA dan 100 nA selama dalam mode standby.

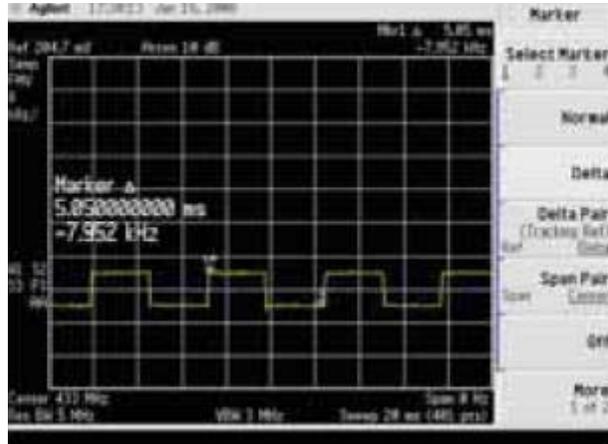
### 11.3.9.3. Pengetesan Modul Pemancar

Pengetesan modul pemancar meliputi pengecekan tingkat sinyal daya, frekuensi deviasi (FSK), dan pengukuran sinyal burst (ASK), demodulasi dari sinyal ASK/FSK. Sebuah sinyal pembangun 125 kHz diperlukan

oleh DUT untuk membangunkan mikrokontroller supaya membangkitkan transmisi RF kontinyu. Untuk melakukan pengetesan ini, sebuah spectrum analiser menjadi pilihan.



Gambar 11-29. Deviasi frekuensi ESA4402B



**Gambar 11-30. Data bit pada ESA4402B**

#### 11.3.9.4. Pembangkit Radio Frekuensi

Modul pembangkit radio frekuensi sinyal pembawa, menciptakan keluaran penerima TPMS. TPMS jalur radio frekuensi umumnya 315 MHz untuk pemanfaatan di Amerika / Jepang dan 433.868 MHz di Eropa. Pengetasan modul

penerima, memerlukan pembangkit sinyal untuk mensimulasikan. Spesifikasi pembangkit sinyal mungkin ditentukan oleh kebutuhan pelanggan dan variasi pilihan.

#### 11.3.9.5. Durasi Pengetasan Penerima

Setelah bingkai data diterima, ban ID akan dibandingkan ke empan ban yang lain yang disimpan pada memori. Jika ID sesuai dengan yang ditemukan, data tekanan akan diproses dan indikator ban

khusus akan dinyalakan jika terdeteksi tekanan ban rendah. Akhirnya bingkai data dikirim melalui antarmuka serial untuk akuisisi data luar dan disimpan.

#### 11.3.10. Kalibrasi Pengukuran Kerugian Jalur

Parametrik tester, merupakan kalibrasi kerugian jalur. Solusi didasarkan pada hasil spectrum analiser, sinyal generator, meter daya yang terangkai dalam konfigurasi rangkaian gambar 11-31. Kalibrasi Pesawat X :

- Sinyal generator berfungsi sebagai sumber sinyal gelombang kontinyu pada frekuensi kalibrasi misal 315 MHz. ALC merupakan pengaturan tingkat internal.
- Sensor daya digunakan untuk mengukur tingkat daya pada titik A untuk mengatur harga misal 0dB. Tingkat daya pada titik X dan A akan menjadi sama
- The signal generator

- Sinyal generator diatur sampai mencapai tingkat daya yang dikehendaki.
- Kerugian jalur (dB) antara titik X dan masukan spectrum analiser akan menjadi berbeda dari daya yang diukur dengan spectrum analiser dan pengaturan tingkat daya. dengan

### 11.3.11. Kerugian jalur Pengukuran dan Kalibrasi Pesawat Y

Sinyal generator sebagai sumber sinyal gelombang kontinu pada frekuensi kalbrasi 315 MHz dan tingkat daya khusus (misalnya 0 dBm). ALC diatur pada tingkat internal.

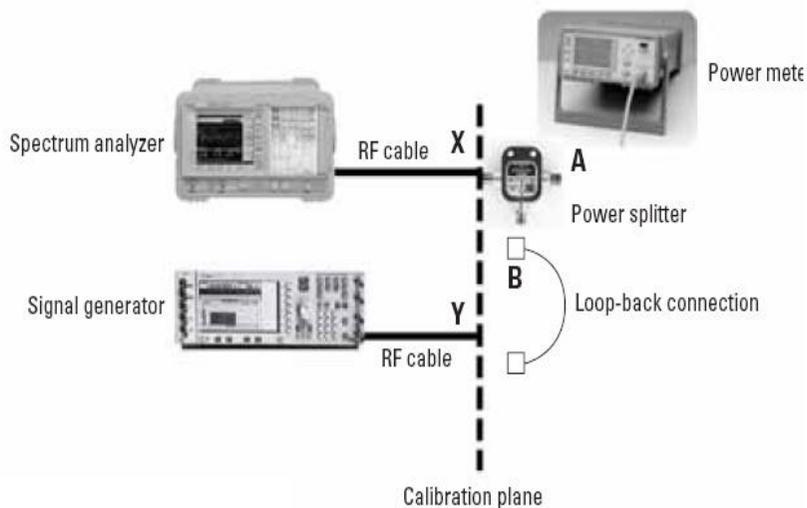
Catatan : penghubung power splitter dan loopback dalam hal ini tidak diperlukan

- Sensor daya digunakan untuk mengukur tingkat daya secara langsung pada titik Y.

Peringatan :

Yakinkan pengaturan sumber daya tidak melampaui rating maksimum dari sensor daya.

- Kerugian jalur (dB) akan berbeda dalam tingkat daya yang diukur pada titik Y dengan sensor daya dan pengaturan daya untuk snyal generator.



Gambar 11-31. Pengaturan kalibrasi pada umumnya

### 11.3.12. Mesin Tester



Gambar 11 – 32 Mesin tester

Keunggulan mesin tester ini adalah

- Ripel dan nois rendah
- Pemrograman naik dan turun cepat
- Ketelitian arus tinggi
- Menggunakan standar Industri SCPI
- Perintah dengan menggunakan program
- Pemrograman analog
- Pemantauan analog
- Proteksi penuh terhadap arus lebih, tegangan lebih, temperature lebih.
- Penginderaan jarak jauh
- Kalibrasi elektronik

Dalam beberapa tahun yang lalu, isi elektronik otomobil telah menambah kecepatan, menghasilkan arus baterai lebih tinggi. Mengkombinasikan usaha peningkatan efisiensi, sekarang ini mobil menggunakan baterai 12V, tidak lagi cukup untuk mobil masa depan. Kecenderungannya tegangan lebih tinggi, dengan arus

rendah sehingga menghasilkan penghematan dalam pengawatan dan komponen lain. Tegangan 42 V merupakan kombinasi tegangan baterai standar. Oleh karena itu selama operasi perubahan beban, mengakibatkan perubahan tegangan sampai mencapai di atas 60 V atau serendah 25 V.

### 11.3.13. Spesifikasi

Spesifikasi pengetesan mesin dari suatu industry ditunjukkan seperti berikut,

Tabel 11-1 Spesifikasi

Parameter	
Keluaran maksimum	
Tegangan	0 - 60 V
Arus	0 – 110 A
Ketelitian Pemrograman (@25± 55°C)	
Tegangan	0,04% + 15-60mV
Arus	0,1% + 230 mA – 65mA
Ripel dan Nois	
(20 Hz – 20 MHz dengan keluaran tanpa di ground atau dengan salah satu terminal keluaran yang di ground	
Tegangan konstan (rms)	2,5 mV
Tegangan konstan (Vpp)	15 mV – 25 mV
Arus konstan (rms)	200 mA – 30 mA
Ketelitian baca kembali (dari panel atau melalui GPIB terhadap keluaran sebenarnya @ 25 +5°C	
Tegangan 0,05% +	22,5 mV – 90 mV
± Arus 0,1 % +	300 mA – 80 mA
Regulasi Beban (perubahan keluaran tegangan atau arus untuk perubahan beban maksimum)	
Tegangan 0,002 % +	650µV – 2,2 mV
Arus 0,005 % +	40 mA – 9 mA
Regulasi garis beban (perubahan keluaran tegangan atau arus untuk perubahan garis beban maksimum	
Tegangan 0,002% +	650 µV – 650 µV
Arus 0,005 % +	40 mA – 9 mA
Transien Respon Waktu	
(untuk mengkover keluaran tegangan dalam 150 mV diikuti langkah perubahan dari 100% sampai 50 % atau 50% sampai 100% terhadap kecepatan keluaran arus : <900µs	

#### 11.3.14. Keunikan Pengetesan Fungsi Otomotip

Pengetesan ECM otomotip memerlukan suatu pengetahuan karakteristik kunci dari perancangan dan pabriksi. Diskripsi kebutuhan umum untuk

pengetesan otomobil ECM (penggunaan modul kontrol mesin sebagai satu kesatuan pengetesan). Berikutnya akan ditemukan pengetahuan

menyeluruh ilustrasi sistem dari pengetesan fungsi untuk elektronik alat pabrikan sebagai solusi otomotif.

Tabel 11-2. Karakteristik pengetesan alat

<b>Karakteristik Pengetesan Alat Pabrikan Solusi Manajemen Mesin ECM</b>	<b>ECM Pabrikan Seri TS-5400</b>
Kecepatan penyaklaran untuk sinyal multiple dan kemampuan beban	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saklar / satuan beban dapat deprogram</li> <li>• Kemampuan menyelesaikan pengetesan beberapa kartu beban dengan cepat</li> <li>• Siap solusi 42 V</li> <li>• Kemampuan memasang dan melepas beban</li> <li>• Kemampuan jembatan beban</li> </ul>
Bentuk gelombang dan sinyal pembangkit riil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulasi reluktansi dan pengaruh sensor dapat divariasikan</li> <li>• Simulasi kunci sinyal</li> </ul>
Respon penahanan arus / tegangan tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penahanan arus / tegangan flyback</li> <li>• Tegangan sampai di atas 500V, arus di atas 30A</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemampuan mengukur perioda, frekuensi dan durasi.</li> </ul>
Komunikasi serial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemampuan ISO-9141</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemampuan J1850</li> <li>• Kemampuan J1939/CAN</li> </ul>
Membutuhkan kecepatan pengambilan tinggi <20ns untuk 100 titik perhitungan ECM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software optimis</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matrix relay pengukuran cepat (0,5 ms)</li> </ul>

#### 11.4. Rupa-rupa Pengujian Mesin

### 11.4.1. Spesifikasi Scanner

Salah satu produk mesin tester yang ada di lapangan mempunyai spesifikasi sebagai berikut.

#### SPESIFIKASI

1. Sistem  
128 MB SD-RAM 128 MB CF Card O/I
2. Storage : HDD 40 GB
3. Display : 7" LCD, Touchscreen , VGA out
4. Scan : DLC port
5. Scope : 4 kanal scope, multimeter pembentuk gelombang sekunder pengapian
6. Komunikasi : HOST USB 1.1 USB 2.0 Clie LAN, RS232
7. Multimedia : speaker-stereo
8. Keypad : tombol 4 arah, tombol 6 fungsi
9. Batere : smart tahan 1 jam
10. Power supply : DC, jack 12V

#### Perkembangan ke depan

1. Peraga  
LCD 7" warna, taouchscreen VGA out 800X400 piksel  
Layar terprogram penuh warna, informasi perawatan, tip.
2. Hard Disc 40 GB  
Rekaman informasi perawatan dan pencarian kerusakan  
Dapat menyimpan dalam waktu lama
3. Windows CE.NET  
Berwujud beberapa program praktis  
Menu familiar dengan pemakai
4. LAN  
Pencarian informasi perawatan pada internet.
5. Variasi fungsi interface dengan USB  
USB kamera, printer dan mouse dsb.



Gambar 11-33. Piranti Scan



Gambar 11-34. Macam-macam peralatan diagnosa mesin



Gambar 11-35. Pemasangan alat uji

## 1.5. Pengantar Penganalisa Gas

### 11.5.1.1. Manfaat Penganalisa Gas

Penganalisa gas dalam pembahasan ini merupakan alat ukur gas buang mesin bensin yang dapat digunakan untuk :

1. Melakukan pengukuran 5 macam gas CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>. Selain itu dapat untuk

mengukur Lambda, RPM dan accu.

2. Pengukuran langsung RPM
3. Pengukuran kondisi ruang kerja : suhu, tekanan atmosfer, kelembaban udara dan tes lambda.

### 11.5.1.2. Keselamatan Alat

Untuk keamanan alat penganalisa gas perlu diperhatikan hal-hal berikut.

1. Penganalisa gas harus ditempatkan ditempat yang kering panas dapat mengotori emisi, panas karena lubang, tungku harus dicegah.

2. Penyambungan harus baik untuk meyakinkan bahwa frekuensi, tegangan sesuai yang diperlukan.
3. Penganalisa gas jangan dipanaskan secara tiba-tiba.
4. Penganalisa gas dihindarkan dari basah baik air maupun cairan lain.

5. Dalam keadaan tangan basah hindari memegang penganalisa gas
6. Penggantian sekering harus sama.

### **Perhatian**

Bila penganalisa gas digunakan dalam kabin, gunakan ventilasi udara untuk mencegah kejenuhan gas berbahaya.

## **11.5.2. Pengoperasian**

Pesan kesalahan ditunjukkan pada LCD secara serentak terhadap bunyi peringatan emisi .

### **11.5.2.1. Tes kondisi**

Salah satu hubungan yang dibuat sebelum pengetesan .

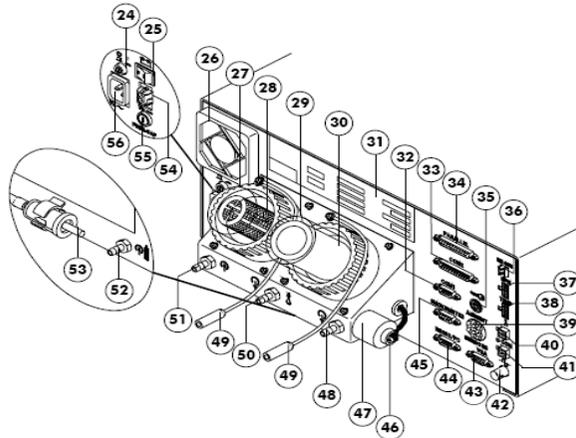
1. Temperatur ruang cakupan antara +5°C dan +40°C.
2. Pengeluaran pipa kendaraan pekat. Kondisi ini pipa kendaraan dapat dicek sementara mesin pengosongan, bocoran gas dari sambungan pipa dideteksi.
3. Berikut parameter mobil yang benar, seperti indikasi pabrikan:
  - Idling
  - Dwell angle
  - Sudut pengapian
  - Permainan katub
4. Temperatur minyak mesin, diukur melalui probe perangkat penganalisa lebih besar dari 80°C.
5. Piranti pendingin tidak dihubungkan.

### **Perhatian**

Selama pengetesan gas diluar yakinkan bahwa gas sampel difasilitasi untuk tidak secara langsung di ekspos dengan sinar matahari. Jika temperature bertambah dapat menyebabkan

### **11.5.2.2. Persiapan Sebelum Pengetesan**

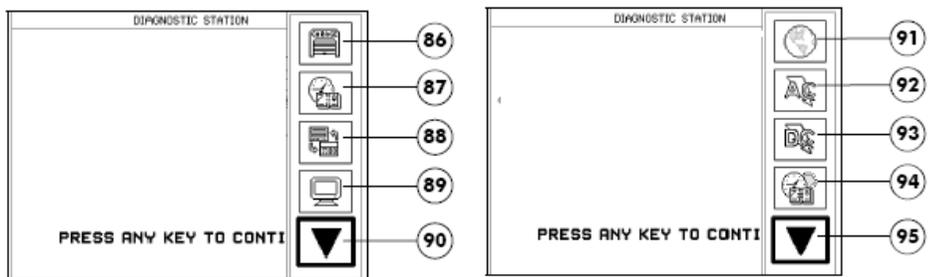
1. Untuk mendeteksi nilai gas terlebih dahulu semua di onkan dengan tombol pengapian (24) atau (25).
2. LCD menunjukkan halaman presentasi
3. Tekan ENTER untuk memperagakan secara langsung halaman aplikasi program.
4. Tekan menu untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan FUNCTION BAR yang diperagakan sebagai icon.



Gambar 11-36. Tombol 24-56 penganalisa gas

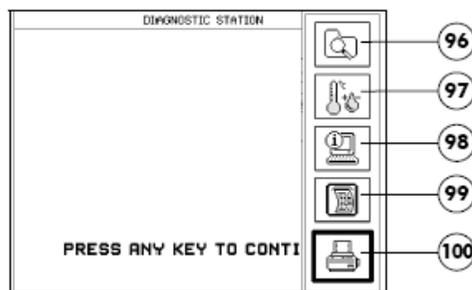
### 11.5.2.3. Kegunaan Tombol

- |  |   |
|--|---|
| <p>86 Garasi Data : untuk menyisipkan data workshop.</p> <p>87 Tanggal dan waktu fungsinya memberikan layanan pada staf</p> <p>88 Pengaturan Video untuk mengatur sinyal sesuai jenis peraga yang diperlukan monitor atau TV warna (system PAL /NTSC).</p> | <p>89 Pengaturan Video untuk mengatur sinyal sesuai jenis peraga yang diperlukan monitor atau TV warna (system PAL /NTSC).</p> <p>90 <i>Following</i> untuk memperagakan berikut FUNCTION BAR</p> <p>91 Pilihan bahasa untuk mengatur bahasa yang diinginkan.</p> |
|--|---|



Gambar 11-37. Halaman manajer aplikasi Gambar 11-38. Halaman pilihan bahasa

- |   |   |
|---|---|
| <p>92 Pembatasan tegangan utama fungsinya pelayanan khusus hanya pada staff</p> <p>93 Pembatasan tegangan betere berfungsi pelayanan khusus hanya staff</p> <p>95 Following untuk memperagakan berikut FUNCTION BAR</p> <p>File Manager untuk memperagakan nama semua file yang telah diinstall, dengan ukurannya, tanggal, versi dan tipe.</p> | <p>94 Musim panas minimum dan jam mengatur penyinaran atau waktu musim panas dan hubungan dengan menit. Pilih icon yang menunjukkan jam tangan dan tekan ENTER untuk memindahkan dari musim panas ke waktu penyinaran dan sebaliknya. Saklar musim panas ditunjukkan oleh peragaan matahari dengan iconnya sendiri.</p> |
|---|---|



Gambar 11-39. Halaman fole manager

- |   |  |
|---|--|
| <p>97 Tempratur ruang dan kalibrasi kelembaban berfungsi untuk pelayanan khusus hanya staff.</p> <p>98 Sistem informasi untuk memperagakan sumber system peralatan</p> <p>99 Print untuk mencetak tes dengan printer alat ukur.</p> | <p>100. Pilihan printer untuk memilih printer eksternal (80 kolom) yang digunakan.</p> |
|---|--|

Tekan tombol MENU sampai memperagakan FUNCTION BAR merupakan keadaan non aktif

atau tekan ESC untuk mengnon aktifkan secara angsung beberapa tingkatan FUNCTION BAR.

#### 11.5.2.4. Inisial Pilihan

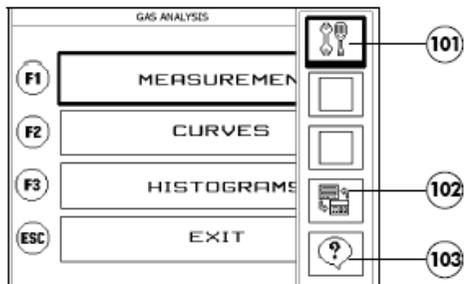
1. Pilih fungsi penganalisa gas dari halaman APLICATION MANAGER untuk memasuki program
2. Berikut fungsi-fungsi yang diperagakan LCD

#### 11.5.2.5. Pengukuran pengetesan ini meliputi :

1. OFFICIAL TEST standarisasi O<sub>2</sub> ML CLASS 0 menyelesaikan pengukuran khusus sebagaimana diperlukan berkaitan dengan standarisasi negri.
2. STANDARD TEST mengecek gas berbahaya sesuai dengan
3. ? PROBE TEST mengecek efisiensi probe lambda dan membetulkan fungsi injeksi dari unit kontrol.

#### 11.5.2.6. Kurva memperagakan secara grafis variasi gas

Histogram memperagakan secara grafis perbandingan gas diperlukan. Tekan tombol MENU untuk memperagakan dari halaman analisis gas FUNCTION Exit : keluar program beberapa saat dengan menginterupsi tes jika BAR berikutnya.



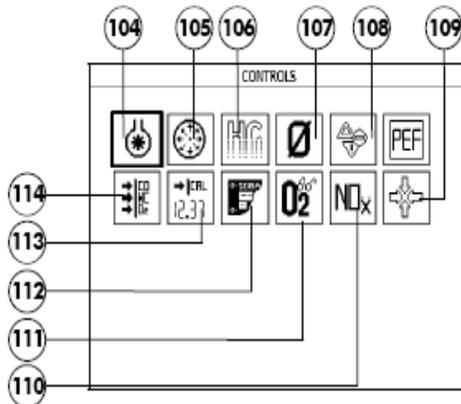
Gambar 11-40. Halaman inisialisasi

101 Kontrol untuk memperagakan halaman dimana test diselesaikan.

102. Application kembali ke halaman dari program aplikasi

103 HELP memanggil bantuan *on line*.

Pilih icon KONTROL untuk memperagakan halaman berikut.



Gambar 11-41. Pilihan icon

104	Pump (on/off) : pompa enable atau disable	105	Leak tes : mulai tes kebocoran
106	HC residu : memulai tes residu HC	107	Auto zero secara otomatis memulai dengan nilai gas nol
108	Message log : untuk memperagakan semua pesan kesalahan hari itu. Setiap akhir hari kerja.	109	Bench karakterisasi fungsinya hanya untuk melayani staff.
110	Instalasi NOx memperagakan halaman dimana memungkinkan sensor NOx diinstalasi	111	mV O2 memperagakan status sensor oxygen
112	Angka serial memperagakan nomor penganalisa gas.	113	Last calibration memperagakan tanggal kalibrasi terakhir dan tanggal dan waktu tes kebocoran dan residu HC terakhir dilakukan.
114	Kalibrasi berfungsi hanya untuk pelayanan khusus staff <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekan ESC untuk keluar halaman KONTROL</li> <li>• Tekan MENU atau ESC untuk disable peraga FUNCTION BAR.</li> </ul>		

### 11.5.2.7. Waktu Pemanasan

Setelah pemilihan salah satu dari tes yang disediakan pesan WARMING UP diperagakan

menunjukkan bahwa penganalisa pasa pemanasan yang dapat membutuhkan waktu 60 detik.

### 11.5.2.8. Pengaturan Pengenalan Otomatis

Penganalisa memulai secara otomatis pengaturan nol menunjukkan pesan AUTOZERO pada akhir pasa ini penganalisa gas siap digunakan. Setiap AUTOZERO instrument secara otomatis menyelesaikan

kalibrasi nilai O<sub>2</sub> (sesuai dengan parameter yang ada dalam memori). Dalam beberapa kasus terjadi kesalahan kalibrasi bila ini terjadi akan diperagakan pesan SENSOR EXHAUSTED.

## 11.5.3. Pengetesan

### 11.5.3.1. Tes standar

- Pilih fungsi MEASUREMENT dari halaman GAS ANALYSIS
- Pilih fungsi STANDARD TEST dari halaman TEST SELECTION

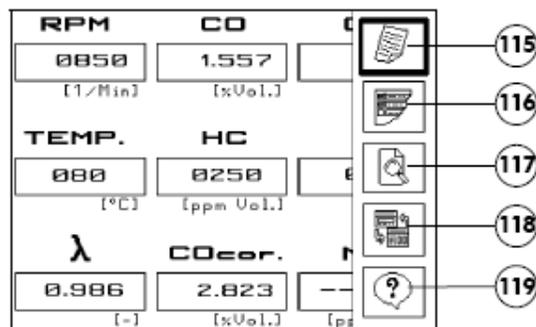
Penyelesaian nilai pengukuran diperlukan untuk :

- Membentuk dua akselerasi pengosongan cepat dan membawa mesin kembali ke jalan lambat.

- Pengenalan probe gas sampel ke dalam pipa pembuangan sedalam mungkin dan sekurang-kurangnya kedalaman 300 mm.
- Jika pipa pembuangan tidak memungkinkan untuk mengantarkan probe secara lengkap, ini diperlukan untuk menambah perluasan khusus yang meyakinkan dengan sambungan yang kuat.

Peraga LCD memperagakan setiap nilai gas, factor lambda, rpm dan temperature mesin.

- Tekan MENU untuk memperagakan FUNCTION BAR dalam halaman pengukuran tes standar.



Gambar 11-42. Tampilan hasil tes standar

115 Print untuk memlih dua jenis print

116 Settings untuk memilih bahan bakar dan rpm untuk autozero

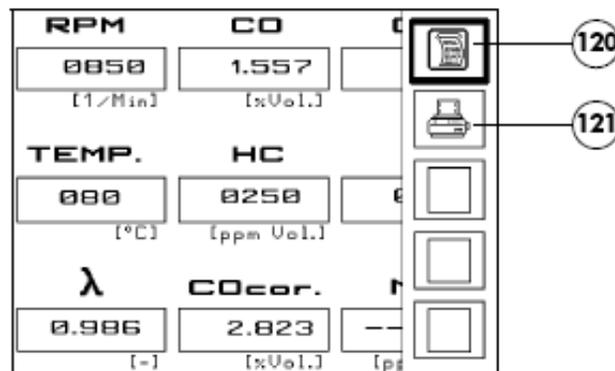
117 Pilihan Zoom memungkinkan fungsi membesarkan pada layar LCD

118 Aplications kemali ke halaman program aplikasi

119 HELP memanggil banuan on line.

### 11.5.3.2. Mencetak Hasil Pengetesan

- Pilih fungsi PRINT (115) dari sebelum FUNCTION BAR dan pada LCD memperagakan halaman berikut.



Gambar 11-43. Halaman tes standar

120 Kolom print ada 24 memungkinkan mencetak hasil penganalisa gas

121 Kolom print 80 memungkinkan mencetak dari kolom printer luar yang dihubungkan port parallel dari penganalisa gas.

Setelah pemilihan jenis dapat digunakan mencetak, LCD menunjukkan halaman masuknya identifikasi data kendaraan yang diuji.

- Masukan nomor pelat, model, merek, nomor kasis, km yang telah ditempuh dan nama operator, penggeseran field dengan tombol ENTER.

- Pilih ENTER jika icon dari print keluar atau F5 untuk mulai mencetak.

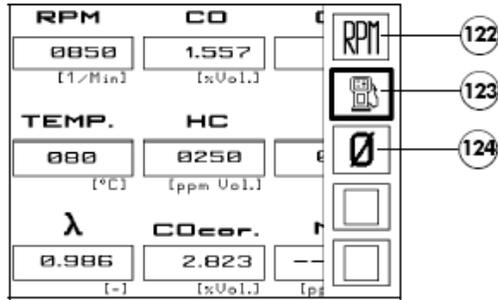
- Pilih F3 untuk menghapus data kendaraan sebelumnya.

#### Catatan :

Dalam tes CURVA, HISTOGRAM, LAMBDA PROBE diperagakan fungsi F4. Tekan tombol untuk mencetak grafik dari performansi tes.

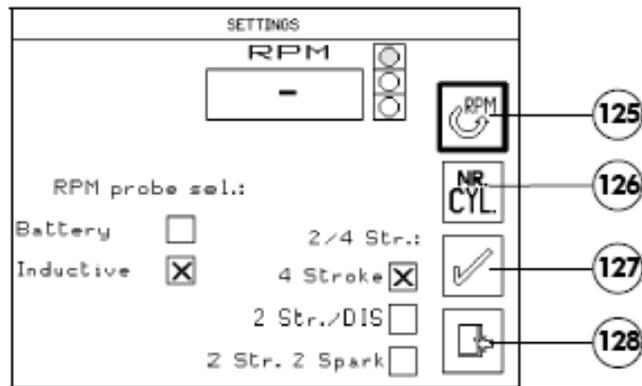
### 11.5.3.3. Pengaturan Pilihan Bahan Bakar

- Pilih SETTINGS fungsi 116 dari sebelum FUNCTION BAR dan peragaan LCD pada halaman berikut.



Gambar 11-44. Pilihan bahan bakar

- 122 Setting untuk mengatur sejumlah kendaraan yang diuji dari silinder, jenis kabel yang digunakan untuk mengukur rpm (klem induksi atau kabel batere) dan frekuensi pengujian (2 atau 4 kali). Kalibrasi rpm dapat diselesaikan juga.
- 123 Pilihan bahan bakar memungkinkan menguji kendaraan sesuai jenis bahan bakar yang digunakan (pengaturan pabrik bahan bakar bensin) tekan ENTER.
- 124 Autozero secara otomatis dimulai pada nilai gas nol.
- Pilih fungsi (122) peraga menunjukkan seperti halaman berikut.



Gambar 11-45. Peraga jumlah kendaraan yang diuji

- Tampilan peraga data merupakan pengaturan asli dari pabrik. Untuk menyelesaikan pengaturan yang berbeda dari pabrik ikuti instruksi berikut
- Pilih perubahan jenis kabel yang digunakan untuk menyelesaikan pengetesan dan tekan ENTER untuk memungkinkannya.
  - Waktu memilih mesin dari mesin yang diuji (2 atau 4 kali) dan tekan ENTER.
  - Pilih icon (126) dan tekan beberapa kali tombol ENTER sampai memperagakan jumlah silinder dari kendaraan yang diuji.

### 11.5.4. Kemungkinan Penyebab CO-CO2-HC dan O2 Mempunyai Nilai yang salah

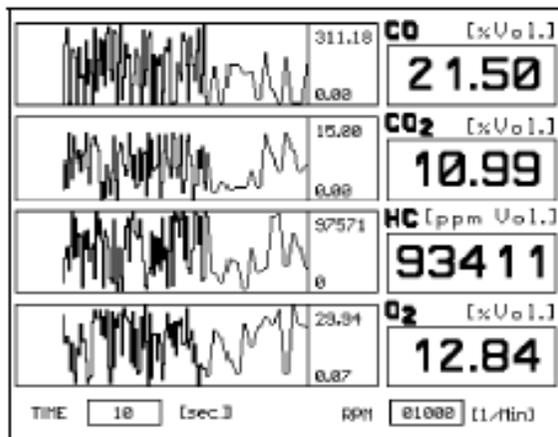
CO	Salah pengaturan karburasi Kotor atau filter udara terhalangi Pengayaan tahap pemanasan cacat Pengayaan akselerasi cacat Busi cacat Regulator tekanan rusak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebocoran pengapian Kontak reduktor cacat Kabel busi cacat Salah pengebangan Busi cacat</li> <li>• Pembakaran tak sempurna Lean mixture Rangkaian penghisap cacat</li> <li>• Cacat mekanis Kompresi tidak mencukupi Pemasangan klep tidak kencang.</li> </ul>
CO2	Sistem penghisap kendaraan cacat	
O2	Sistem penghisap kendaraan cacat Banyak campuran Probe lambda cacat	

### 11.5.5. Peragaan Hasil

#### 11.5.5.1. Kurva

Gas kendaraan bervariasi diperlukan peragaan secara grafis untuk itu gunakan fungsi CURVA.

- Pilih fungsi CURVES dari gas halaman GAS ANALYSIS.  
Diperagakan grafik kecenderungan gas yang diukur.



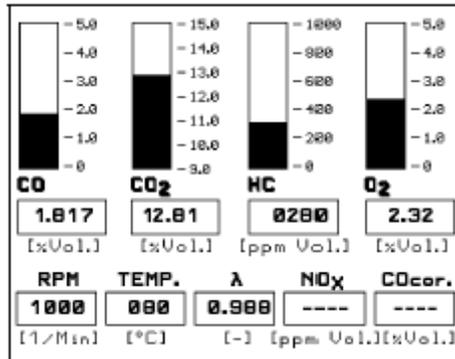
Gambar 11-46. Kurva kandungan gas

Disisi kanan kurva, menunjukkan yang berkaitan dengan nilai gas.

### 11.5.5.2. Histogram

Bilamana diperlukan perbandingan secara grafis gas kendaraan yang diuji ditampilkan dalam fungsi HISTOGRAM.

- Pilih fungsi HISTOGRAM dari halaman GAS ANALYSIS.



Gambar 11-47. Histogram gas kendaraan

### 11.5.6. Corak Sampel Gas

Kandungan nilai sampel gas dalam botol gas harus dalam

cakupan nilai diantara konsentrasi berikut .

Tabel 11-3. Cakupan nilai antara kandungan gas aman

Carbon monoxide	(CO)	0,500 %	:=	15,000 %
Carbon Dioxide	(CO <sub>2</sub> )	1,000 %	:=	20,000 %
Unburnt Hydrocarbon	(HC)	100 ppm	:=	30 000 ppm
Nitrogen Oxide	(NO <sub>x</sub> )	100 ppm	:=	5 000 ppm

Nilai nilai di atas referensikan dari botol berisi gas HEXANE. Dalam kasus yang menggunakan botol berisi PROPANE relevan dengan

nilai HC HEXANE secara otomatis dihitung dengan PEF (Propane Equivalent Factor).

Contoh :

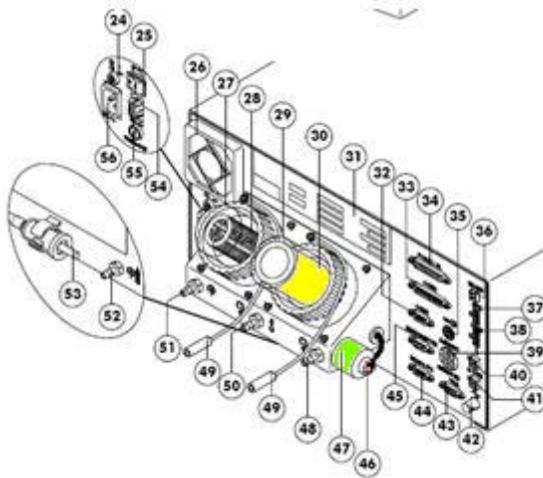
Gas botol dengan nilai HC (Propane) = 2718 ppm  
Penganalisa PEF = 0,539

$HC(\text{Propane}) \times PEF = HC(\text{Propane})$   
2718 X 0,539 = 1465 nilai HC untuk pengaturan data botol yang diberikan dalam bentuk penganalisa.

### 11.5.7. Perawatan

1. Mengganti cartridge / filter standar  
Cartridge / filter (30) tidak dapat dibersihkan namun harus diganti

setiap kali tampak menghitam atau bila muncul pesan VACUUM HIGH.

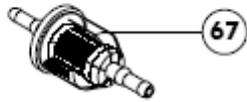


Gambar 11-48. Gambar posisi sensor oksigen

2. Membersihkan condensate pemisah filter  
Condensate pemisah filter (28) harus dibersihkan rata-rata setiap dua kali mengganti cartridge / filter standar (30) atau jika terhalang. Dalam membersihkannya dicuci dengan buih hingga bersih dan keringkan dengan udara.
3. Mengganti Filter karbon aktif  
Filter ini harus diganti setiap dua tahun. Pekerjaan ini mudah diselesaikan dengan keluarkan dari hubungan pipa. Dalam kasus ini selama fungsi AUTOZERO tidak menghisap secara sempurna, gunakan obeng kecil pindahkan kotoran yang melekat pada pintu masuk filter.
4. Mengganti sensor O<sub>2</sub>

Bila sensor oksigen (47) tidak efisien lagi ganti dengan sensor original yang sesuai dengan pabrikasi, ikuti instruksi berikut.

- Putuskan hubungan konektor (46)
  - Kendorkan sensor searah jarum jam.
  - Gantikan dengan sensor baru hubungkan seperti sebelum hubungan sensor diputuskan.
5. Membersihkan precleaner transparan  
Precleaner transparan eksternal (67) harus dibersihkan atau diganti jika dibersihkan tidak cukup waktu. Membersihkan precleaner dicuci dengan buih hingga bersih kemudian dikerigkan dengan tekanan udara.



Gambar 11-49. Precleaner transparan eksternal

6. Membersihkan pipa pengambil residu carbon yang menempel di dalamnya. Sebelum pipa pengambil ditiup putuskan dari kemungkinan terlebih dahulu sambungan.

**Perhatian**

Jangan meniupkan udara dengan kompresor ke dalam penganalisa gas.

**Tujuan :**

Pembahasan ini bertujuan :

1. Mengenalkan pengertian Global Position Sistem (GPS)
2. Memahami proses pengukuran dengan GPS
3. Memahami aplikasi GPS

**Pokok Bahasan**

Dalam pembahasan ini meliputi :

1. Pengertian dan sejarah adanya sistem posisi global
2. Jenis-jenis sistem posisi global dan prinsip kerjanya.
3. Pemanfaatan GPS sebagai pemandu jalan.

**12.1. Pengantar dan Sejarah Perkembangan GPS**

GPS merupakan kependekan dari NAVTAR GPS, yaitu NAVigation Sistem Time Ranging Global Positioning Sistem. Awalnya merupakan proyek Departemen Pertahanan Amerika yang ditujukan untuk memandu pasukan perang digurun. Kemudian berkembang untuk navigasi kapal laut, kapal udara bahkan kendaraan darat. GPS berguna untuk menentukan koordinat posisi obyek berdasarkan olah data beberapa satelit diukur terhadap titik obyek relatif yang sudah diketahui sehingga dapat ditentukan besarnya latitude, longitude dan ketinggian dari permukaan laut. Dalam perkembangannya GPS sekarang ini merupakan gambaran sempurna gabungan antara teknik pengukuran, teknik telekomunikasi dan teknik informatika.

Pengukuran jarak didasarkan pada teknik pengukuran refleksi gelombang ranah waktu atau **Time Domain Reflectometry** (TDR). TDR banyak digunakan

untuk pengukuran dalam menentukan letak kerusakan kabel transmisi frekuensi tinggi berdasarkan refleksi gelombang. Pada TDR refleksi gelombang, terjadi karena penghantar yang terhubung singkat atau terbuka. Jarak kerusakan dihitung sama dengan perkalian perjalanan gelombang ketempat kerusakan kabel dengan kecepatan rambat gelombang. Sedang jenis kerusakan penghantar hubung singkat atau terputus dilihat dari bentuk gelombang yang direfleksikan. Sedangkan pada GPS sinyal kembali dikarenakan adanya pemancaran kembali oleh pemancar yang ada di satelit. Jarak dihitung sama dengan perkalian waktu perjalanan gelombang dan kecepatan rambat gelombang.

Seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi dan teknik informatika, informasi telah dikembangkan tidak sekedar dipancarkan kembali namun juga diolah dalam pencitraan yang baik, sehingga posisi obyek dapat

ditampilkan pada layar GPS lengkap dengan peta yang mudah dibaca. Teknologi informatika memberi pengaruh pada layanan informasi yang mampu selalu memperbaharui data, sehingga dapat menampilkan obyek dalam peta yang berjalan sesuai kecepatan perjalanan obyek. Interface dibuat menarik, navigasi

mudah diikuti, informasi lengkap sesuai kebutuhan perjalanan. Oleh karena itu menjadikan GPS sebagai pasangan yang populer dengan mesin tester sebagai asesoris mobil mewah. GPS difungsikan sebagai pemandu perjalanan disamping sebagai alat komunikasi.



Gambar 12-1 Macam-macam tampilan

Dalam bab ini akan dibahas prinsip pengukuran dengan GPS, prinsip kerja dan cara penggunaan GPS.

### Sejarah Perkembangan Teknologi GPS

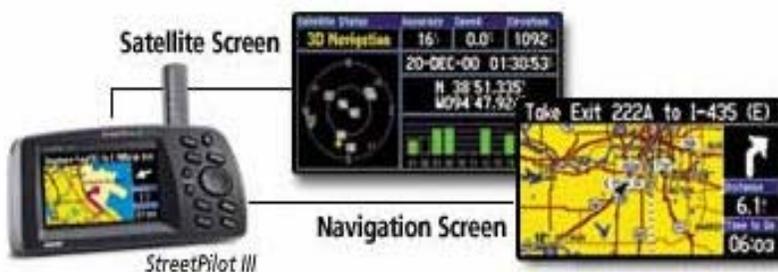
Matahari dan bintang tidak dapat dilihat bila berawan. Selain itu dengan pengukuran posisi meskipun teliti, posisi tidak dapat ditentukan secara akurat. Setelah perang dunia II, ini muncul di Departemen Pertahanan Amerika yang menemukan solusi dari permasalahan posisi ini dengan

akurat dan pasti. Beberapa proyek dan eksperimen dilakukan selama 25 tahun termasuk di dalamnya Transit, Timaton, Loran. Semua proyek ini diarahkan untuk penemuan secara akurat dan fungsi. Semua diawali pada tahun 1970 proyek baru telah mengusulkan GPS. Konsepnya

menjanjikan untuk memenuhi pemerintah Amerika, katakanlah bahwa akan mampu menentukan suatu posisi secara akurat pada titik permukaan bumi, kapanpun dalam kondisi bagaimanapun.

GPS merupakan sistem berbasis satelit yang menggunakan kumpulan dari 24 satelit untuk memberikan pada pemakai posisi yang akurat. Ini penting untuk menetapkan titik secara akurat, pada tentara yang berada di tengah gurun pasir, tingkat akurasi sekitar 15 m. Kapal yang berada di pertahanan pantai, akurat berarti berada sekitar 5m, sedangkan untuk pengukur tanah akurat berarti sekitar kurang dari 1 cm. GPS dapat digunakan

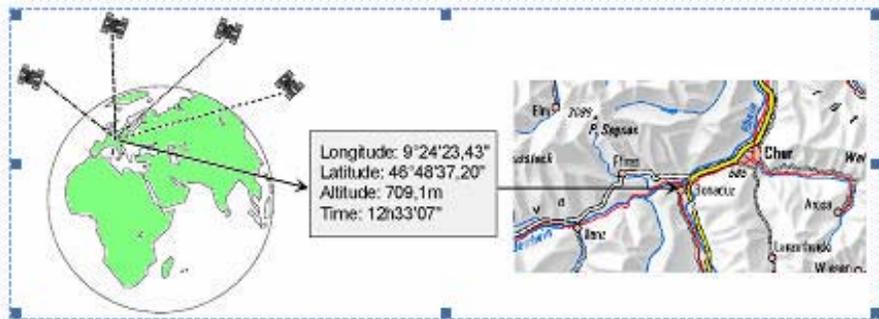
semua persyaratan dari untuk untuk pengukuran yang akurat pada semua aplikasi, jenis GPS dibedakan dari teknik penerima yang digunakan dan bekerjanya. GPS asli dirancang untuk keperluan militer digunakan kapan saja dipermukaan bumi. Segera setelah yang asli diajukan dibuat, menjadi jelas, sipil juga dapat menggunakan GPS dan tidak hanya digunakan untuk menentukan posisi personal. Dua pemakai utama yang menggunakan GPS dalam aplikasi sipil yaitu untuk navigasi kapal dan keperluan penelitian. Sekarang aplikasi sudah berkembang sampai navigasi mobil bahkan pada konstruksi mesin otomatisasi.



Gambar 12-2. Peralatan system posisi global

Dengan menggunakan GPS dapat digunakan untuk menetapkan posisi titik pada permukaan bumi, dua hasil dapat ditentukan dimanapun pada permukaan bumi yaitu : Lokasi secara pasti ( garis bujur, garis lintang dan ketinggian koordinat) secara akurat untuk cakupan

dari 20m sampai mendekati 1mm) (Zogg Jean-Marie : 2001:9). Waktu secara akurat (Waktu, koordinat) dalam dari 60 ns sampai 5 ns. Kecepatan dan arah perjalanan dapat diturunkan dari koordinat sebaik waktu. Koordinat dan waktu ditentukan oleh 28 satelit yang mengorbit di bumi.



Gambar 12-3: Fungsi dasar GPS

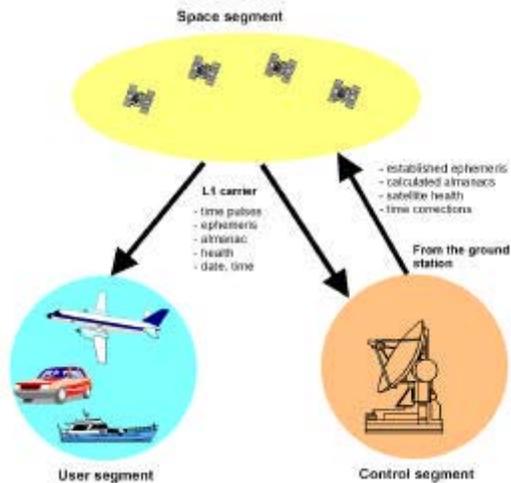
### Teknologi GPS

Konfigurasi GPS meliputi tiga segmen :

- **segmen ruang** orbit satelit di bumi (semua fungsi dijalankan satelit).
- **segmen kontrol** posisi pemancar di equator bumi untuk mengontrol satelit. ( semua stasiun bumi yang berkaitan dengan pemantauan sistem, stasiunmaster kontrol, stasiun monitor, dan stasiun kontrol ground) .
- **segmen pemakai** yaitu siapapun yang menerima dan menggunakan sinyal GPS (pemakai sipil maupun militer).

#### 12.1.1. Segmen Ruang

Segmen ruang dirancang terdiri dari 24 satelit yang mengorbit di bumi sekitar 20180 Km selama 12 jam. Pada waktu menulis terdapat 26 operator satelit yang mengorbit di bumi. Kumpulan satelit tersebut dalam konfigurasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

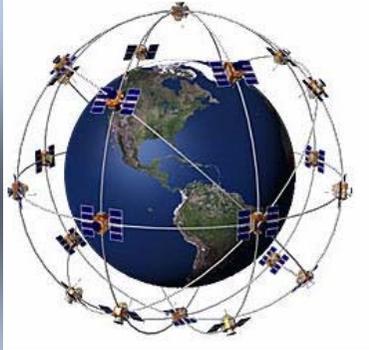


Gambar 12-4. Segmen ruang

### 12.1.1.1. Gerakan Satelit

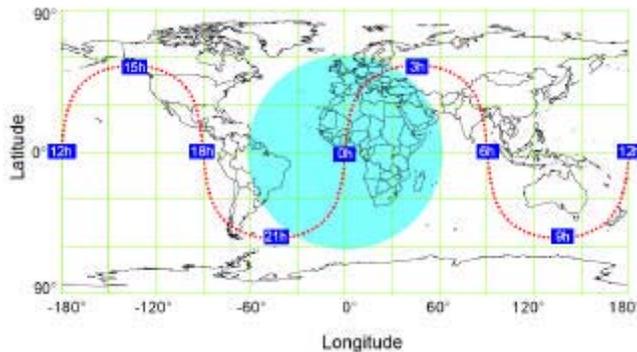
Segmen ruang dirancang minimum 4 satelit yang dapat melihat ke atas dengan sudut 15 derajat dibanyak titik permukaan bumi dalam satu waktu. Minimum empat satelit harus dapat melihat untuk banyak aplikasi.

Pengalaman menunjukan bahwa biasanya terdapat sekurang-kurangnya 5 satelit dapat melihat 15 derajat ke atas dalam waktu yang lama bahkan seringkali terdapat 6 sampai 7 satelit.



Gambar 12-5. Posisi satelit

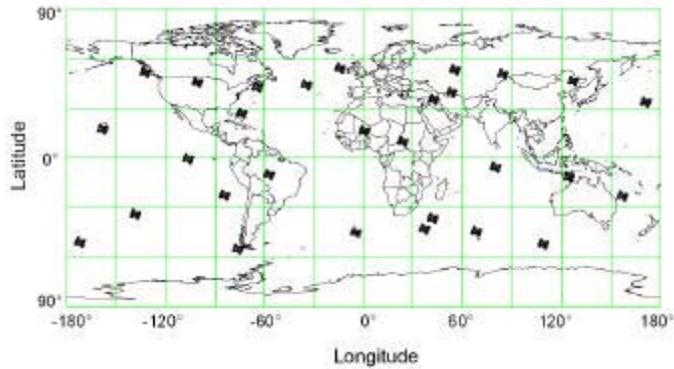
Satelit mengorbit pada ketinggian 20 180 Km di atas permukaan bumi dan pada posisi 55 derajat equator. Satelit mengelilingi bumi dengan kecepatan 7000 mil/jam selama 12 jam dua putaran. Satelit akan kembali mengawali posisi dalam waktu hampir 24 jam (tepatnya 23 jam 56 menit) perjalanan rotasi ditunjukkan gambar di bawah ini.



Gambar 12-6. Menunjukan cakupan efektif

Untuk dapat melihat objek setidaknya dilihat 4 atau 5 lebih satelit, gambar penempatan satelit

dapat dilihat pada gambar di awah ini.



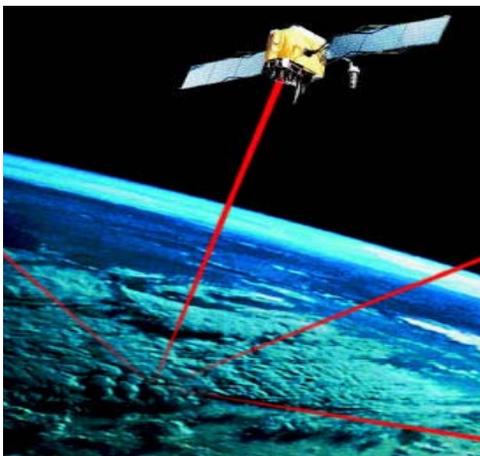
Gambar 12-7 Posisi 28 satelit pada jam 12 UTC pada tanggal 14 April 2001

Satelit GPS menggunakan sumber daya dengan energy solar. Sebagai energi cadangan digunakan baterai dipasang pada papan untuk menjalankan bila

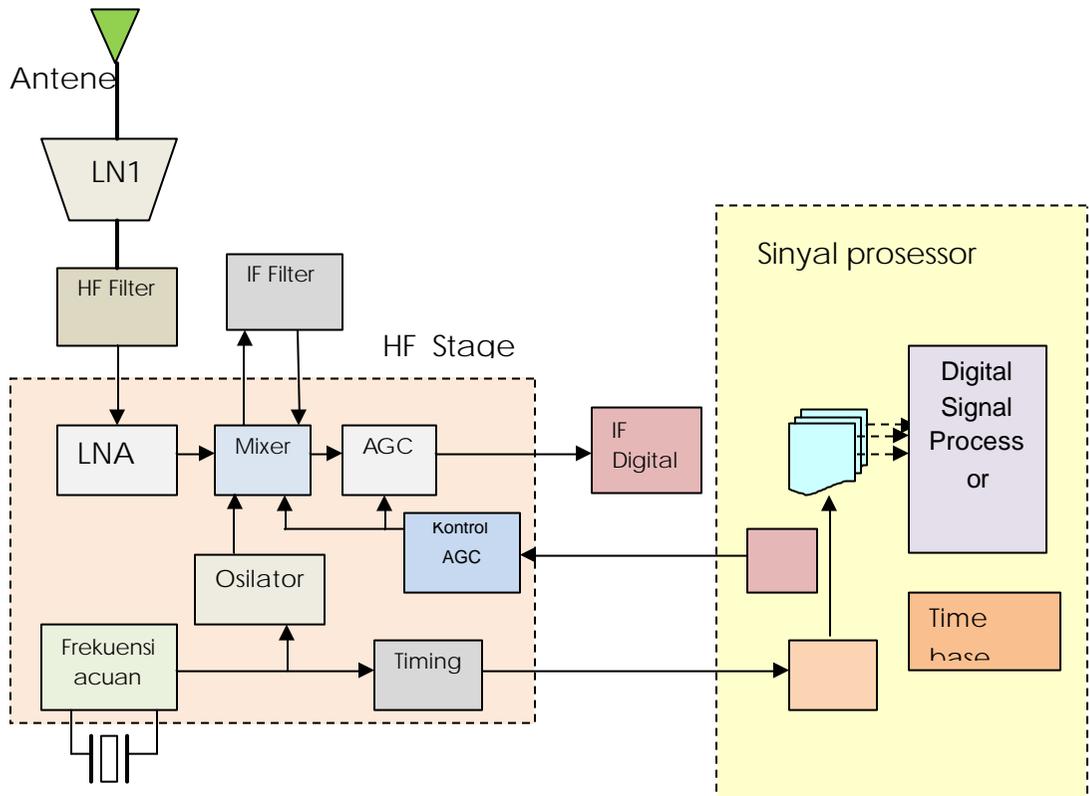
matahari terhalang gerhana, bila tidak ada daya solar Pendorong roket kecil pada masing-masing satelit mempertahankannya terbang pada alur yang benar.

#### 12.1.1.2. Konstruksi GPS Satelit

Konstruksi satelit ditunjukkan pada gambar 12-8. Sedangkan rangkaian GPS dasar ditunjukkan pada gambar 12-9 yang terdiri dari antena, filter frekuensi tinggi, mixer, osilator, filter IF, AGC, Kristal sebagai acuan frekuensi, timing, IF digital dan sinyal prosesor. Masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda diuraikan di bawah ini.



Gambar 12-8. Konstruksi satelit



(Jean-Marie, 2002. [www.u-blox.com](http://www.u-blox.com) )

Gambar 12-9. Rangkaian Dasar GPS

**Filter HF** : Lebar sinyal GPS sekitar 2 MHz. Filter HF mengurangi dampak interferensi. HF Stage dan Sinyal prosesor sebenarnya menampilkan rangkaian khusus GPS.

**HF Stage** : Menguatkan sinyal GPS untuk selanjutnya dicampur dengan frekuensi dari osilator. Sinyal IF difilter untuk menjaga kestabilan amplitude dan hasil digitalisasi melalui pengatur penguatan amplitude (Amplitude Gain Control / AGC).

**Filter IF** : Frekuensi menengah difilter keluarannya dengan menggunakan lebar band 2 MHz.

**Sinyal prosesor** : Membedakan lebih dari 16 sinyal satelit yang berhubungan dengan pengkodean pada waktu yang bersamaan.

**HF Stage dan sinyal prosesor** secara serentak disaklar pada sinyal sinkronisasi. Sinyal prosesor ini memiliki basis waktu (time base) sendiri untuk memastikan semua data yang dipancarkan dan direferensikan sebagai sumber data. Sinyal prosesor dapat dioffset oleh kontroler melalui jalur control untuk difungsikan dalam mode operasi yang bervariasi.

### Kontroler :

Menggunakan sumber data, mengontrol perhitungan posisi, waktu, kecepatan. Ini mengontrol sinyal prosesor dan relay, harga dihitung dan diperagakan. Informasi penting seperti posisi saat itu dikodekan dan disimpan dalam RAM. Algoritma program dan perhitungan disimpan dalam ROM.

### Keyboard

Dengan menggunakan keyboard pengguna dapat memilih menggunakan system koordinat

atau parameter (angka dari satelit yang melihat) diperagakan.

### Peraga

Posisi hasil perhitungan (longitude, dan ketinggian) harus dapat disediakan untuk pengguna. Ini dapat diperagakan dengan menggunakan seven segmen atau ditunjukkan pada layar diproyeksikan pada peta. Posisi yang telah ditentukan dapat disimpan.

### Sumber arus

Power supply memberikan tegangan yang dibutuhkan.

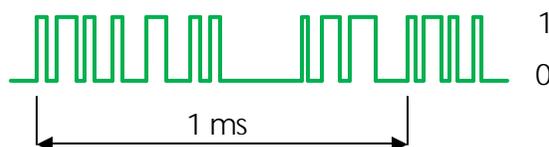
#### 12.1.1.3. Sinyal Satelit

Berikut ini informasi navigasi pesan ditranmisikan oleh satelit pada kecepatan 50 bit perdetik.

- Waktu satelit dan sinyal sinkronisasi
- Data orbit tepat
- Informasi koeksi waktu untuk menentukan waktu satelit dengan pasti
- data orbit pendekatan untuk semua satelit
- Sinyal koreksi untuk menghitung waktu pemindahan sinyal
- Data ionosphere
- Informasi keadaan satelit

Waktu yang diperlukan untuk mengirim semua informasi adalah 12.5 menit dengan menggunakan navigasi pesan, penerima mampu menentukan waktu transmisi dari masing-masing sinyal satelit dan

posisi pasti dari transmisi saat itu. Setiap pemancar satelit ditandai secara unik. Tanda terdiri dari Pseudo Random Noise, Code, PRN dari 1023\_zero dan 1 yang muncul secara acak.



Gambar 12-10 Pseudo Random Noise

### 12.1.2. Segmen Kontrol

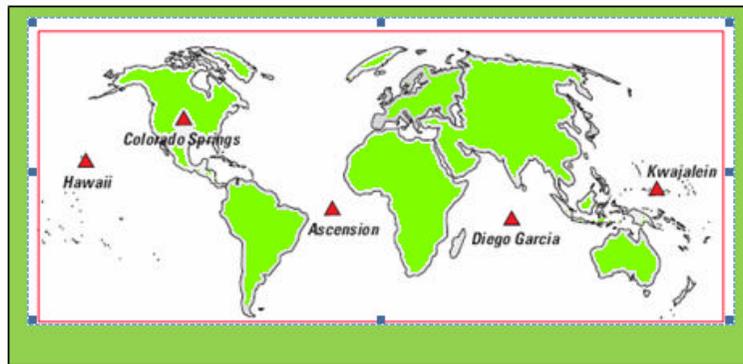
Segmen kontrol (sistem kontrol operasi) terdiri dari stasiun master kontrol, bertempat di Colorado dengan lima stasiun pemantau menggunakan clock atomic yang

tersebar disekitar belahan bumi di dekat katulistiwa dan 3 stasiun kontrol ground yang mengirimkan informasi ke satelit. Tugas utama dari segemen kontrol adalah :

- Mengamati gerakan satelit dan menghitung data orbit (empiris).
- Memantau jam satelit dan meprediksi performansinya
- Menyerempakkan waktu pada papan satelit
- Menyiarkan data orbit akurat yang diterima dari satelit komunikasi
- Menyiarkan data orbit pendekatan dari semua satelit.
- Menyiarkan lebih jauh lagi informasi yang meliputi keadaan satelit, kesalahan clock.

Segemen kontrol juga mengatur distorsi tiruan dari sinyal (SA) dalam susunan bertingkat, sistem penentu posisi pemakaian sipil. Tingkat ketelitian sistem dengan sengaja diturunkan untuk alasan politik dan taktik Departemen Pertahanan. Segemen kontrol melacak satelit GPS, memperbaharui posisi, mengkalibrasi dan menyerempakkan clock yang digunakan. Lebih jauh lagi fungsi penting segmen kontrol adalah menentukan orbit setiap satelit dan memprediksi jalur untuk diikuti selama 24 jam. Informasi ini di

“upload” setiap satelit dan sesudah itu dipancarkan dari sini. Ini memungkinkan GPS menerima untuk diketahui dimana setiap satelit dapat diperoleh. Sinyal satelit dibaca pada Ascension, Diedo Garcia dan Kwajalein. Hasil pengukuran kemudian dikirimkan ke Master kontrol di Colorado Spring dimana sinyal ini diolah untuk menentukan adanya kesalahan di setiap satelit. Informasi hasil olahan dikirim kembali untuk 4 stasiun monitor untuk melengkapi dengan ground antenna dan diupload untuk satelit.



Gambar 12-11. Posisi lokasi segmen kontrol

### 12.1.3. Segmen Pemakai

Segmen pemakai terdiri dari para penerima GPS, menerima sinyal GPS dan menentukan posisi dan waktu. Aplikasi tipikal segmen pemakai adalah navigasi

tanah untuk pejalan kaki, lokasi kendaraan, pengukuran tanah untuk pemetaan, navigasi kapal, navigasi wilayah, kontrol mesin dan sebagainya.

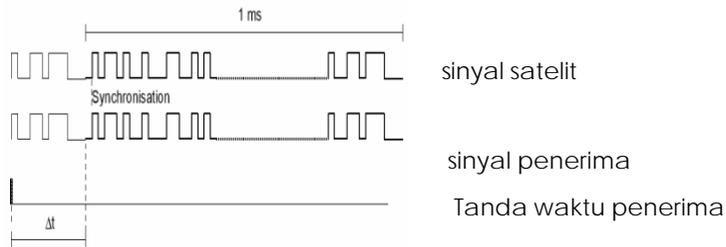


Gambar 12-12 Bidang implementasi GPS

Sinyal ditransmisikan oleh satelit untuk mencapai penerima membutuhkan waktu sekitar 67 ms. Sinyal berjalan dengan kecepatan cahaya waktu

pemindahan tergantung pada jarak antara satelit dan pemakai. Empat perbedaan sinyal dibangkitkan dalam penerima, keempat sinyal dari keempat

satelit diukur perbedaan waktunya  $\Delta t$  untuk menentukan waktu perpindahan sinyal.



Gambar 12-13 Sinyal system posisi global

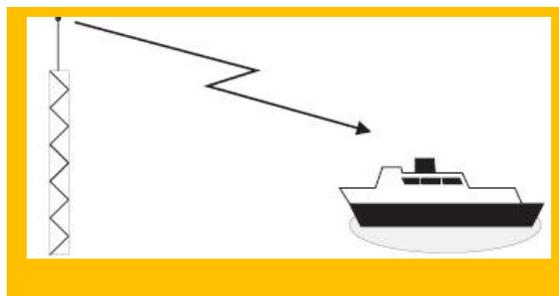
Dalam menentukan posisi pemakai radio komunikasi diperlukan empat satelit. Jarak ke satelit ditentukan oleh waktu perpindahan sinyal. Penerima menghitung garis lintang  $\phi$ , garis bujur  $\lambda$  kekeketinggian  $h$  dan waktu  $t$  dari cakupan serta posisi

yang diketahui dari empat satelit. Hubungan ini diekspresikan dalam persamaan matematika bahwa empat variabel yang tidak diketahui  $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$  dan  $t$  ditentukan dari jarak dan posisi yang telah diketahui dari keempat satelit.

## 12.2. Cara Kerja GPS

Terdapat beberapa perbedaan metoda untuk menentukan posisi dengan menggunakan GPS. Metoda yang digunakan tergantung pada tingkat ke

akuratan yang dikehendaki pemakai dan jenis penerima GPS. Secara teknik dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelas dasar.

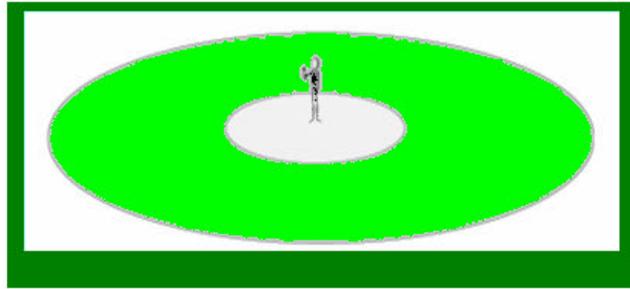


Gambar 12-14 Pendeteksian kapal

### 12.2.1. Koreksi perbedaan Posisi

Sebagaimana telah dpantai, data GIS iketahui DGPS, mempunyai keakuratan dalam menentukan posisi antara 0.5 sampai 5m.

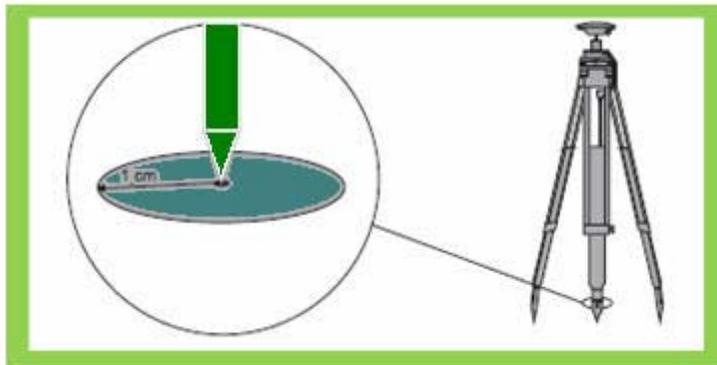
Digunakan untuk navigasi kapal di dekat pantai, akusisi data GIS, membentuk presisi dan sebagainya.



Gambar 12-15 Pendeteksian posisi oran ditengah lautan

Navigasi menggunakan penerima single stand-alone, digunakan oleh pejalan kaki, kapal yang jauh ditengah dan militer. Akurasi posisi lebih baik dari pada 100m

autonomous dari pemakai sipil dan sekitar 20 m untuk pemakaian militer. Untuk pemakai pengukuran tanah, kontrol mesin diperoleh perbedaa posisi dengan ketelitian 0.5–20 m.



Gambar 12-16 Pemanfaatan GPS untuk pengukuran tanah

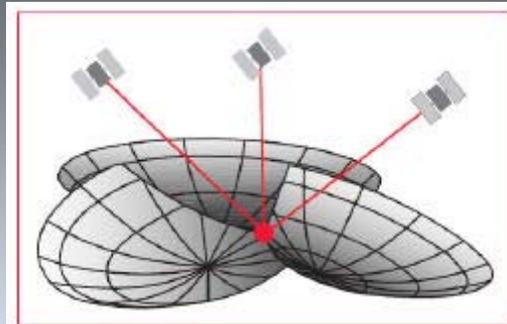
### 12.2.2. Navigasi Sederhana

Ini merupakan teknik sangat sederhana dengan penerima GPS untuk sesaat memberikan posisi, kekeketinggiananan atau waktu yang akurat pada pemakai. Akurasi yang diperoleh lebih baik dari pada 100m (biasanya sekitar 30-50m) untuk pemakaian sipil dan 5-15 untuk pemakaian militer.

Alasan perbedaan tingkat akurasi antara untuk keperluan sipil dan militer diulas dalam pembahasan selanjutnya. Penerima yang digunakan untuk operasi jenis ini pada umumnya kecil, dapat dibawa (portable) dengan harga murah.



Gambar 12-17. GPS portable sederhana



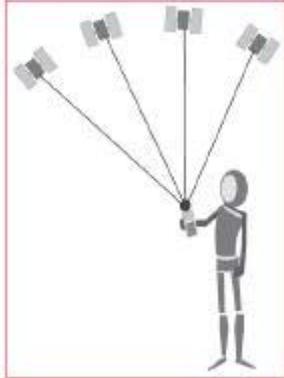
Gambar 12-18 Penentuan posisi dengan 3 satelit

Semua posisi GPS didasarkan pada pengukuran satelit ke penerima GPS di bumi. Jarak ini ke setiap satelit dapat ditentukan dengan penerima GPS. Ide dasarnya adalah prinsip yang digunakan pengukur tanah dalam bekerja setiap harinya. Jika anda tahu tiga buah titik relatif terhadap posisi anda, anda dapat

Masalahnya hanya menggunakan pseudorange dan lamanya waktu yang sampai pada penerima jarak dapat ditentukan. Jadi terdapat empat yang tidak diketahui untuk menentukan posisi

menentukan posisimu sendiri relatif terhadap tiga titik tersebut. Dari jarak ke satelit diketahui bahwa posisi penerima harus pada beberapa titik permukaan dari ruang imajiner yang merupakan asli bagi satelit. Dengan membuat perpotongan ke tiga titik ruang imajiner posisi penerima dapat ditentukan.

(X,Y, Z) dan waktu perjalanan sinyal. Pengamatan 4 satelit menghasilkan empat persamaan yang dapat diselesaikan, sehingga memungkinkan untuk ditentukan besarnya.



Gambar 12-19 Penentuan posisi dengan 4 satelit

### 12.2.3. Menghitung Jarak Satelit

Pada tingkat penghitungan jarak masing-masing satelit, menggunakan salah satu rumus Issac Newton yaitu tentang gerak. Dengan persamaan tersebut memungkinkan untuk menghitung jarak sebuah kereta api yang sedang berjalan jika tahu kecepatan perjalanan kereta api dan waktu yang digunakan pada kecepatan tersebut.

GPS memerlukan penerima untuk menghitung jarak dari penerima ke satelit. Kecepatan yang digunakan sama dengan kecepatan gelombang radio. Gelombang radio berjalan pada kecepatan cahaya 290 000 Km perdetik.

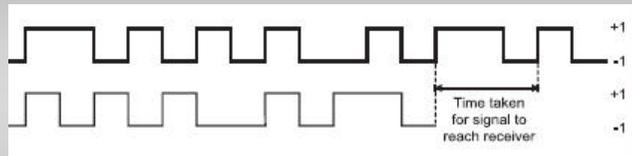
Waktu adalah waktu yang digunakan sinyal radio berjalan dari satelit ke penerima GPS. Ini sedikit lebih sulit untuk dihitung, karena harus diketahui kapan sinyal meninggalkan satelit dan kapan sinyal sampai dipenerima.

$$\text{Jarak} = \text{Kecepatan} \times \text{Waktu}$$

#### Penghitungan Waktu

Sinyal satelit Isyarat mempunyai dua kode, kode C/A dan kode P. Kode C/A didasarkan pada waktu pemberian clock atomic yang sangat akurat. Penerima juga mempunyai sinyal clock yang digunakan untuk membangkitkan kode C/A yang sesuai. GPS penerima mampu menyesuaikan atau mengkaitkan kode sinyal satelit yang datang untuk membangkitkan kode penerima.

sinyal penerima



sinyal satelit

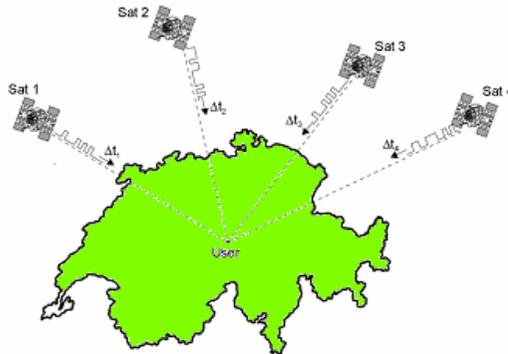
Gambar 12-20 Hubungan pulsa satelit dengan penerima

Kode C/A merupakan kode digital yang muncul secara acak. Dalam kenyataannya ini tidak acak, berulang seribu kali perdetik. Dengan cara ini waktu dihitung, diambil perjalanan sinyal dari satelit penerima GPS.

### 12.2.4. Perhitungan Posisi

Pada prinsipnya mengukur waktu perpindahan sinyal (evaluasi cakupan semu). Dalam penerima GPS penerima menentukan posisi

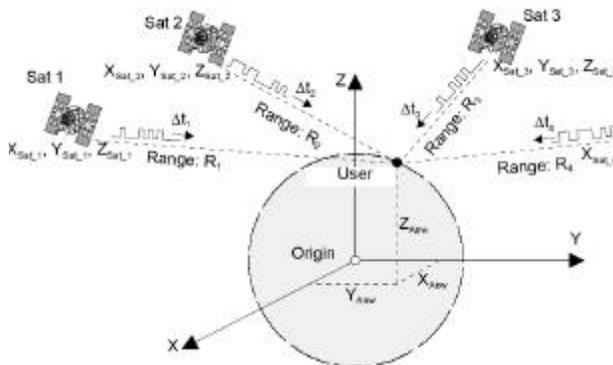
memiliki sinyal penerima dari empat satelit yang berbeda. (sal 1 sampai saluran 4) memungkinkan untuk menghitung  $\Delta t_1$  sampai  $\Delta t_4$



Gambar 12-21 Penentuan posisi dengan 4 satelit

Perhitungan dipengaruhi Cartesian koordinat tiga dimensi sistem dengan geometris asli. Cakupan dari pemakai empat satelit  $R_1, R_2, R_3$  dan  $R_4$  dapat ditentukan dengan bantuan waktu

pemindahan sinyal  $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$  dan  $\Delta t_4$  antara empat satelit dan pemakai. Lokasi  $X_{sat}, Y_{sat}$  dan  $Z_{sat}$  dari empat satelit yang diketahui pemakai dengan demikian koordinat dapat dihitung.



Gambar 12-22 Gambar perhitungan  $\Delta t$

$$\Delta t \text{ pengukuran} = \Delta t = \Delta t + \Delta t_0$$

$$PSR = \Delta t \text{ pengukuran} \cdot c = (\Delta t + \Delta t_0) \cdot c \quad (2a)$$

$$PSR = R + \Delta t_0 \cdot c \quad (3a)$$

R : cakupan satelit dengan pemakai yang sebenarnya  
 C : kecepatan cahaya  
 t : waktu perpindahan sinyal dari satelit pada pemakai  
 t<sub>0</sub> : perbedaan antara clock satelit dan clock pemakai.  
 PSR: cakupan semu. pseudo-range\_

Jarak R dari satelit ke pemakai dapat dihitung dalam sistem Cartesian sebagai berikut :

$$R = \sqrt{(X_{Sat} - X_{User})^2 + (Y_{Sat} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat} - Z_{User})^2}$$

$$PSR = \sqrt{(X_{Sat} - X_{User})^2 + (Y_{Sat} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat} - Z_{User})^2} + c \cdot \Delta t_0$$

Berikut ini valid untuk empat satelit (l = 1 sampai 4)

$$PSR_l = \sqrt{(X_{Sat_l} - X_{User})^2 + (Y_{Sat_l} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat_l} - Z_{User})^2} + c \cdot \Delta t_0$$

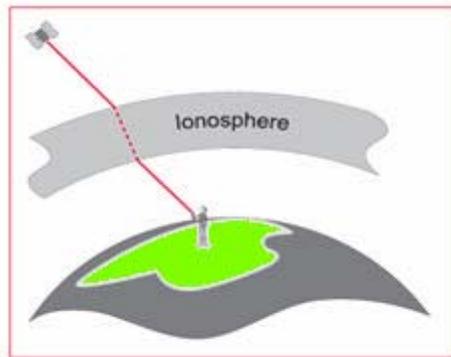
### 12.2.5. Sumber-sumber kesalahan

Dari awal telah diasumsikan bahwa posisi diturunkan dari GPS sangat akurat dan bebas dari kesalahan, tetapi ada beberapa sumber kesalahan penghitungan posisi GPS, yaitu pada waktu menurunkan persamaan teoritis dari beberapa meter sampai puluhan meter. Sumber kesalahan ini adalah :

1. Penundaan lapisan ionosphere dan atmosphere
2. Kesalahan satelit dan penerima
3. Multipath
4. Pelemahan dan ketelitian
5. Ketersediaan selektivitas (S)
6. Anti spoofing (A-S)

#### 12.2.5.1. Penundaan Inosphere dan Atmosphere

Sebagaimana sinyal yang dilewatkan melalui lapisan ionosfer, akan mengalami diperlambat, pengaruhnya seperti cahaya yang dibelokkan suatu kaca penghalang. Penundaan atmosfer ini menyebabkan kesalahan dalam penghitungan pada kecepatan sinyal (dalam ruang hampa kecepatan cahaya tetap). Ionosfer tidak menyebabkan konstanta penundaan pada sinyal. Terdapat beberapa factor yang mempengaruhi penundaan yang disebabkan oleh lapisan ionosfer.



Gambar 12-23 Rambatan gelombang dari lapisan ionosfer

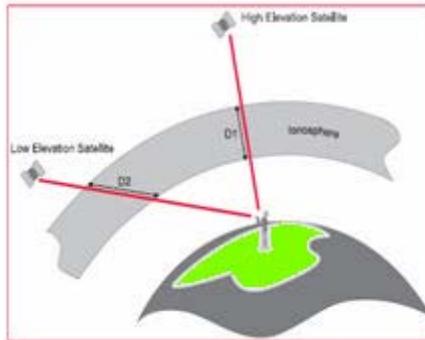
#### 12.2.5.2. Ketinggian Satelit

Sinyal dari elevasi satelit yang rendah akan lebih banyak dipengaruhi dari pada sinyal yang berasal dari elevasi satelit yang lebih tinggi. Hal kedua menambah jarak yang harus dilalui sinyal ke atmosphere. Kepadatan lapisan ionosfer dipengaruhi oleh matahari. Pada malam hari, pengaruh lapisan ionosfer ini sangat kecil dan sinyal turun perlahan. Jumlah kepadatan ionosfer meningkat bervariasi sesuai dengan siklus penyinaran

(aktivitas matahari). Puncak aktivitas matahari hampir setiap 11 tahun. Pada saat penulisan puncak yang berikutnya (penyinaran maksimum) terjadi sekitar tahun 2000. Sebagai tambahan nyala api matahari terjadi secara acak dan juga mempunyai pengaruh pada kesalahan lapisan ionosfer. Kesalahan lapisan ionosfer dapat dikurangi dengan menggunakan satu dari dua metoda :

- Metode pertama melibatkan pengambilan rerata pengaruh pengurangan kecepatan cahaya yang disebabkan oleh lapisan ionosfer. Faktor koreksi ini kemudian diaplikasikan dalam perhitungan. Oleh karena itu,

diambil harga rerata dan sebelumnya pengambilan rerata ini tidak dilakukan semua sesuai waktunya. Oleh karena itu metode bukan solusi yang optimum untuk mengurangi kesalahan.



Gambar 12-24 GPS dengan fekuensi ganda

• Metode kedua melibatkan pemakaian frekuensi ganda pada penerima GPS. Pengukuran penerima yang demikian frekuensi L1 dan L2 dari sinyal GPS. Diketahui bahwa bila sinyal radio berjalan melalui lapisan ionosfer kecepatan turun perlahan berbanding terbalik terhadap frekuensi. Oleh karena itu waktu datang kedua sinyal untuk

mendapatkan nilai penundaan. Ini hanya dimungkinkan pada penerima GPS dengan frekuensi ganda. Kebanyakan penerima dibangun untuk navigasi frekuensi tunggal.

Uap air jugamempengaruhi sinyal GPS. Uap air dalam lapisan atmosfer dapat juga mempengaruhi hasil posisi, penurunan diperkecil oleh pemakaian model atmosferik.

#### 12.2.5.3. Kesalahan clock Satelit dan Penerima

Sungguhpun clock dalam satelit akurat (sekitar 3 ns), kadang mengalami sedikit hanyutan dan menyebabkan sedikit kesalahan, mempengaruhi ketelitian posisi. Departmen Pertahanan Amerika

memonitor clock satelit menggunakan segmen kontrol dan hanyutan yang ditemukan dibetulkan.

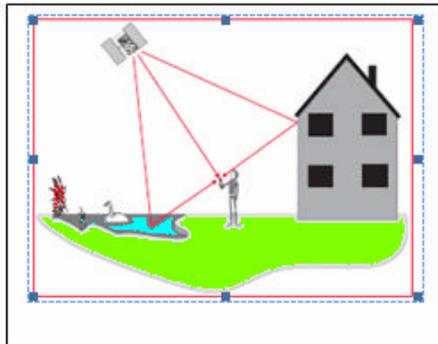
#### 12.2.5.4. Kesalahan Multipath

Multipath terjadi bila posisi antenna penerima pada posisi terbuka pada permukaan refleksi yang sangat besar seperti danau atau bangunan. Sinyal satelit tidak berjalan langsung ke antenna namun membentur dahulu obyek yang ada didekatnya dan direfleksikan ke dalam antenna

menyebabkan kesalahan pengukuran. Multipath dapat dikurangi dengan menggunakan. Antenna GPS khusus yang menyertakan ground plane (lingkaran piringan metalik) dengan diameter sekitar 50 cm, mencegah terjadinya penurunan sinyal yang mencapai antenna.



Gambar 12-25 Antena cincin



Gambar 12-26 Terjadinya

Untuk mencapai ketelitian tertinggi, solusi yang lebih disukai adalah menggunakan antena cincin. Cincin antenna memiliki 4 atau 5 cincin yang mengelilingi antena sebagai perangkat

sinyal langsung. Multipath hanya berpengaruh pada ketelitian pengukuran. Ambil alih Navigasi penerima sederhana jangan diterapkan teknik yang demikian.

### 12.2.5.5. Pengurangan Ketelitian

Pengurangan ketelitian (Dilutio Of Precision/DOP) adalah mengukur kekuatan geometri satelit dan dikaitkan dengan jarak dan posisi satelit di angkasa. DOP dapat

memperbesar pengaruh kesalahan satelit. Secara prinsip dapat diilustrasikan dengan baik melalui diagram :



Ruang satelit baik ketidak-pastian posisi rendah

Ruang satelit dengan kurang baik ketidak-pastian posisi tinggi

Gambar 12-27 Pengukuran DOP

Cakupan satelit dipengaruhi oleh cakupan kesalahan yang telah diuraikan sebelumnya. Bila satelit

dalam ruang yang baik posisi dapat ditentukan sebagaimana area yang dinaungi ditunjukkan

dalam gambar 12-27a. dan kemungkinan kesalahan garis tepi kecil. Bila satelit terbuka area yang dinaungi ukurannya bertambah, menambah ketidakpastian posisi. Perbedaan jenis DOP dapat dihitung tergantung pada

dimensinya. Ketelitian pengukuran tergantung perbandingan nilai DOP. Ini berarti jika nilai DOP lipat dua kali kesalahan penentuan posisi bertambah dengan kelipatan dua.

**VDOP** . Vertikal Dilution of Precision.

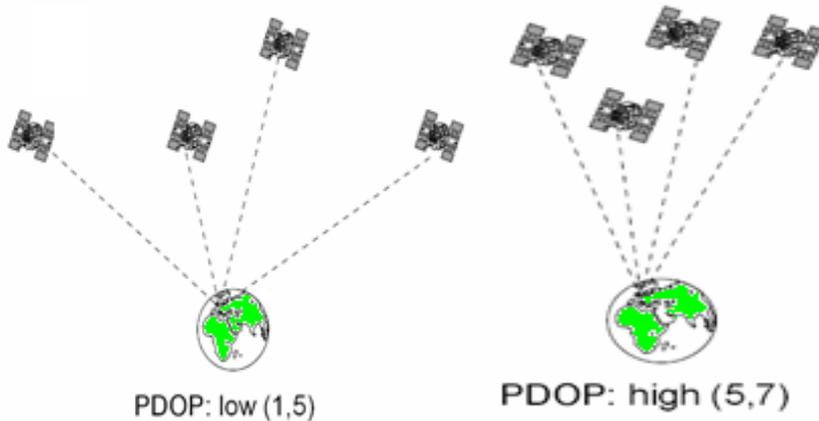
Memberikan penurunan ketelitian dalam arah vertikal.

**HDOP** . Horizontal Dilution of Precision.

Memberikan penurunan ketelitian dalam arah horizontal.

**PDOP** . Positional Dilution of Precision.

Memberikan penurunan ketelitian posisi tiga dimensi .



Gambar12-28 Satelit geometri PDOP

PDOP dapat diinterpretasikan sebagai harga timbal balik suatu tetrahedron yang dibentuk oleh posisi satelit dan pemakai sebagaimana ditunjukkan pada gambar 12-28. Situasi geometri terbaik terjadi bila volume maksimum dan PDOP pada harga minimum. PDOP berperan penting

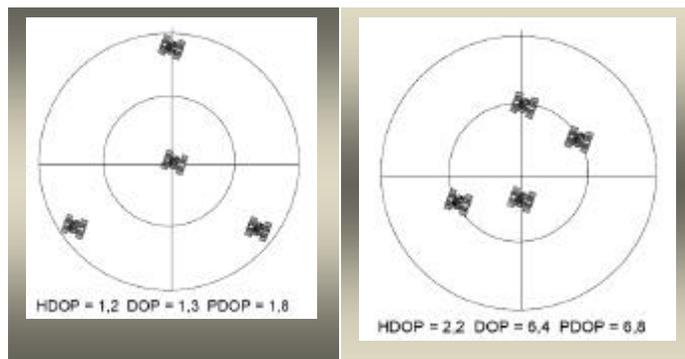
dalam perencanaan pengukuran proyek selama awal tahun GPS seperti penyebaran yang terbatas, frekuensi yang dihasilkan, bila peta bintang satelit secara geometris kurang baik. Penyebaran satelit sekarang ini sangat bagus nilai PDOP dan GDOP jarang kurang dari tiga.

**GDOP** (Geometric Dilution of Precision), ketelitian dalam tiga dimensi posisi dan waktu mengalami penurunan. **GDOP** yang sangat berguna untuk

diketahui adalah GDOP karena merupakan kombinasi dari semua factor. Beberapa penerima melakukan kalkulasi PDOP atau HDOP yang menyertakan

komponen waktu. Cara terbaik dari langkah meminimalkan pengaruh GDOP adalah mengobservasi beberapa satelit yang mungkin. Oleh karena itu perlu diingat bahwa sinyal yang berasal dari elevasi satelit yang rendah pada umumnya tingkat dipengaruhi sumber-sumber kesalahan keketinggian. Sebagaimana pemandu pada umumnya bila mengukur tanah menggunakan GPS terbaik untuk pengamatan satelit 15 derajat diatas horizon. Posisi sangat akurat pada umumnya akan diperhitungkan bila GDOP rendah (biasanya kurang dari 8). Oleh karena itu tidak diperlukan

pengukuran pesawat yang didasarkan pada harga PDOP atau tingkat ketelitian evaluasi yang dapat dicapai sebagai hasil harga PDOP yang berbeda dapat muncul setelah lewat beberapa menit. Dalam kasus aplikasi kinetic dan proses kecepatan rekaman situasi geometris kurang baik karena secara alami pendek umurnya, Oleh karena itu berkaitan dengan nilai-nilai PDOP meliputi evaluasi criteria pada saat dihasilkan nilai PDOP kritis dapat ditunjukkan dengan semua perencanaan dan evaluasi program yang disediakan oleh peralatan pabrikan yang telah ada (gambar 12-29).



Gambar 12-29 Pengaruh Gugusan bintang pada nilai PDOP

Tabel 12-1 Faktor-faktor dan besar kesalahan

No	Penyebab kesalahan	Besar kesalahan	No	Penyebab kesalahan	Besar kesalahan
1.	Pengaruh lapisan ionosfer	4 m	6.	Multipath	1,4 m
2.	Clock satelit	2,1 m		RMS tak terfilter	5,3 m
3.	Pengukuran penerima	0,5 m	8.	Nilai RMS terfilter	5,1 m
4.	Data empiris	2,1 m	9.	*Kesalahan vertikal	12,8 m
5.	Pengaruh lapisan troposfer	0,7 m	10.	**Kesalahan horisontal	20,4 m

•Kesalahan vertikal (2 sigma 95,53% VDOP = 2,5

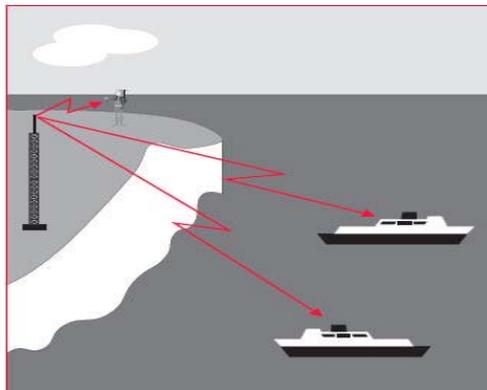
\*\* Kesalahan horisontal (2 sigma 95,53% VDOP = 2)

### 12.3. Differensial GPS (DGPS)

#### 12.3.1 Koreksi Perbedaan Posisi (Differentially Corrected Positions DGPS)

Beberapa kesalahan mempengaruhi cakupan pengukuran satelit sepenuhnya dapat dihilangkan atau paling sedikit dikecilkan dengan menggunakan teknik pengukuran yang berbeda. DGPS

memungkinkan digunakan warga sipil untuk menambah ketelitian posisi dari 100 m sampai 2-3 meter atau kurang, sehingga lebih berguna untuk aplikasi warga sipil kebanyakan.



Gambar 12-30.  
Koreksi perbedaan posisi

Pengaruh lapisan ionosfer secara langsung dipertanggungjawabkan untuk data yang tidak akurat dalam DGPS digunakan teknik

yang dapat mengkompensasi kesalahan. Kompensasi dilakukan dalam tiga tahap yaitu :

1. Menentukan koreksi nilai pada stasiun referensi
2. Penyiaran nilai koreksi dari stasiun referensi ke GPS pemakai.
3. Koreksi cakupan pengukuran semu dengan GPS pemakai.

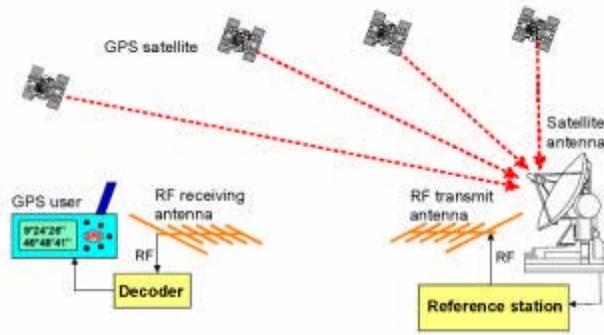
#### Menentukan Nilai Koreksi

Stasiun referensi yang koordinatnya diketahui dari hasil pengukuran teliti, sebagai basis untuk mengukur waktu perpindahan sinyal ke GPS yang dapat dilihat satelit Gambar 12-32 dan menentukan range semu dari variabel ini (harga sebenarnya). Karena posisi dari stasiun

referensi diketahui teliti dimungkinkan menghitung jarak sebenarnya (nilai sasaran) pada setiap satelit GPS. Perbedaan antara harga sebenarnya dan cakupan semu dapat dipastikan dengan pengurangan sederhana dan akan memberikan nilai koreksi (perbedaan harga sebenarnya dan

sasaran). Nilai koreksi berbeda untuk setiap satelit GPS dan akan dipertahankan baik untuk setiap

GPS pemakai dalam radius beberapa ratus sampai kilometer.

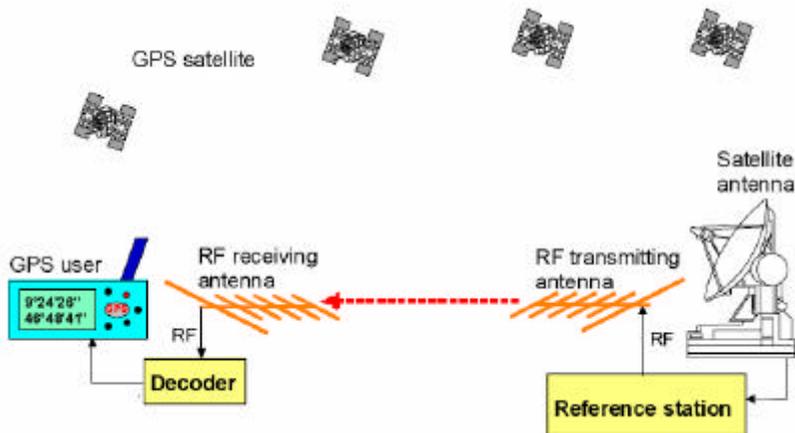


Gambar 12-31. Hubungan stasiun acuan dalam pengukuran

### 12.3.2. Penyiaran Nilai Koreksi

Sebagai nilai koreksi dapat digunakan dalam area yang luas untuk koreksi cakupan semu yang diukur, kemudian dipancarkan

tanpa penundaan melalui media yang tepat (pemancar, telepon dan sebagainya) ke pemakai GPS yang lain.



Gambar 12-32 Pengukuran nilai koreksi cakupan luas

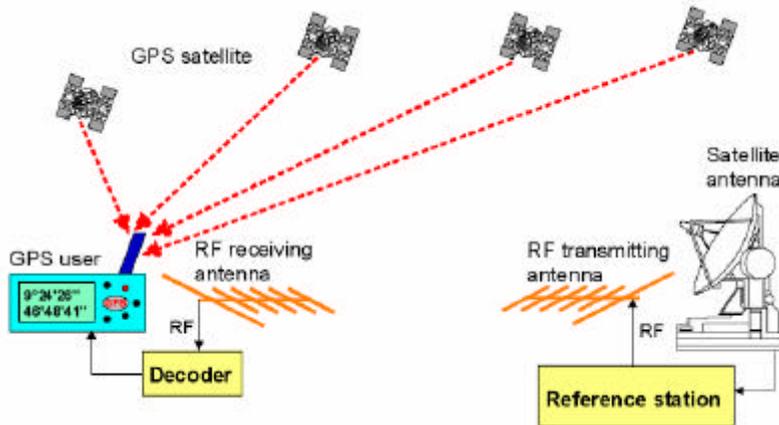
### 12.3.3. Koreksi pengukuran cakupan semu

Setelah menerima nilai koreksi GPS pemakai dapat menentukan jarak yang sebenarnya dengan

menggunakan cakupan semu yang telah diukur. Posisi pemakai sebenarnya sekarang dapat

dihitung dari jarak sebenarnya. Semua penyebab kesalahan dapat

dieliminasi dengan perkecualian noise dari penerima dan multipath.



Gambar 12-33 Pengukuran nilai koreksi cakupan semua

#### 12.3.4. Penerima Acuan

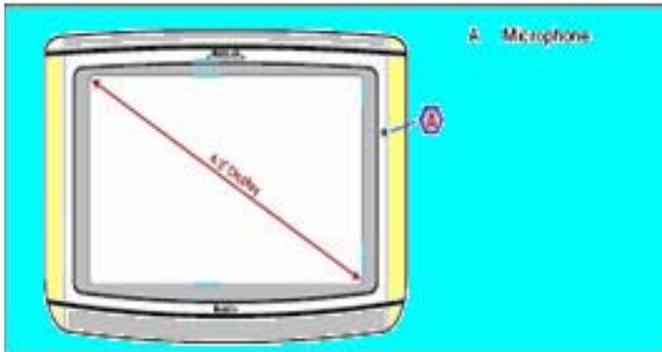
Antena penerima acuan adalah bagian yang menjulang pada titik sebelum diukur yang dikenal sebagai koordinat. Penerima diatur pada titik yang dikenal sebagai referensi penerima atau stasiun basis. Penerima disaklar on dan mulai melakukan pelacakan satelit. Posisi pemakai dapat dihitung dengan teknik yang telah diuraikan sebelumnya. Karena jika titik ini diketahui, referensi penerima dapat diramal sangat akurat, apakah mampu mencakup variasi satelit. Referensi penerima dapat mengalami perbedaan cakupan nilai antara yang dihitung dan diukur. Perbedaan ini dikenal sebagai koreksi, referensi penerima biasanya diletakkan pada mata rantai data radio yang digunakan untuk memancarkan nilai koreksi. Piranti lain telepon mobile dapat juga digunakan

untuk transmisi data. Sebagai tambahan pada sistem Beacon, juga ada menyediakan pemenuhan luasan tanah yang besar dioperasikan dengan komersial, perusahaan milik pribadi. Juga terdapat pengajuan untuk pemerintah pemilik sistem yang demikian ini seperti FAA (Federasi Aviation Authority) satelit didasarkan Wide Area Augmentation Sistem (WAAS) yaitu sistem tambahan area di Amerika, European Space Agency.s (ESA) sistem dan sistem yang diajukan pemerintah Jepang. Terdapat persamaan standar format yang digunakan untuk penyiaran data GPS, yang dinamakan format RTCM. Ini mewakili komisi pengawas radio untuk pelayanan miritim, merupakan organisasi sponsor suatu industry non profit. Format

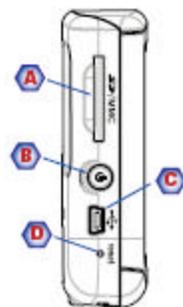
ini digunakan bersama-sama di seluruh dunia.

#### 12.4. Petunjuk Pengoperasi GPS Maestro 4050

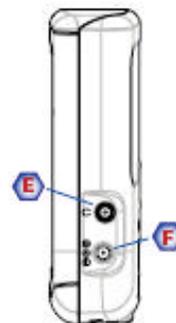
GPS Maestro 4050 merupakan salah satu produk yang menyediakan sinyal dari satelit untuk perhitungan dan lokasi menentukan detail lokasi perjalanannya yang akurat.



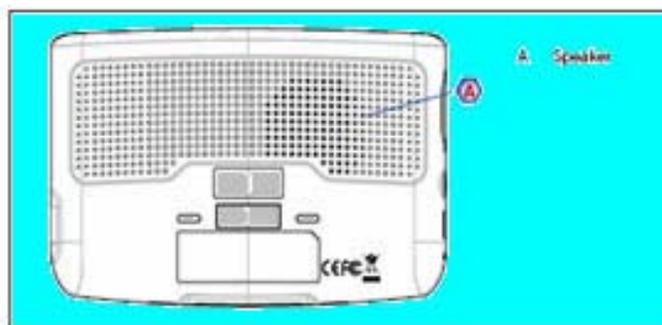
Pandangan depan



- A** SD / MMC card slot
- B** Saklar daya On / Off
- C** Konektor untuk USB
- D** Tombol reset
- E** Jack headphone
- F** Masukan daya dari adaptor atau power adaptor AC (+ 5VDC/2A)



Pandangan samping



Pandangan belakang

Gambar 12-34. GPS Maestro 4050 Berbagai Sudut Pandang

## 12.4.1. Instalasi GPS

### 12.4.1.1. Pemilihan Lokasi Penempatan GPS

GPS ditempatkan pada tempat dimana ini dapat secara mudah dilihat dan tidak menghalangi pandangan ke jalan anda. GPS dapat ditonjolkan dengan menggunakan antenna (dilokasikan dibagian atas penerima), mempunyai bebas pandang ke langit melalui windshield.

Pilih apakah akan ditonjolkan dengan menggunakan tonjolan

windshield atau direkatkan pada *dashboard* . Gunakan perekat yang licin permukaannya , GPS bisa ditempatkan pada dashboard. Yakinkan bahwa pengawatan GPS tidak mengganggu pemakaian *airbag*. Jangan lupa agar menempel kuat bersihkan dengan alcohol pada windshield atau dashboard yang dipilih sebagai tempat meletakkan GPS sebelum direkatkan.



Magellan

[www.cnettv.com/9742-1\\_53-22920.html](http://www.cnettv.com/9742-1_53-22920.html)

Gambar 12-35 Pemasangan GPS

### 12.4.1.2. Gunakan piringan perekat

Pindahkan pita pelindung yang ada di belakang piringan perekat. Gunakan piringan dengan merekatkan pada arah sisi dashboard. Tekan piringan sampai sekitar 5 menit supaya menempel kuat pada tempatnya. Biarkan selama 24 jam sebelum dilanjutkan.

### 12.4.1.3. Tempatkan puncak yang dapat diatur

Sejajarkan pada bagian atas yang dapat diatur dengan lubang pada belakang ayunan. Pada waktu mengatur ayunan, tekan ayunan dan penerima turun sampai terkunci pada tempatnya.

#### **12.4.1.4. Penempatan pada windshield atau piringan perekat**

Yakinkan bahwa pengungkit yang ada didasar tonjolan yang dapat diatur menghadap ke atas. Tempatkan dasar tonjolan melekat kuat pada windshield atau piringan perekat. Tekan pengungkit pada bagian dasar tonjolan dengan cara diturunkan sampai terkunci ditempatnya. Bagian yang menonjol diatur supaya GPS mendapatkan pandangan optimum.



Gambar 12-36. Pemasangan Piringan Perekat

#### **12.4.1.5. Menghubungkan Sumber Daya**

Ujung plug adaptor 12 VDC masukkan dalam lubang adapter GPS seperti ditunjukkan dalam gambar berikut.



Gambar 12-37 Pemasangan Baterai

### **12.4.2. Pengoperasian Dasar**

#### **12.4.2.1. Mengaktifkan GPS**

1. Tekan dan pertahanakan tombol On / Off
2. Baca peringatan dan ketukan ok.

#### **12.4.2.2. Mematikan GPS**

Tekan dan pertahankan tombol On/Off selama 1-2 detik

#### **12.4.2.3. Pemilihan Waktu Mematikan Dengan Auto-Power**

GPS Maestro 4050 dapat diatur mati secara otomatis dengan menggunakan waktu durasi yang dapat dipilih. Dengan langkah-langkah di bawah ini.

1. Ambil Main Menu
2. Ketuk arah panah berikutnya pada Main Menu halaman 2
3. Ketuk pilihan pengguna
4. Ketuk pengesetan system
5. Ketuk power
6. Pilih Auto-poer waktu off, 10 menit, 20 menit atau 30 menit.
7. Ketuk save
8. Ketuk panah kembali ke Main Menu

#### **12.4.2.4. Pengontrolan Volume**

Terdapat dua cara untuk mengakses control volume, satu dengan mengetuk icon

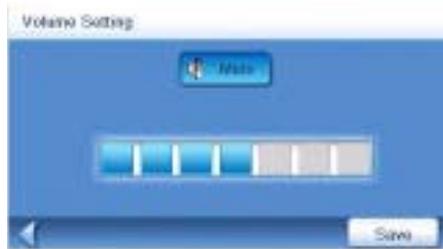
speaker dan yang lain melalui pilihan pengguna.

Mengubah volume dari layar pemetaan

1. Ketuk icon speaker 
2. Ketuk pada tombol mute untuk volume bisu atau ketuk didalam volume atur

bar . Tombol mute untuk mengubah tingkat volume yang diinginkan.

3. Ketuk save 



Gambar 12-38.  
Pengaturan volume

#### 12.4.2.5. Mengatur tingkat kecerahan

Akses control brightness dengan langkah –langkah berikut ini.

1. Akses pada Main menu
2. Ketuk tanda anak panah untuk mengakses main menu halaman 2
3. Ketuk pilihan pengguna
4. Ketuk Sistem Seting
5. Ketuk brightness
6. Ketuk bagian dalam brightness atur bar untuk memperoleh tingkat kecerahan gambar yang diinginkan
7. Ketuk save.



Gambar 12-39.  
Pengaturan tingkat kecerahan gambar

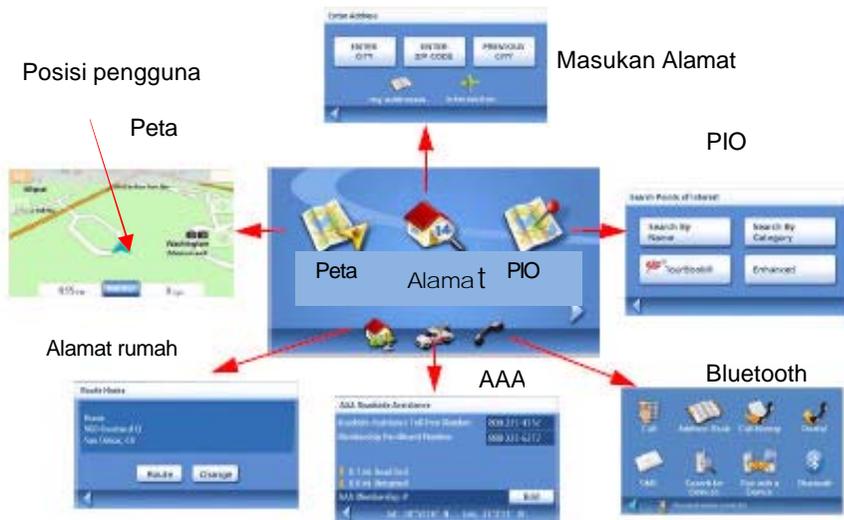
#### 12.4.3. Menu Utama

Layar menu utama merupakan senter dari semua fungsi yang disediakan untuk GPS Maestro 4050. Menu utama terdiri dari dua halaman besar, dengan icon yang mudah diakses.

##### 12.4.3.1. Akses Menu utama

1. Dari layar peta ketuk tombol menu 
2. Dari layar lain, ketuk tombol kembali 

## Menu Utama Halaman 1



Gambar 12-40. Menu halaman 1

Dalam menu utama terdapat beberapa pilihan yang dapat dipilih pengguna sesuai dengan kebutuhan.

### 12.4.3.2. Penunjukkan Peta

Memperagakan peta dengan menunjukkan posisi pengguna saat menggunakan GPS (jika perhitungan posisi dari sinyal GPS) ditunjukkan dengan segitiga biru.

alamat ini dimasukkan pada saat pertama kali memasuki kota, zip kode atau dengan memilih kota dari daftar kota yang telah digunakan sebagai tujuan. Juga memberikan akses pada buku alamat atau membuat rute persimpangan.

### 12.4.3.3. Akses Alamat

Memperagakan menu alamat yang dapat diakses. Alamat -

### 12.4.4. Point Of Interest (POI)

Memperagakan menu pencarian Point Of Interest. Pencarian POI dengan memasukkan nama atau dengan memilih dari daftar katagori yang disediakan. POI yang telah dibuat dan diinstal dengan menggunakan perangkat lunak manager POI ( dalam bentuk CD) dapat diakses dari menu ini.

#### 12.4.4.1.Home

Jika telah dibuat alamat rumah, tekan tombol Home untuk secara cepat mengakses rute perjalanan pulang. Jika alamat rumah tidak dibuat, promp peraga juga mengerjakan ini

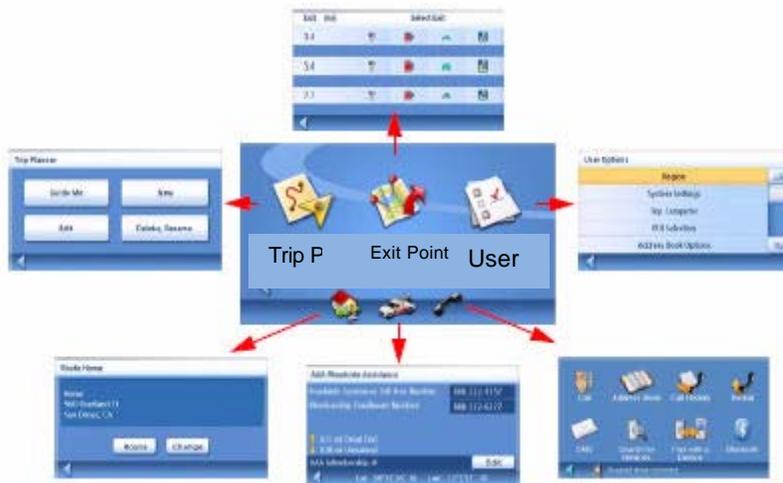
Menu Utama Halaman 2

#### 12.4.4.2. Bantuan Pinggir Jalan AA

Layar peraga bantuan pinggir jalan AAA.

#### 12.4.4.3. Bluetooth

Peraga layar utama bluetooth



Gambar 12-41. Menu halaman 2

#### 12.4.5. Perencana Perjalanan (Trip Planner)

Membuka menu Trip Planner dimana perjalanan akan dilakukan, ubah nama atau mengaktifkan perjalanan.

##### 12.4.5.1. Keluar POI

Sediakan daftar restoran, tempat pengisian bahan bakar, bengkel perbaikan mobil atau hotel yang ada didekat gerbang keluar jalan tol. Dapat dipilih salah satu POI yang telah ditunjukkan dan buat rute perjalanan.

##### 12.4.5.2. Pilihan Pengguna

Akses menu pilihan pengguna. Menu ini dapat digunakan untuk mengakses fungsi yang digunakan untuk pelanggan GPS Maestro pada kebutuhan personal.

### 12.4.5.3. Home

Jika alamat rumah telah diisikan, tekan tombol home untuk segera mengakses rute perjalanan pulang. Jika alamat rumah belum dituliskan promp diperaga juga mengerjakannya.

### 12.4.5.4. Bantuan Pinggir Jalan AAA

Layar peraga bantuan pinggir jalan AAA.

### 12.4.5.5. Bluetooth

Layar peraga menu utama bluetooth.

### 12.4.5.6. Keypad

Memahami keypad merupakan bagian penting dalam penggunaan GPS Maestro. Keypad merupakan alat untuk memasukkan data kedalam GPS Maestro seperti kunci fitur *Quick Spell*. Memasukkan data dengan cepat dan mudah.



Gambar 12-42. keypad

Kunci-kunci Spesial



keypad untuk huruf



Keypad huruf



Keypad simbol



Spacebar



Backspace



Cancel



Diterima

### 12.4.5.7. Layar Pemetaan

Pada kebanyakan penggunaan layar digunakan menjadi layar pemetaan. Apakah pada rute atau kota sekitar perjalanan dapat diperagakan dalam normal atau perjalanan. Dalam mode normal,

posisi ditunjukkan pada peta sepanjang waktu dan kecepatan perjalanan. Sebagaimana perjalanan posisi akan selalu diperbaharui, ditunjukkan dalam gambar yang jelas dari posisi dan yang melingkupi perjalanan.



Gambar 12-43. Layar Peta Mode Normal

#### Keterangan

- A** Nama jalan pada saat GPS aktif digunakan
  - B** Indikator arah. Ketuk layar pandangan lokasi sekarang dimana pengguna dapat menyimpan posisi ke dalam buku alamat.
  - C** Memperbesar
  - D** Icon POI  
**Catatan :** Jika terdapat beberapa POI untuk pengisian bahan bakar, daftar POI yang akan diperagakan. Ketuk nama dalam daftar akses fungsi pembuatan rute perjalanan.
  - E** Icon posisi sekarang
  - F** Waktu dan hari perjalanan
  - G** Tombol menu utama. Ketuk peraga menu utama
  - I** Kontrol volume. Tekan layar peraga volume dimana kenyaringan dapat diatur atau tanpa suara.
  - J** Memperkecil
  - K** Satusatelit. Keempat bar hijau optimal. Tekan status layar peraga GPS.
- Dalam mode perjalanan informasi tambahan diperagakan untuk memberikan detail informasi tentang rute yang dipilih.



Gambar 12-44. Layar Peta Mode Perjalanan

- A** Nama jalan pada saat GPS diaktifkan dalam perjalanan
- B** Indikator arah. Ketuk layar pandangan lokasi sekarang dimana pengguna dapat menyimpan posisi ke dalam buku alamat.
- C** Perbesar
- D** Icon POI  
**Catatan :** Jika terdapat beberapa POI untuk pengisian bahan bakar, daftar POI yang akan diperagakan. Ketuk nama dalam daftar akses fungsi pembuatan rute perjalanan.
- E** Icon posisi sekarang
- F** Icon Manuever berikutnya. Ketuk pada icon layar peraga *Maneuver list*
- G** Jarak ke manuever berikutnya. Ulangi ketuk suara komanda terakhir
- H** Tombol menu utama. Ketuk layar menu utama. Catatan : layar menu utama berbeda bila rute diaktifkan.
- I** Ketuk pelat antara jarak sisa mencapai tujuan dan hasilnya mendekati seberapa jauh yang masih harus ditempuh untuk encapai tujuan.
- J** Nama jalan berikutnya
- K** Menunjukkan grafik perjalanan
- L** Kontrol volume. Tekan layar peraga volume dimana kenyariangan dapat diatur atau tanpa suara.
- M** Perkecil
- N** Satus satelit. Keempat bar hijau optimal. Tekan status layar peraga GP

#### 12.4.5.8. Rute Perjalanan

##### Layar Peta

Pada saat rute telah dibuat dihitung dan diperagakan pada layar peta dalam warna hijau dengan panah biru menunjukkan arah perjalanan. Bagian puncak

layar diperagakan nama jalan yang dilalui. Bagian bawah memberikan informasi tentang manuever berikutnya jika diperlukan.



Gambar 12-45. Layar Peta Menunjukkan Perjalanan

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa manuever berikutnya akan bergabung 0,1 mil pada CA-57 S. jarak total ke tujuan 3,4 mil.

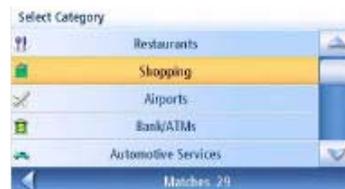
#### 12.4.6. Prosedur Point Of Interest (POI)

GPS Maestro mempunyai POI yang dapat digunakan sebagai tujuan perjalanan. Pemilihan restoran atau menemukan ATM terdekat. POI dikategorikan kedalam katagori yang unik dari tempat pengisian bahan bakar sampai kilang anggur. Namun

tidak semua katagori dikategorikan lebih lanjut ke dalam sub katagori. Restoran memiliki 54 sub katagori yang memberikan cara untuk mencari restoran makanan China, atau makanan cepat saji dan makanan Swiss.

##### 12.4.6.1. Membuat Rute POI dengan Katagori

1. Dari menu utama, ketuk icon POI
2. Pilih katagori dengan menggunakan scroll bar lihat
3. katagori dan ketuk pada nama katagori yang diinginkan.



Gambar 12-45. Daftar katagori

4. Jika sub katagori diperagakan, gunakan scroll bar untuk melihat sub katagori dan ketuk pada nama sub katagori yang diinginkan. Pilih semua sub katagori jika kamu tak yakin sub katagori pilihan terbaik sesuai dengan kebutuhanmu.



Gambar 12-46. Daftar subkatagori belanja

5. Cari criteria terdekat dari posisi saat itu. Kota terdekat (membutuhkan masukan nama kota) atau alamat terdekat (membutuhkan masukan alamat).
6. Bagian teratas peraga menunjukkan detail informasi penting dalam daftar POI. Arah anak panah dan jarak menunjukkan arah dan jarak dalam garis langsung dari posisi saat itu ke POI. Dengan menggunakan tombol sebelum dan sesudah untuk dijalankan naik dan turun daftar POI. Ketuk pada POI untuk kelanjutannya.
7. Pilih rute dan ketuk pada tombol perhitungan rute warna oranye untuk memulai.



Gambar 12-47.  
Perbelanjaan terdekat dengan posisi saat itu

#### 12.4.7. Prosedur Perencana Perjalanan (Trip Planner)

Trip planner digunakan untuk membuat rute dengan tujuan ganda. Dalam dokumen ini rute dengan tujuan ganda direferensikan sebagai perjalanan. Prosedur perencanaan perjalanan dengan langkah-langkah di bawah ini.

1. Buka menu utama halaman 2, ketuk trip planner 
1. Pilih *New* dari menu trip planner
2. Gunakan keypad untuk memasuki nama perjalanan ini.
3. Ketuk ok
4. Mulailah dengan menambahkan daftar tujuan dalam perjalanan. Ketuk *Add*
5. Pilih metode yang digunakan untuk dapatkan icon tujuan kemudian masukan alamat. Buku alamat, POI atau persimpangan. Ikuti instruksi untuk metoda yang dipilih untuk memilih tujuan.



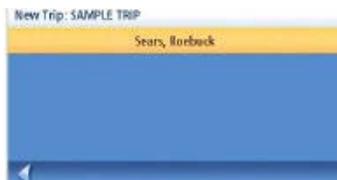
Gambar 12-48. Masukan nama perjalanan



Gambar 12-49. Tampilan Add

6. Bila tujuan telah ditetapkan tambahkan alamat untuk

- diperagakan pada layar trip . Ketuk save.
7. Daftar tujuan perjalanan untuk diperagakan
  8. Ketuk pada nama tujuan untuk diisikan di menu.
  9. Ulangi langkah 5 melalui 9 sampai perjalanan lengkap dengan semua tujuan yang diinginkan.



Gambar 12-51. Pengaturan Tujuan

12. Ketuk save



Gambar 12-50 Tampilan save



Gambar 12-52. Ketuk Sears buka menu

**Tujuan :**

1. Mengenalkan macam-macam alat kedokteran yang berkaitan dengan teknik elektronika
2. Mengenalkan prinsip kerja peralatan kedokteran.
3. Mengenalkan perbandingan peralatan kedokteran.

**13.1.1. MRI (*Magnetik Resonance Imaging*)**

MRI ialah gambaran potongan badan yang diambil dengan menggunakan daya magnet yang kuat mengelilingi anggota tubuh. Berbeda dengan *CT scan*, MRI tidak memberikan rasa sakit karena radiasi yang disebabkan penggunaan sinar-X dalam proses

**Pokok Bahasan**

Dalam peralatan kedokteran berkaitan dengan teknik elektronika dapat diklasifikasi ke dalam 4 pokok bahasan yaitu :

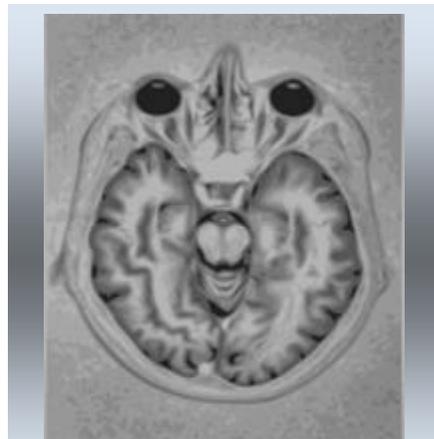
1. MRI peralatan kedokteran menggunakan prinsip pemanfaatan medan magnet
2. CT Scan peralatan kedokteran menggunakan prinsip pemanfaatan sinar X
3. Ultrasonography peralatan kedokteran menggunakan prinsip pemanfaatan gelombang suara ultrasonik.
4. NMR atau Scanner PET peralatan kedokteran menggunakan prinsip pemanfaatan sifat pembelahan inti.

Pembahasan meliputi prinsip dasar kerja alat, hasil yang dicapai, pemanfaatan dan tingkat bahaya pemakaian bagi manusia.

Magnetik Resonance maging (MRI) merupakan suatu kaidah untuk menghasilkan gambar organ dalam organisme hidup dan juga untuk menemukan jumlah kandungan air dalam struktur geologi. Biasa digunakan untuk menggambarkan secara patologi atau perubahan fisiologi otot hidup

Pertama sekali, putaran inti atom molekul otot disejajarkan dengan menggunakan medan magnet yang berkekuatan tinggi. Kemudian dikenai frekuensi radio pada tingkat menengah, dimaksudkan agar garis medan magnet inti hidrogen bertukar arah. Selepas itu, frekuensi radio akan dimatikan menyebabkan inti berganti pada konfigurasi awal. Ketika ini terjadi tenaga frekuensi radio dibebaskan yang dapat ditemukan oleh *gegelung* yang mengelilingi orang yang sakit.

Sinyal ini dicatat dan data yang dihasilkan diproses dengan komputer untuk menghasilkan gambar otak. Dengan ini, ciri-ciri anatomi yang jelas dapat dihasilkan. Pada penggunaan untuk pengobatan, MRI digunakan guna membedakan otot patologi seperti *tumor* otak dibandingkan otot normal. Teknik ini bergantung kepada ciri hidrogen yang dirangsang menggunakan magnet dalam air.



Gambar13-1 Hasil scan otak MRI

Contoh bahan ditunjukkan pada tenaga radio frekuensi, dengan kehadiran medan magnet, membuat inti dalam keadaan bertenaga tinggi. Ketika molekul kembali turun ke keadaan normal, tenaga akan dilepaskan ke sekitarnya, melalui proses yang dikenal sebagai relaksasi. Penggunaan istilah nuklir dihindari untuk menghindari kebingungan yang tak beralasan disebabkan kebingungan yang timbul dengan kaitan antara perkataan "nuklir" dengan teknologi yang digunakan dalam senjata nuklir dan resiko bahan radioaktif. Salah satu kelebihan MRI, menurut pengetahuan pengobatan masa kini, tidak berbahaya pada orang yang sakit. Dibandingkan dengan CT scan "computed axial tomography" yang menggunakan aksial tomografi berkomputer dengan dosis radiasi mengion.

MRI hanya menggunakan medan magnet kuat dan radiasi tidak mengion dalam jalur frekuensi radio.

Bagaimanapun, perlu diketahui bahwa orang sakit dengan benda asing logam seperti implant terbenam (pacemaker) tidak boleh discan dengan mesin MRI, disebabkan penggunaan medan magnet yang kuat.

Satu lagi kelebihan scan MRI kualitas gambar yang diperoleh resolusi lebih baik dibandingkan CT scan. Terlebih lagi untuk scan otak dan tulang belakang walaupun kadangkala CT scan lebih berguna untuk cacat tulang. Pada tanggal 3 bulan July di tahun 1977, untuk pertama kalinya MRI diujikan pada manusia.

Gambaran atau tentang imaging standard masa kini, yang sungguh buruk. Dr. Raymond Damadian, seorang dokter dan ilmuwan, bersama dengan para rekan kerja Dr. Larry Minkoff Dan Dr. Michael Goldsmith, tanpa lelah selama tujuh tahun memperjuangkan untuk menjangkau titik ini. Mereka memberikan nama asli mesin ini **Indomitabel** untuk menangkap tentang perjuangan mereka, banyak orang katakan adalah hal yang mustahil untuk dikerjakan. Akhirnya pada tahun 1982, untuk pertama kali MRI alat scanner dikenalkan di Amerika, sampai sekarang ribuan MRI telah digunakan. MRI merupakan teknologi yang sangat rumit yang tidak dapat dengan mudah dipahami setiap orang. Dalam pembahasan ini, akan dipelajari tentang bagaimana menghebohkannya mesin ini. Pada saat MRI bekerja, apa yang terjadi pada tubuh anda sementara anda berada dalam mesin?, apa yang dapat kita lihat dengan MRI dan mengapa anda harus tetap bertahan diam selama pengujian? semua pertanyaan dan mungkin masih banyak pertanyaan lain akan terjawab disini.

#### 13.1.1.1. Scan MRI

Perancangan MRI, kebanyakan berupa tabung raksasa. Tabung dalam sistem berukuran sekitar tinggi 7 kaki, lebar 7 kaki dan panjang 10 kaki (2mX2mX3m), meskipun model baru telah banyak bermunculan.

Terdapat tabung horizontal yang dijalankan dengan magnet di depan maupun di belakangnya. Tabung ini diketahui mengandung magnet. Pasien, berbaring punggung ditempatkan pada meja khusus. Pertama kali masuk kepala pasien, seberapa banyak magnet yang digunakan ditentukan oleh jenis ujian yang akan dilakukan. Ukuran dan bentuk MRI scanner, untuk model lebih baru dibagian sisi lebih terbuka tetapi disain pada dasarnya sama. Setelah dipastikan bagian tubuh yang akan di scan berada pada senter atau isocenter dari medan magnet, scan baru dapat dimulai.



Gambar 13-2 Mesin MRI

### 13.1.1.2. Konstruksi Mesin MRI

Konstruksi mesin MRI dari tahun ke tahun telah banyak mengalami peningkatan. Ada dua faktor yang mempengaruhi pengembangan perancangan MRI : (1) keinginan untuk meningkatkan kualitas penggambaran dan (2) Keinginan membuat scanner sedikit lebih membatasi pasien. Di bawah ini sebagian inovasi perancangan memperkenalkan scanner MRI yang mengurangi claustrophobic dan memungkinkan pasien lebih bebas selagi discan. Gambar 13-3 menunjukkan scanner MRI pada umumnya dimana pasien hampir dimasukkan dalam tabung scanner. Gambar 13-4 menunjukkan para perancang memendekkan terowongan. Disain terowongan

pendek mengurangi claustrophobic (trauma terhadap ruang sempit dan gelap) pasien. Desain ini mudah pembatasan perasaan, namun masih membatasi kemampuan pasien untuk menyusun tugas. Scanner berdiri seperti yang ditunjukkan pada gambar 13-5 lebih menyenangkan bagi pasien, memungkinkan penggambaran dalam perilaku normal dan tegas dalam menyeimbangkan kondisi. Scanner diturunkan disekitar pasien, yang duduk pada tempat duduk yang bisa di atur. Akhirnya gambar 13-6 menunjukkan scanner MRI yang memungkinkan untuk cakupan yang lebih besar pasien lebih tenang, perasaan lebih terbatas.



**Gambar 13-3:** MRI panjang terbuka tipikal



**Figure 13-4** Scanner MRI sebanding antara panjang dan pendeknya



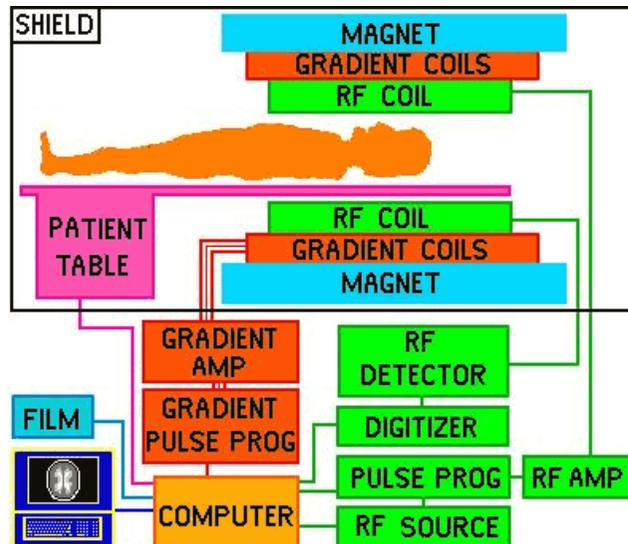
**Figure 3-5:** Scanner MRI berdiri .



**Figure 13-6:** Scanner MRI terbuka

Meskipun perancangan bervariasi, elemen dasar dari scanner MRI tetap banyak kesamaan. Scanner terdiri dari magnet besar (biru) yang menciptakan medan magnet utama. Kuat magnet dalam sistem MRI diukur dalam satuan kepadatan fluksi magnet yang dinamakan tesla. Satu tesla adalah gaya magnetik yang mencukupi untuk menginduksi 1 volt listrik dalam rangkaian kumparan tunggal selama waktu satu detik untuk setiap meter persegi, 1 tesla ekuivalen dengan 10 000 gauss, pengukuran gaya magnet lain didefinisikan sebagai satu garis dari gaya persentimeter kuadrat waktu perdetik. Kuat arus magnet bervariasi dari 0,5 tesla sampai 2 tesla. Oleh karena itu peneliti mengembangkan scanner MRI 3 tesla dalam waktu 90 detik menjadi lebih biasa. Untuk mendapatkan

angka perspektif tersebut, medan magnet bumi sekitar 5 gauss sampai 0,000005 tesla. Ditambahkan magnet, juga kumparan gradient (merah). Kumparan gradient ini merupakan kumparan elektro magnetik yang teknisi gunakan untuk memasuki medan magnet utama pada titik yang sangat akurat dan untuk waktu pengontrolan yang sangat teliti. Kumparan gradient dapat diubah seperti pada pengaturan mesin jenis materi tubuh yang digambar. Akhirnya scanner MRI juga menyertakan kumparan frekuensi radio yang dapat mengirim difokuskan pulsa frekuensi radio ke dalam kamar scanner. Teknisi dapat mengubah kumpran frekuensi radio untuk mengatur materi dan bagian tubuh.



Used with permission. J. Hornak, [The Basics of MRI](#), (c) 2004.  
Gambar 13-7 Blok diagram rangkaian MRI



Gambar 13-8 Ruang pengendali pengoperasian MRI

Sehubungan dengan energi pulsa gelombang radio, scanner MRI dapat memilih titik yang sangat kecil pada tubuh pasien dan menanyakannya, terutama macam jaringannya. Titik mungkin berupa kubus yang berukuran  $\frac{1}{2}$  mili meter pada setiap sisinya. Sistem MRI berjalan melalui

MRI memberikan suatu pandangan tak ada bandingnya di dalam tubuh. Tingkat detail yang dapat dilihat adalah luar biasa dibandingkan dengan kemampuan menggambarkan dengan alat lain. MRI merupakan metoda pilihan untuk mendiagnosa tentang jenis luka-luka kebanyakan dan kondisi, karena kemampuannya yang tak masuk akal untuk menguji khususnya masalah kedokteran yang banyak dipertanyakan. Dengan menguji parameter, sistem MRI dapat menampilkan jaringan tubuh secara berbeda. Ini sangat

setiap titik tubuh pasien dari titik ke titik untuk membangun pemetaan jenis jaringan 2 atau 3 dimensi. Titik-titik ini kemudian dipadukan, semua informasi secara besama-sama membuat model gambar 2 atau 3 dimensi.

membantu para ahli radiologi (yang membaca MRI) dalam menentukan sesuatu yang nampak normal namun sesungguhnya tidak. Akan diketahui kapan dikerjakan jaringan A normal yang nampak seperti B jika tidak kemungkinan merupakan suatu kelainan. MRI juga dapat menggambarkan aliran darah dalam hampir semua bagian badan. Ini memungkinkan membuat suatu pengamatan sistem arteri dalam tubuh, tanpa jaringan di sekitarnya. Dalam banyak kasus, sistem MRI dapat mengerjakan tanpa suntikan kontras, seperti yang diperlukan dalam radiologi vascular.

### 13.1.1.3. Resonansi Magnetik

Untuk mengetahui bagaimana cara kerja MRI dimulai dengan memfokuskan pada magnetik dalam MRI. Komponen terbesar dan terpenting dalam sistem MRI adalah magnet. Magnet dalam sistem MRI rata-rata menggunakan satuan pengukuran sebagaimana yang telah diketahui yaitu tesla. Satuan lain

dari pengukuran yang biasa digunakan dengan magnet adalah gauss (1 tesla = 10 000 gauss). Magnet yang sekarang digunakan dalam MRI dalam cakupan 0,5 tesla sampai 2 tesla, atau 5000 sampai 20000 gauss. Medan magnet lebih besar dari 2 tesla tidak akan disetujui untuk penggunaan dalam imaging kedokteran, meskipun magnet lebih kuat di atas 60 tesla banyak digunakan dalam penelitian, Dibandingkan dengan kuat medan magnet bumi 0,5 tesla, dapat dilihat bagaimana tidak masuk akal nya kuat medan tersebut.

Angka-Angka seperti itu membantu pemahaman intelektual dari kuat magnet, namun contoh setiap hari juga sangat membantu. MRI keberadaannya dapat membahayakan jika tindakan pencegahan tegas tidak diamati. Obyek logam dapat menjadi proyektil berbahaya, jika berada dalam ruang scan. Sebagai contoh logam tersebut antara lain jepitan kertas, pena, kunci, gunting, hemostats, stetoskop dan object kecil lain dapat dikeluarkan dari saku dan badan tanpa harus diperingatkan, pada saat mana keadaan magnet terbuka (pasien telah ditempatkan) pada kecepatan yang sangat tinggi, menjadi ancaman untuk semua orang di dalam ruang. Kartu kredit, kartu bank dan kartu semacamitu yang lain dengan sandi magnet akan dihapus oleh sistem MRI.

Gaya magnet yang berada pada suatu obyek akan bertambah secara



Gambar 13-9 Scan MRI tangan patah

Photo courtesy [NASA](#)

Scan MRI dengan jelas menunjukkan fragmen pergelangan tangan manusia yang rusak /patah.

ekponensiil adanya magnet isekitarnya. Bayangkan kedudukan 15 kaki ( 4.6 m) jauhnya dari magnet dengan kunci pipa besar ditangan akan merasa adanya sedikit tarikan. Dengan langkah semakin dekat tarikan akan dirasa semakin kuat. Bila kamu berdiri di dalam 3 kaki ( 1 meter) dari magnet, kunci mungkin akan ditarik dari genggaman. Semakin banyak obyek, menjadi lebih berbahaya, karena gaya tarik magnet sangat kuat. Kain pel, ember, penghisap debu, tangki oksigen, usungan pasien, monitor jantung dan tak terbilang obyek lain telah ditarik ke dalam medan magnet mesin MRI. Obyek terbesar yang pernah ditarik ke dalam magnet adalah dongkrak kasur jerami isi (gambar 13-10 di bawah). Sedangkan obyek yang lebih kecil bisa bebas dari manit dengan dipegang tangan.



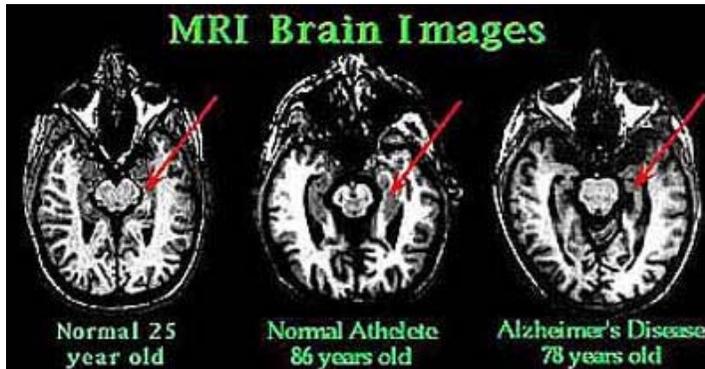
Gambar 13-10 Tampak dalam gambar dongkrak kasur jerami terisi dihisap ke dalam sistem MRI

#### 13.1.1.4. Keselamatan MRI

Terutama bagi pasien atau anggota staff pendukung dalam ruang scan, secara menyeluruh dideteksi penggunaan logam. Pada pembahasan ini hanya tentang obyek eksternal. Bagaimanapun seringkali pasien memiliki implant di dalam tubuh yang membuatnya sangat berbahaya jika berada dalam medan magnet yang kuat. Fragmen metalik dalam mata sangat berbahaya karena gerakan pada fragmen dapat menyebabkan mata dalam bahaya atau kebutaan. Seorang dengan pacemaker (alat pemicu jantung) tidak dapat discan atau berada di dekat scanner karena magnet dapat menyebabkan *pacemaker* malfungsi. Aneurysm clips dalam otak dapat berbahaya sebab magnet dapat memindahkannya, menyebabkan

setiap arteri yang akan diperbaiki tercabik. Beberapa dental implant magnetik, orthopedic implant, kemungkinan terbuat dari bahan feromagnetik namun tidak bermasalah karena ditempelkan pada tulang dengan kuat.

Bahkan metal staples dalam bagian tubuh baik kuat, kemungkinan ini berada dalam tubuh pasien untuk beberapa minggu (biasanya 6 minggu), jaringan parut yang dibentuk cukup kuat menahannya. Setiap ditemui pasien dengan implant metalik di dalam tubuh, ditanyakan untuk meyakinkan bahwa mereka aman discan. Beberapa pasien dikembalikan karena itu terlalu membahayakan. Bila ini terjadi, biasanya dipilih metode imaging yang dapat membantunya secara aman.



Gambar 13-11 Foto perbandingan gambar otak kiri laki-laki atletik muda (25<sup>th</sup>), tengah (86<sup>th</sup>) dan umur (76<sup>th</sup>) mempunyai penyakit Alzheimer's semua digambar dalam tingkat yang sama (Photo courtesy [NASA](#))

Tidak ada resiko secara biologi pada manusia yang dikenai medan magnet kuat, yang digunakan untuk imaging kedokteran saat ini. Banyak fasilitas image yang tidak disediakan untuk wanita hamil. Ini adalah fakta bahwa belum banyak dilakukan riset biologi tentang pengaruh perkembangan janin. Pada trisemester pertama dalam kehamilan sangat kritis karena pada saat itu, divisi dan

reproduksi selular berkembang sangat cepat. Dalam pengambilan keputusan ya atau tidaknya untuk meneliti seorang pasien hamil, dibuat kasus per kasus didasarkan pada konsultasi antara radiologi MRI dan dokter kandungan. Keuntungan dari tindakan scan harus dibandingkan dengan risiko, oleh karena itu sedikit dilakukan terhadap janin dan ibu.

#### 13.1.1.5. Magnet MRI

Ada tiga tipe dasar magnet yang digunakan dalam sistem MRI : Magnet resistip terdiri dari lilitan kawat terbungkus yang mengelilingi silinder yang dilewati arus. Arus menyebabkan timbulnya medan magnet. Jika arus dihentikan medan magnet akan hilang. Konstruksi magnet ini biaya lebih murah daripada magnet dengan super konduktor, untuk mengoperasikan diperlukan daya listrik yang besar (50 KW) karena

resistansi alami dari kawat. Untuk mengoperasikan jenis magnet di atas sekitar 0,3 tesla mahalnya biaya akan menjadi penghalang. Medan magnet akan selalu ada dan selalu dalam keadaan kekuatan penuh sehingga tidak membutuhkan biaya pemeliharaan medan. Kelemahan utama adalah bahwa magnet ini sangat berat sulit untuk mengkonstruksi. Magnet permanen menjadi lebih kecil, masih terbatas pada kuat medan yang rendah.



Gambar 13-12 menunjukkan pertumbuhan tumor dalam otak wanita dilihat dari irisan lateral. (Photo courtesy [NASA](#))

### 13.1.1.3. Magnet super konduktor

Magnet super konduktor sejauh ini paling banyak digunakan. Magnet super konduktor sedikit banyak merupakan magnet resistif berupa kumparan kawat yang dialiri arus listrik sehingga menimbulkan medan magnet. Perbedaan penting bahwa kawat secara kontinu dimandikan dalam helium cair pada suhu  $452,4^{\circ}$  di bawah nol. Bila berada didalam mesin MRI, akan dikelilingi oleh suatu unsur yang dingin. Namun jangan khawatir, ini diisolasi dengan suatu ruang hampa suatu cara yang serupa untuk digunakan dalam tabung hampa. Ini hampir tidak bisa digambarkan, dingin menyebabkan resistansi kawat menjadi nol, mengurangi kebutuhan listrik sehingga sistem bekerja lebih ekonomis. Sistem super konduktif masih sangat mahal, namun dapat dengan mudah membangkitkan medan 0,5 tesla sampai 2 tesla, dengan imaging berkualitas tinggi.

### 13.1.1.6. Magnet MRI Tambahar.

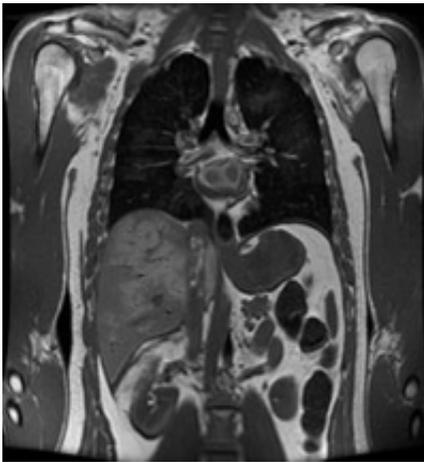
Magnet membuat sistem MRI berat, namun mereka mendapat pencerahan dengan setiap hadirnya generasi baru. Misal penggantian MRI yang sudah 8 tahun digunakan 17000 lb (7 711 kg) dengan MRI baru yang mempunyai berat hanya ekitar 9700 lb (4,400 kg). Magnet baru juga lebih pendek 4 kaki (panjang sekitar 6 kaki atau 1,8 m) dari pada yang dimiliki sebelumnya. Ini sangat penting untuk pasien **claustrophobic**. Sistem yang ada tidak mampu menangani orang yang beratnya lebih dari 295 pound (134 kg). Sistem yang baru akan mampu mengakomodasi pasien diatas 400

pound (181 kg). Sistem menjadikan pasien lebih ramah pada pasien. Keseragaman atau homogenitas, kuat medan dan stabilitas magnet tidak masuk akal merupakan hal yang kritis untuk mendapatkan image kualitas tinggi. Magnet seperti yang diuraikan di atas medan ini memungkinkan.

Jenis magnet yang lain ditemukan dalam setiap sistem MRI yang dinamakan gradient magnet. Terdapat tiga gradient magnet didalam mesin MRI. Magnet ini mempunyai kuat medan yang sangat rendah bila dibandingkan dengan medan magnet tetap, kuat medan dalam cakupan dari 180

gauss sampai 270 gauss atau 18 sampai 27 militesla. Fungsi dari gradient magnet akan menjadi jelas untuk pembahasan berikutnya. Magnet utama membenamkan pasien dalam medan magnet yang stabil dan sangat keras, gradient magnet membuat medan dapat divariasi. Pelengkap sistem MRI

terdiri dari sistem komputer yang sangat kuat, beberapa peralatan yang memungkinkan untuk memancarkan pulsa gelombang radio ke dalam tubuh pasien sementara pasien berada dalam scanner dan banyak lagi komponen sekunder.



Gambar 13-13 Organ dalam digambar dengan MRI (Photo courtesy [NASA](#))

### 13.1.2. Mesin MRI

Mesin MRI menerapkan pulsa frekuensi tinggi yang khusus untuk hydrogen. Sistem mengarahkan pulsa mengarah pada area tubuh yang akan diuji. Pulsa menyebabkan proton yang berada di area pengujian menyerap energi yang diperlukan untuk membuatnya berputar dalam arah yang berbeda. Ini merupakan resonansi bagian dari MRI.

Pulsa frekuensi tinggi memperdaya (hanya satu atau dua proton ekstra yang tidak sesuai permilyar) untuk berputar pada frekuensi tertentu dalam arah tertentu pula. Frekuensi resonansi spesifik dinamakan frekuensi Larmour, dihitung berdasarkan jaringan yang akan diambil gambarnya dan kuat medan magnet utama.

Pulsa frekuensi tinggi biasanya diberikan melalui kumparan. Mesin MRI mengandung dengan banyak kumparan yang berbeda dirancang untuk bagian tubuh yang berbeda lutut, bahu, pergelangan tangan, pengujian

kepala, leher dan seterusnya. Kumparan ini biasanya menyesuaikan diri pada bagian badan yang akan diambil gambarnya atau sedikitnya berada di dekatnya sepanjang

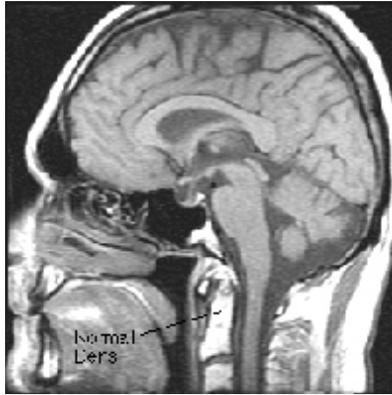


Photo courtesy [NASA](#)  
gambar 13-14 Perbandingan CAT scan, dan MRI cenderung lebih detail dan kontras



Gambar 13-15 Scan MRI menunjukkan tubuh bagian atas dilihat dari samping sehingga tulang tulang belakang kelihatan jelas (Photo courtesy [NASA](#))

Maknanya adalah dapat mengambil secara pasti area yang ingin diambil gambarnya. Dalam MRI diberi istilah mengiris. Bisa dibayangkan suatu roti tawar diiris setipis irisan beberapa millimeter, dalam MRI sangat teliti.

Kita dapat mengiris beberapa bagian dari tubuh dalam banyak arah, untuk mendapatkan keuntungan besar mengalahkan cara penggambaran yang lain. Ini juga berarti bahwa anda tidak harus berpindah mesin untuk mengambil gambar dari arah yang berbeda, mesin dapat memanipulasi semua dengan gradien magnet.

Pada saat yang hampir bersamaan, ketiga magnet gradient Ketiga

### 13.1.2.1. MRI Image

Kebanyakan imaging menggunakan cara menyuntikkan contrast atau celupan untuk prosedur tertentu. Kontras MRI bekerja dengan mengubah medan magnet lokal dalam jaringan yang

magnet disusun sedemikian rupa di dalam magnet utama, bila di onkan dan dioffkan secara sangat cepat dengan caranya yang spesifik, mengubah medan magnet utama pada suatu tingkat yang sangat lokal. Bila pulsa frekuensi tinggi di offkan, proton hydrogen mulai lambat kembali ke natural alignment dalam medan magnet dan melepaskan muatan energi yang disimpan. Pada saat ini dikerjakan, akan menghentikan sinyal yang diambil kumparan dan mengirim ke sistem komputer. Apa yang diterima sistem secara matematika data diubah menggunakan transformasi Fourier, ke dalam gambar yang dapat disimpan dalam bentuk film. Inilah bagian imaging dari MRI.

diuji. Jaringan normal dan tidak normal akan direspon secara berbeda pada sedikit alterasi sehingga memberikan sinyal yang berbeda. Sinyal divariasikan ditransfer ke dalam bentuk gambar, memungkinkan dari jaringan tak

normal divisualisasi dalam banyak jenis yang berbeda dan memproses

penyakit lebih baik dari pada yang dapat diperoleh tanpa kontras.

### 13.1.2.2. Keuntungan MRI

Mengapa dokter menyarankan menggunakan pemeriksaan MRI. Karena hanya cara itu yang lebih baik untuk melihat bagian dalam tubuh dari pada memotong dan membuka tubuh.

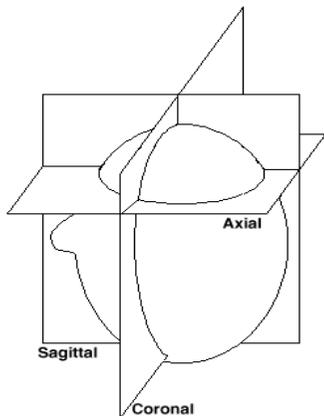
MRI ideal digunakan untuk :

- Mendiagnosa berbagai sklerosa ( multiple sclerosis / MS)
- Mendiagnosa tumor kelenjar putuiri dan otak
- Mendiagnosa infeksi dalam otak, tulang belakang atau sambungan
- Memvisualisasi ikatan sendi yang koyak di pergelangan tangan, lutut dan mata kaki.
- Memvisualisasi bahu yang luka-luka
- Mendiagnosa tendonitis
- Mengevaluasi tumor tulang, bisul dan cakram hernia atau bengkak dalam tulang belakang
- Mendiagnosa stroke pada tingkat awal.

### 13.1.2.3. Alasan melakukan scan MRI

Faktanya bahwa sistem MRI tidak menggunakan ionisasi radiasi adalah suatu kenyamanan bagi banyak pasien, sebagaimana kenyataan bahwa bahan kontras MRI mempunyai efek samping yang sangat rendah. Keuntungan MRI yang utama adalah kemampuannya memberikan gambaran dalam wahana manapun. CT dibatasi pada satu wahana, wahana yang di sekitar sumbu analogi dengan irisan roti tawar. Sistem MRI dapat membuat sumbu gambar sebaik gambar dalam wahana sagittal

(irisasi menurut sisi panjang) dan coronally (dibayangkan seperti lapisan suatu kue lapis) atau pergeseran pasien beberapa derajat (tanpa pasien harus berpindah). Jika pernah disisnari dengan sinar X, anda akan tahu setiap mengambil gambar yang berbeda, anda harus berpindah. Ketiga magnet gradient yang telah dibahas sebelumnya memungkinkan sistem MRI memilih dengan pasti dibagian tubuh mana perlu diambil gambarnya dan bagaimana orientasi pengirisan.



Gambar 13-16 Irisan Axial, coronal dan sagittal

#### 13.1.2.4. Kelemahan

Meskipun sistem scan MRI ideal untuk mendiagnosa dan mengevaluasi sejumlah kondisi an

- \* Terdapat banyak orang yang tidak aman discan dengan MRI (misalnya karena menggunakan alat pacu jantung) dan juga orang yang terlalu besar untuk discan.
- \* Terdapat banyak orang yang claustrophobic dan orang yang karena pengalaman sebelumnya, jika berada dalam mesin MRI merasa kebingungan.
- \* Mesin membuat kegaduhan selama scan, suara noise secara berkesinambungan. Pasien diberi headphone untuk meredam suara noise. Noise timbul karena adanya arus listrik dalam kawat magnet gradient yang berlawanan dengan medan magnet utama. Medan magnet utama lebih kuat menimbulkan gradient noise yang lebih keras.
- \* Scan MRI menghendaki pasien untuk bertahan diam selama pengujian. MRI dapat menguji dengan cakupan selama 20 menit

posisi, MRI juga memiliki kelemahan. Misalnya :

sampai 90 menit atau lebih. Bahkan dengan sedikit gerakan dari bagian tubuh yang di scan dapat menyebabkan kerusakan gambar dan harus diulangi.

- \* Perangkat keras ortopedi (sekrup, pelat dan sambungan tiruan) dalam area scan dapat menyebabkan kerusakan artifak (distorsi) pada gambar. Perangkat keras menyebabkan alterasi signifikan dalam medan magnet utama. Ingat keseragaman medan merupakan medan kritis untuk penggambaran yang baik.
- \* Sistem MRI, sangat mahal untuk membeli, dan oleh karena itu pengujian dengan MRI juga sangat mahal. Lebih banyak keuntungannya bila dibandingkan dengan kelemahannya sehingga kebanyakan pasien lebih cenderung pertimbangan keuntungan dari pada kelemahannya.

### **13.1.3. MRI Masa depan**

Perkembangan MRI nampaknya hanya dibatasi oleh imaginasi. Teknologi ini masih relative baru tersebar luas kurang dari 20 tahun bila dibandingkan dengan penggunaan sinar X yang sudah 100 tahun digunakan.

Dikembangkan scanner kecil untuk imaging bagian tubuh tertentu. Sebagai contoh, scanner kecil ditempatkan di lengan, lutut atau kaki sekarang ini digunakan di beberapa area. Kemampuan memvisualisasi sistem arteri dan pembuluh darah sedang

dikembangkan. Pemetaan fungsi otak (membaca sekilas otak seseorang selagi melakukan tugas fisik tertentu seperti penekanan suatu bola, atau melihat jenis gambar tertentu) membantu peneliti untuk mengetahui bagaimana otak bekerja dengan lebih baik. Diramalkan secara spekulatif untuk masa yang akan datang MRI yang terbaik, tetapi tidak ada keraguan bahwa ini akan menyenangkan dan menguntungkan dalam merawat pasien.

#### **13.1.3.1. Functional Magnetron Resonance Imaging (FMRI) Pengembangan MRI**

##### **13.1.3.1.1. Pengertian FMRI**

Functional Magnetik Resonance Imaging atau FMRI merupakan teknik penggambaran aktivasi otak dengan jenis yang berbeda dari sensai fisik (penglihatan, suara, sentuhan, taste, senyum) atau aktivitas demikian seperti penyelesaian masalah gerakan (dibatasi oleh mesin). Scan FMRI merupakan penambahan peralatan umum untuk pemetaan otak dalam ilmu kognitif

##### **13.1.3.1.2. Perbedaan Antara MRI dan FMRI**

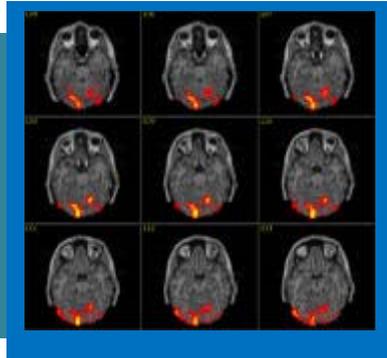
Scan FMRI menggunakan prinsip dasar yang sama dari atom fisika seperti mesin scan MRI, namun scan MRI gambar susunan anatomi sedang pada gambar FMRI fungsi metabolisme. Jadi

gambar scan yang dibuat MRI pada umumnya seperti gambar tiga dimensi susunan anatomi. Gambar yang dibuat oleh scan FMRI gambar dari aktivitas susunan anatomi metabolisme.



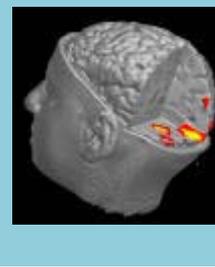
Gambar 13-17 MRI gambar kepala irisan tunggal

[http://www.aboutnuclear.org/view.cgi?FC=The\\_Atom](http://www.aboutnuclear.org/view.cgi?FC=The_Atom)



Gambar 13-18 Urutan temporal scan fMRI (irisan tunggal)

[http://www.fmrib.ox.ac.uk/fmri\\_intro/brief](http://www.fmrib.ox.ac.uk/fmri_intro/brief)



Gambar 13-19 aktivasi otak 3D

[http://www.aboutnuclear.org/view.cgi?FC=The\\_Atom](http://www.aboutnuclear.org/view.cgi?FC=The_Atom)

### 13.1.3.1.3. Tata cara pemeriksaan dan apa yang akan dialami pasien saat pemeriksaan MRI :

- Pasien berbaring telentang
  - Pasien berbaring telentang .
  - Meja MRI akan diatur oleh operator MRI .
  - Pasien akan mendengarkan suara seperti suara ketukan selama berjalanya pemeriksaan
  - Pada umumnya pemeriksaan MRI membutuhkan waktu sekitar 15 – 30 menit .
  - Setelah pemeriksaan selesai , pasien dapat melakukan aktifitas seperti biasa.
- Pemeriksaan MRI aman dilakukan karena tidak menggunakan sinar X atau bahan radioaktif , meskipun demikian ; wanita dengan kehamilan muda ( Trimester I ) tidak direkomendasikan untuk
- Pasien boleh didampingi oleh 1 orang pengantar .
  - Selama pemeriksaan pasien akan selalu dibawah pengawasan petugas MRI
  - Bila ada kondisi yang kurang nyaman , pasien dapat memberi tanda kepada petugas . pemeriksaan MRI. MRI tidak bisa dilakukan pada :
    - Pasien yang menggunakan pace maker .
    - Pasien yang menggunakan klip pembuluh darah dan bersifat ferromagnetis ( bahan yang tertarik oleh magnet ) .
    - Pasien dengan benda asing logam ( gram ) pada mata atau tempat lain .

### 13.2.1. Pengertian CT SCAN

Pada umumnya scanner computed tomography lebih dikenal dengan sebutan CT scan terdiri dari gantry, sistem sinar X, meja pasien dan komputer kerja. Gantry adalah

satuan kotak besar yang terbuka ditengahnya untuk dilalui pasien pada saat bergerak selama scan dilaksanakan. Gantry berisi sistem sinar X meliputi di dalamnya tabung

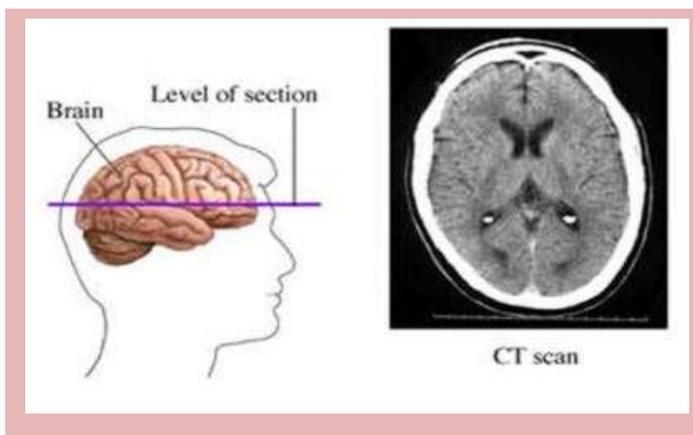
sinar X, detektor, rangkaian kolimator berkas sinar X dan pembangkit sinar X. Model CT scan lama generator sinar X terpisah dari Jenis computed tomography (CT), yang banyak lebih dikenal adalah Computed Axial Tomography (CAT) merupakan prosedur pemberian sinar x canggih tanpa rasa sakit. Berbagai gambar dapat diambil selama CT scan atau CAT scan dan sebuah komputer menyusun informasi menjadi irisan gambar CT scan dipandang pengujian aman. Sementara penggambaran CT meliputi sinar X, pada umumnya

gantry. Meja pasien dirancang untuk gerakan horisontal dan vertikal untuk mengakomodasi variasi posisi pasien selama scan dilaksanakan. melintang tentang jaringan lembut, tulang, dan pembuluh darah. CT scan mencapai gambar bagian tubuh yang tidak dapat dilihat dengan sinar X standar. Oleh karena itu scan ini sering menghasilkan diagnose awal dan perlakuan dari banyak penyakit lebih berhasil. diagnosa lebih menguntungkan dibanding resiko radiasi penyinaran sinar X.



Gambar 13-20 Posisi CT scan (Photo courtesy [Department of Defense](#))

Dalam CT scan , menggunakan kontras agen atau mungkin obat penenang. Sebuah kontras agen berupa unsur penting untuk organ atau jaringan selama pengujian dan seringkali direferensikan sebagai celupan. Terhadap keakuratan diagnose, pada umumnya lebih menguntungkan dibandingkan resiko berkaitan dengan potensi efek samping.



Gambar 13-21  
Scan irisan otak

CT scan telah dikembangkan sejak pertengahan tahun 1970. Sistem asli didesain untuk penggambaran kepala dan sangat lambat perlu berjam-jam untuk memperoleh gambaran untuk setiap irisan individu. Scanner model baru mengumpulkan sebanyak empat data irisan kurang dari 350 mikrodetik. Peningkatan kecepatan CT scan yang tinggi ini telah menambah kenyamanan pasien dan menghasilkan gambar resolusi tinggi. Waktu scan lebih cepat, waktu penyinaran sinar X berkurang memberikan kualitas gambar lebih baik pada tingkat sinar X yang rendah.

### 13.2.1.1. Penemuan Sinar X

Sebagaimana dengan banyak penemuan yang sangat besar bagi umat manusia, teknologi sinar X merupakan temuan sepenuhnya secara kebetulan. Di Jerman tahun 1895, ahli Fisika Wilhelm Roentgen membuat temuan percobaan dengan berkas elektron dalam pengosongan tabung gas. Roentgen mencatat bahwa ketika berkas elektron telah dipasang

layar dalam laboratorium mulai berpijar. Hal ini ditanggapi bukan dengan mengejutkan bahan berpijar secara normal mengalir dalam reaksi radiasi elektromagnetik, namun tabung Roentgen dikelilingi karton hitam yang berat. Menurut pendapat Roentgen telah mampu menghalangi radiasi.

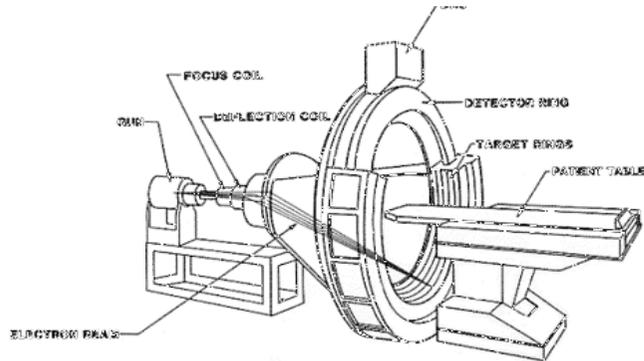
Kemudian Roentgen menempatkan obyek yang bervariasi antara tabung dan layar, layar masih bercahaya. Akhirnya ia meletakkan tangannya didepan tabung, dia melihat bayangan tulangnya diproyeksikan pada layar yang bercahaya. Segera sesudah menemukan sinar X, menemukan keuntungan aplikasi.



Gambar 13-22 Scan dada

Penemuan Roentgen luar biasa mempercepat salah satu dari kemajuan peralatan penting kedokteran dalam sejarah manusia. Teknologi sinar X membawa dokter dapat melihat demikian ini seperti paru-paru, pembuluh darah atau isi perut.

langsung melalui jaringan manusia untuk menguji patah tulang, rongga dan obyek yang tertelan. Prosedur sinar X dimodifikasi dapat digunakan untuk menguji jaringan yang lebih lunak yang



Gambar 13-23 Gambar tabung dasar CT scan

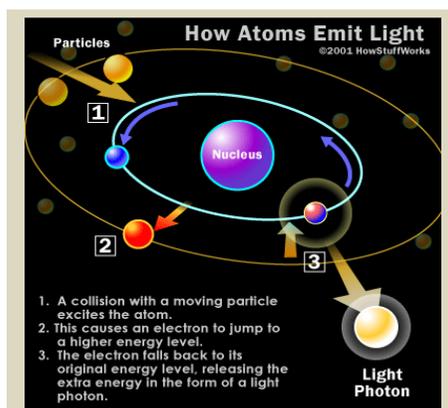
### 13.2.1.2. Pengertian Sinar X

Sinar X pada dasarnya sama seperti cahaya tampak. Keduanya mempunyai bentuk gelombang serupa membawa energi gelombang elektromagnetik dengan partikel yang disebut photon. Perbedaan antara sinar tampak dan sinar X adalah tingkat energi dari photon individualnya. Ini juga diekspresikan sebagai panjang gelombang cahaya.

Mata kita sensitip terhadap panjang gelombang tertentu dari cahaya tampak, namun tidak demikian untuk penjang gelombang yang lebih pendek dari energi sinar X gelombang yang lebih tinggi atau

panjang gelombang yang lebih panjang dari energi gelombang radio yang lebih rendah.

Photon cahaya tampak dan photon sinar X keduanya dihasilkan oleh perpindahan elektron dalam atom. Elektron-elektron menduduki level energi yang berbeda-beda, atau mengorbit, mengelilingi inti atom. Bila elektron turun pada orbit yang lebih rendah, maka perlu melepaskan energi, energi ekstra yang dilepaskan dalam bentuk photon. Tingkat energi photon tergantung seberapa jauh elektron turun dari tingkat orbit.



Gambar 13-24. Emisi cahaya atom

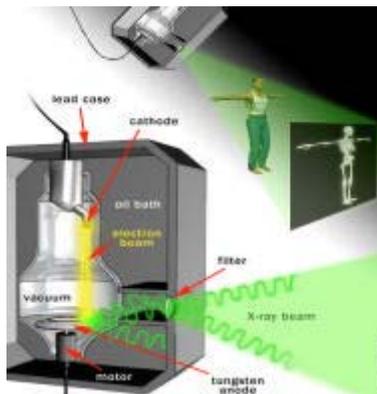


Gambar 13-25 Hasil CT scan otak

### 13.2.2. Mesin Sinar X

Jantung dari mesin sinar X adalah sepasang elektroda katoda dan anoda yang berada di dalam tabung gelas hampa. Katoda dengan filament dipanasi, seperti yang dijumpai pada lampu flouresen. Mesin melewati arus melalui filament yang memanasiya. Panas ini membebaskan elektron keluar

dari permukaan filament. Kutub positif yang bermuatan positif, berupa piringan datar terbuat dari tungsten, menarik elektron-elektron yang melintasi tabung dengan, suatu cakram datar terbuat dari tungsten, menarik elektron ke seberang tabung dengan kuat .



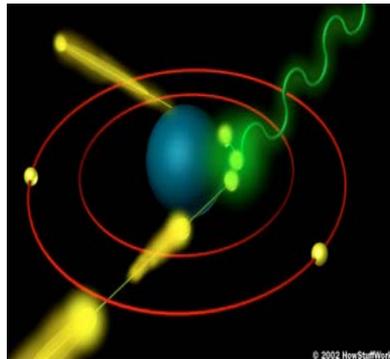
Gambar 13-26 Mesin sinar x

Ketika elektron melampaui batas kecepatan menabrak atom tungsten, benturan ini

menyebabkan elektron dalam suatu atom berpindah pada tingkat energi yang lebih rendah. Sebuah elektron

yang berada pada tingkat orbit lebih tinggi segera turun menuju tingkat energi yang lebih rendah, sehingga terjadi pelepasan energi ekstra dalam bentuk photon. Photon memiliki level energi yang tinggi kemungkinan merupakan sinar X photon. The Elektron bebas dapat

juga membangkitkan photon tanpa tumbukan atom. Seperti komet mengelilingi matahari elektron perlahan turun dan mengubah arah secepat atom. Ini " pengereman" tindakan menyebabkan elektron memancarkan tenaga dalam bentuk photon sinar X.



Gambar 13-27 Pancaran photon

Sebuah elektron bebas tertarik kepada inti atom tungsten. Ketika elektron dipercepat, inti berubah elektron kehilangan energi, energi yang dilepaskan sebagai photon sinar X. Dampak benturan tinggi memproduksi sinar X dan membangkitkan panas. Motor memutar anoda melindunginya dari meleleh (berkas elektron tidak selalu difokuskan pada area yang sama ). Juga terdapat minyak pendingin yang mengelilingi sistem menutupi juga menyerap panas yang timbul.

Keseluruhan mekanisme dikedung dengan perisai tebal. Untuk menjaga sinar X dari pelepasan ke semua arah. Jendela kecil dalam perisai mengeluarkan photon dalam berkas yang sempit. Berkas dilewatkan melalui serangkaian filter sebelum memasuki tubuh pasien.

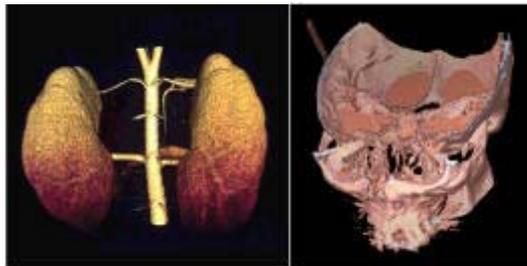
Sebuah kamera pada sisi lain dari tubuh pasien merekam pola sinar X yang dilewatkan melalui tubuh pasien. Kamera sinar X menggunakan teknologi film yang sama seperti kamera biasa, namun cahaya sinar X diatur pada saat reaksi kimia dapat mengganti cahaya tampak.

Pada umumnya dokter mempertahankan gambar film negative. Yaitu pada area yang diekspose berlebihan muncul cahaya gelap dan pada area yang diekspose kurang cahaya muncul lebih terang. Untuk materi yang keras seperti tulang muncul cahaya putih dan untuk materi yang lebih lunak muncul warna hitam atau abu-abu. Dokter dapat memperoleh materi yang mempunyai perbedaan fokus dengan mengatur intensitas berkas sinar X.

### 13.2.3. Ide Dasar Computerized Axial Tomography (CAT)

Ini merupakan perkembangan teknologi kedokteran di bidang pemanfaatan sinar X. Mesin scan Computerized Axial Tomography (CAT) menghasilkan sinar X, dalam bentuk energi elektromagnetik yang kuat. Pada dasarnya photon sinar X sama seperti photon cahaya tampak dengan energi yang lebih besar. Tingkat energi tinggi memungkinkan berkas sinar X dilewatkan langsung melalui materi lunak dalam tubuh manusia. Penggambaran sinar X konvensional pada dasarnya berupa bayangan, disinari pada satu sisi tubuh dan sebuah potongan film pada sisi lain bayangan hitam tulang. Bayangan-bayangan

memberi suatu gambar yang tidak lengkap dari suatu bentuk obyek. Bayangkan jika anda sedang berdiri di depan dinding, dengan tangan kanan memegang nanas didepan dada sedangkan tangan kiri memegang pisang. Maka bila teman hanya melihat pada dinding, maka bukan anda yang nampak. Jika disana diberi lampu di depan anda, teman anda akan melihat garis besar anda memegang pisang, namun bukan nanas, bayangan dari torso. Teman akan melihat kiri memegang pisang, karena bayangan tubuh anda menghalangi nanas. Jika lampu ditaruh disisi kananmu, maka teman anda melihat garis besar nanas bukan pisang.



Gambar 13-28 Hasil CAT jantung dan torax

Hal yang sama terjadi dalam gambar sinar X konvensional. Jika suatu tulang lebih besar secara langsung diletakan diantara mesin sinar X dan tulang yang lebih kecil, maka akan dihasilkan film dengan tulang yang lebih besar mungkin akan menutupi tulang yang lebih kecil. Dalam hal melihat tulang yang lebih kecil anda harus memutar tubuh atau mesin sinar X. Untuk mengetahui bahwa anda memegang nanas dan pisang, teman anda harus melihat bayangan

di kedua posisi dan membentuk gambar yang lengkap. Ini merupakan gagasan dasar dari perangkat komputer tomography. Dalam mesin scan CAT, berkas sinar X bergerak mengelilingi pasien, scanning dilakukan dari ratusan sudut yang berbeda. Komputer mengambil semua informasi dan memasang bersama-sama dalam gambar tubuh 3 dimensi

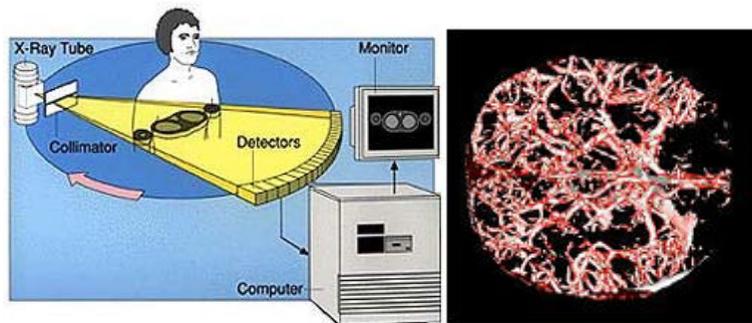


Gambar 13-29 Ide dasar penyinaran sinar x

### 13.2.4. Prosedur Scanning

Mesin CAT tampak menyerupai kue donat raksasa yang sisi-sisinya dinaikan. Pasien dibaringkan di bawah platform, secara perlahan dipindahkan melalui lubang dalam mesin. Tabung sinar X dimunculkan pada cincin yang dapat dipindahkan mengelilingi ujung lubang. Cincin juga didukung susunan detektor sinar X secara langsung disisi berlawanan tabung

sinar X. Sebuah motor memutar cincin sehingga tabung sinar X dan detektor sinar X berputar bolak-balik mengelilingi tubuh. Setiap putaran penuh scan sempit, mengiris tubuh secara horizontal. Sistem control memindahkan platform ke dalam lubang lebih jauh sehingga tabung dan detektor dapat menscan irisan berikutnya.



Gambar 13-30 Prinsip dasar penyinaran sinar x pada CAT dan hasil

Dengan cara ini mesin membuat irisan sinar X memotong tubuh dalam gerakan spiral. Komputer memvariasi intensitas sinar X dalam tingkatan untuk scan setiap jenis

jaringan dengan daya optimum. Setelah pasien dilewatkan melalui mesin, komputer akan mengkombinasi semua informasi dari setiap scan untuk membentuk

detail gambar tubuh. Ini tidak selalu seluruh tubuh. Dokter lebih sering melakukan scan hanya sebagian kecil. Karena pengujian irisan tubuh irisan demi irisan, scan CAT jauh lebih terencana dari pada sinar X konvensional. Sekarang ini dokter menggunakan scan CAT untuk

#### **13.2.4.1. Cara Kerja CT Scan dan Perkembangannya**

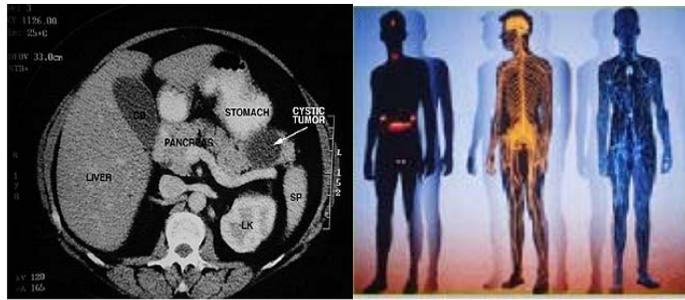
Selama CT scan bekerja, generator sinar X memberi daya ke tabung sinar X, sinar X dihasilkan oleh tabung sinar X dan diemisikan seperti diputar mengelilingi pasien. Sinar X dilewatkan melalui tubuh pasien ke detektor, yang mana ini sangat tergantung pada jenis dan model CT scanner, mungkin terdiri dari ionisasi gas xenon atau kristal (seperti cesium-iodide atau cadmium-tungstate). Selama satu putaran detektor menghasilkan sinyal listrik, yang dibangkitkan setelah penyinaran sinar X. Sinyal listrik ini ditransfer ke komputer, diproses dan direkonstruksi ke

Sekarang terdapat beberapa jenis CT scanner untuk penggunaan maupun konfigurasi melakukan scanning kedepannya berbeda. CT scanner konvensional yang telah dikenalkan tahun 1970, mempunyai kabel yang diletakkan pada susunan detektor, dan oleh karena itu pada akhir putaran tabung sinar X, perakitan harus dikemblaikan untuk menghindari kebingungan kabel, CT konvensional kecepatan scanning paling rendah. CT scan spiral, juga dinamakan scanner helical atau volumetric mempunyai konfigurasi konvensional.

diperlukan melakukan scan ke mendiagnosa dan memberi perlakuan penyakit yang sangat bervariasi, meliputi trauma, kanker dan osteoporosis. Ini merupakan perangkat yang tak ternilai dalam kedokteran modern.

dalam gambar menggunakan algoritma yang telah deprogram sebelumnya. Setiap putaran tabung sinar X dan detektor direkonstruksi ke dalam gambar yang direferensikan sebagai irisan. Irisan dipresentasikan berupa potongan melintang dari detail anatomi, dan memungkinkan susunan anatomi di dalam tubuh dapat divisualisasikan hal yang tidak mungkin dengan radiography pada umumnya. Collimator ditempatkan didekat tabung sinar X dan pada setiap detektor memperkecil sebaran radiasi dan berkas sinar X tepat untuk menggambarkan scan. Tinggi collimator ditentukan ketebalan irisan yang diinginkan.

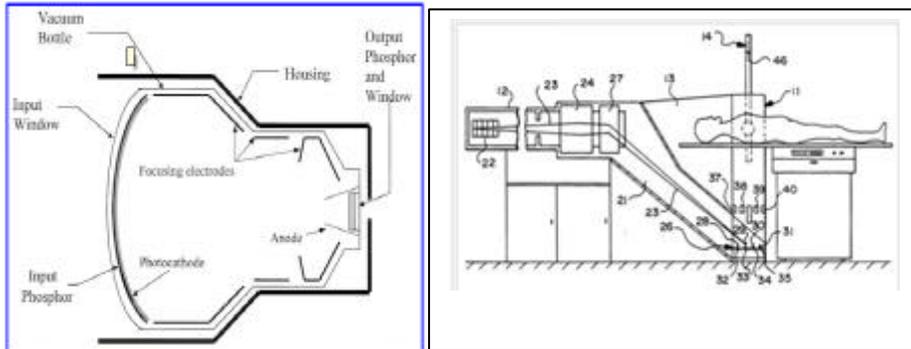
gelang seret yang memungkinkan rotasi satu putaran kontinyu. Dalam scanning spiral meja pasien digerakkan melalui gantry sementara tabung sinar X dan detektor berputar gerakan spiral mengelilingi pasien. Kecepatan scanning lebih cepat, irisan lebih tipis dan diperlukan breathhold pasien lebih pendek dari pada CT konvensional. CT scan spiral dikenalkan pada tahun 1989, sejak dikenalkan memberi keuntungan penggambaran CT meningkatkan kecepatan dan kualitas scanning dibandingkan CT scanner



Gambar 13-31 CT scan multi irisan

Scanner multi irisan telah dikenalkan sejak tahun 1998 dipandang sebagai revolusi lanjut dalam penggambaran CT, detektor mempunyai arah gerakan multi row yang memungkinkan akuisisi multi irisan gambar selama satu putaran tabung sinar X. Tergantung pada model pabrikasi, scanner multi irisan mungkin delapan kali lebih cepat dari pada scanner spiral irisan tunggal dan irisan dapat setipis setengah irisan yang tipis yang dapat dicapai dengan scanner spiral. Teknologi multi irisan masih dalam tahap pengembangan sejak tahun 2001. Berkas elektron CT scanner, juga dinamakan CT scanner ultra cepat, menggunakan teknologi scanning yang berbeda dari pada CT scanner yang lain, Peralatan CT imaging sering disuplay dengan piranti pengarsipan gambar (CD, pita kaset) , untuk piranti gambar menggunakan cara digital, CT scanner seringkali di buatkan jaringan dengan perangkat digital lain, yang demikian ini seperti sistem

dimana putaran tabung sinar X secara mekanis. Berkas elektron CT scanner tidak memiliki bagian yang bergerak, yang demikian ini memungkinkan melakukan scan dengan cepat. Berkas elektron yang dibangkitkan dari elektron gun difokuskan pada putaran sinar X berkas dikendalikan sepanjang ring sasaran tungsten. Waktu scan mendekati sepuluh kali lebih cepat dari pada scanner multi irisan karena hanya berkas elektron yang bergerak selama scanning. Berkas elektron CT scan telah dikenalkan pada pertengahan tahun 1980 dan dirancang untuk penggambaran jantung dan penggambaran dari susunan penggerak lain (seperti paru-paru) mempunyai kecepatan scanning tinggi. hardcopy (film sinar X, gambar laser) dan kemampuan jaringan, tergantung pada fasilitas kebutuhan. Karena CT MRI, untuk memfasilitasi memudahkan perbandingan gambar pada penglihatan monitor.



Gambar 13-32 Tabung dasar mesin CT scan

Sebagaimana putaran scanner, detektor mengambil sejumlah snapshot yang dinamakan profil. Pada umumnya dalam setiap satu putaran diperoleh sekitar 1000 profil. Setiap profil dianalisa komputer dan satu set profil penuh dari setiap rotasi membentuk irisan gambar dua dimensi.

#### 13.2.4.2. Pengoperasian Alat

Setelah teknolog menyiapkan dan memposisikan pasien pada meja scanning dengan tepat, teknolog berpindah ke ruang control dan memulai scan dengan menggunakan control komputer. Biasanya scanning protocol komputer telah diprogram sebelumnya untuk jenis scan pada

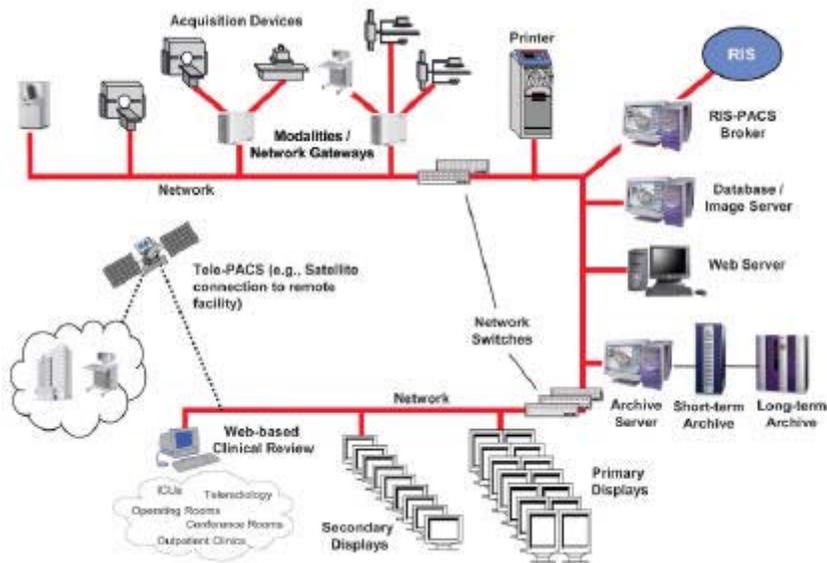
umumnya (abdomen dan tulang panggul, dada, kepala) dan beberapa komputer memungkinkan dipesan scan protocol untuk dimasukkan. Selama scanning, teknolog menginstruksi pasien melalui sistem intercome mengenai breathhold dan posisi. Pengaturan komputer secara otomatis memindahkan meja pasien sesuai dengan parameter scanning yang dipilih. Scan sendiri mungkin hanya membutuhkan waktu 5 sampai 15 menit, namun total pengujian mungkin membutuhkan waktu sampai di atas 30 menit, karena pasien harus disiapkan dan diposisikan.



Gambar 13-33 Ruang kontrol dan pelaksanaan scanning

Bila pengujian telah lengkap, teknologi memproses data gambar menggunakan komputer workstation. Tergantung fasilitas, gambar mungkin dikirim ke prosesor film sinar X atau laser imager untuk

dicetak sebagai hardcopy dan diberikan ke ruang pembacaan atau mungkin disimpan dalam disket atau ditransfer melalui sistem manajemen gambar digital untuk dipresentasikan melalui penglihatan monitor.



Gambar 13-34 Jaringan sistem manajemen gambar

### 13.2.4.3. Optimalisasi Peralatan Dengan Model Jaringan

Sebelum pasien dipindahkan dari meja, teknologi radiologi dapat mereview gambar yang dikehendaki untuk meyakinkan kualitasnya cukup memenuhi untuk keperluan diagnose. Gerakan artifak, yang berupa lapisan, embun atau ketidaktepatan lain dalam gambar, mungkin terjadi jika pasien melakukan gerakan pada saat scan dilaksanakan atau bila susunan gambar bergerak (jantung, paru-paru). Pengurangan ketebalan irisan gambar yang

dikehendaki, mengubah waktu dari suntikan bahan kontras dan memperpendek waktu breathhold pasien dapat membantu mengurangi kejadian gerakan artifak.

Teknolog radiologi akan memilih protocol scanning yang akan memberikan kualitas gambar maksimum dan dosis radiasi minimum. Dosis radiasi pada umumnya untuk CT scan mendekati sama dengan radiasi latar belakang alami, rata-rata orang kebanyakan dalam waktu

satu tahun. Dosis radiasi pasien dari CT scan sedikit lebih tinggi dari pada prosedur sinar X pada umumnya. Scanner multi irisan yang lebih baru secara signifikan mengantarkan dosis radiasi yang lebih tinggi dari pada scanner spiral irisan tunggal, dosis lebih tinggi ini berkaitan dengan pasien pediatric khusus. Asosiasi Ahli radiologi di Amerika (ASRT) telah mengeluarkan pernyataan protocol scanning untuk scanning pediatric dan merekomendasikan bahwa protocol scanning khusus untuk

pasien pediatric dan pabrikan perangkat CT mengembangkan cakupan parameter yang disarankan untuk pasien pediatric didasarkan pada berat. ASRT mendorong teknolog untuk sadar akan dosis radiasi untuk kasus pediatric jika diperlukan menggunakan tameng radiasi, pengaturan posisi pasien menggunakan filter dosis tertentu dan menambah pitch ratio (kecepatan meja/rotasi gantry) pada spirall scan.

#### **13.2.4.1. Perawatan**

Peralatan CT imagng biasanya yang dibeli dengan pelayanan kontrak dari produsen atau pihak ketiga melayani penyedia meliputi tabung sinar x dan penggantian bagian lain dan pelayanan perbaikan darurat. Fasilitas departemen teknologi biomedical dan ahli ilmu fisika medis boleh juga melakukan cek pemeliharaan pencegahan tahunan, sebaiknya kalibrasi bulanan, kualitas gambar pengujian, memonitor dosis radiasi.

Suatu program pengendalian mutu menyeluruh yang meliputi evaluasi resolusi gambar, akurasi dosis radiasi pasien, pemrosesan gambar, sistem perFormansi keseluruhan dan corak kualitas gambar yang harus diikuti. Teknologi radiasi mungkin memerlukan staf tenaga teknik membantu perawatan dan pelayanan perbaikan.

Kebanyakan produsen CT menawarkan corak diagnostik jarak jauh pada peralatan mereka

dengan memfasilitasi perbaikan dari permasalahan sistem. Komunikasi melalui modem dan telepon dengan pelayanan personal memungkinkan melakukan diagnostic software, misalnya melayani penggantian onderdil, download software untuk menyelesaikan masalah, atau pemberitahuan segera masalah operasional untuk diperbaiki.

#### **13.2.4.2. Kapan CT scan Diperlukan**

CT scan mempunyai kemampuan unik untuk menggambarkan kombinasi dari jaringan lunak, tulang dan jaringan darah. Disediakan teknik penggambaran, ini merupakan satu peralatan terbaik untuk belajar abdomen dan paru-paru. Juga mampu mendiagnosa kanker, dan merupakan metoda untuk mendiagnose paru-paru, hati, dan kanker pankreas.

Aplikasi lain meliputi :

- Mendiagnosa dan evaluasi perawatan penyakit jantung.
- Mendiagnosa stroke akut.
- Mendiagnosa dan evaluasi Perawatan untuk penyakit vaskuler
- Mengukur kepadatan mineral tulang untuk mendeteksi penyakit tulang osteoporosis.
- Mendiagnosa dan mengevaluasi perawatan luka traumatis.
- CT scan juga dapat digunakan untuk mendiagnosa masalah sinus dan bagian dalam telinga karena dapat menghasilkan gambar resolusi tinggi dari susunan jaringan lunak dan tulang lembut.
- CT memberikan informasi detail untuk hampir semua bagian tubuh meliputi :
  - otak, vessel, mata, telinga bagian dalam dan sinus.
  - dada, hati, jantung, aorta, paru-paru
  - leher, bahu dan tulang belakang
  - tulang panggul dan tulang pinggul, sistem reproduksi laki-laki dan perempuan, kandung kencing dan gastrointestinal.



Gambar 13-35 Hasil CT scan otak

### 13.3.1. Diagnosa Medis Penggambaran Sonography

#### 13.3.1.1. Pengertian Ultrasonik Medis

Ultrasonik atau ultrasonography adalah teknik penggambaran medis yang menggunakan gelombang suara dan pantulnya. Teknik yang digunakan serupa dengan pantullation yang digunakan pada ikan paus dan dolfiin, seperti halnya SONAR yang digunakan oleh kapal selam. Dalam ultrasonik digunakan sebagai berikut :

- Mesin ultrasonik mengirim pulsa suara frekuensi tinggi sampai 5 MHz ke dalam tubuh dengan menggunakan probe.
- Perjalanan gelombang suara ke dalam tubuh dan membentur suatu batas antar jaringan (misal antar cairan dan jaringan lembut, tulang dan jaringan lembut).
- Sebagian gelombang suara direfleksikan kembali ke probe, sementara beberapa berjalan lebih jauh sampai mencapai batas lain dan direfleksikan.
- Gelomban pantul diambil probe dan diteruskan ke mesin.
- Mesin menghitung jarak dari probe ke jaringan atau organ





Gambar 13-37 Bayi dalam kandungan dilihat dengan sonogram



Gambar 13-38 Perkembangan bayi 29 minggu ultras onik 3D

### 13.3.2. Aplikasi Diagnostik

Sonography (ultrasonography) secara luas telah digunakan dalam kedokteran. Memungkinkan untuk membuat diagnosa atau prosedur terapi dengan panduan sonography (sebagai contoh biopsi atau pengeringan cairan). Sonographer di bidang kedokteran secara profesional adalah orang yang membuat scan untuk tujuan diagnose. Sonographer pada umumnya menggunakan transduser yang ditempatkan secara langsung dan memindahkan meliputi daerah yang diperiksa. Gel air digunakan sebagai penghubung ultrasonik antara transduser dan pasien.

Sonography efektif untuk imaging jaringan lunak dari tubuh. Struktur dangkal seperti otot, urat daging, testis, dada dan otak neonatal digambarkan pada frekuensi yang lebih tinggi (7-18 MHz), yang mana memberikan sumbu dan pencabangan resolusi yang lebih baik. Susunan yang lebih dalam seperti liver dan ginjal digambarkan pada frekuensi lebih rendah dari 1 sampai 6 MHz dengan sumbu dan pencabangan

resolusi lebih rendah namun penetrasi lebih besar.

Ultrasonik telah digunakan dalam pengaturan klinis bervariasi, meliputi ilmu kebidanan dan ilmu kandungan, cardiology dan pendeteksian kanker. Keuntungan ultrasonik yang utama adalah bahwa struktur tertentu dapat diamati tanpa menggunakan radiasi. Ultrasonik dapat juga dilaksanakan lebih cepat dari pada sinar-X atau teknik radiografis lain. Beberapa pemanfaatan ultrasonik untuk pemeriksaan dan pengujian :

1. Ilmu kebidanan Dan Ilmu kandungan
2. mengukur ukuran janin untuk menentukan tanggal kelahiran
3. menentukan posisi janin untuk melihat jika normal posisi kepala di bawah
4. mengecek posisi plasenta untuk melihat jika perkembangan tidak sesuai, pembukaan cervix.
5. melihat banyaknya Janin dalam kandungan
6. mengecek jenis kelamin bayi

7. mengecek laju pertumbuhan janin dengan pengukuran dari waktu ke waktu
8. pendeteksian kehamilan ectopic, hidup yang mengancam situasi di mana bayi ditanamkan tuba fallopii ibu sebagai ganti kandungan.
9. monitoring bayi selama prosedur khusus ultrasound telah sangat menolong dalam penglihatan dan pencegahan bayi selama amniocentesis (sampling cairan yang amniotic dengan suatu jarum untuk pengujian hal azas keturunan). Tahun yang lalu, dokter menggunakan prosedur ini secara membabi buta, bagaimanapun dengan penggunaan ultrasonik, resiko dari prosedur ini sudah diturunkan secara dramatis.
10. melihat tumor indung telur dan dada
11. Dalam bidang cardiology
  - a. melihat bagian dalam jantung untuk mengidentifikasi struktur abnormal atau fungsi
  - b. mengukur aliran darah sepanjang jantung dan pembuluh darah utama
12. Bidang Urology
  - a. mengukur aliran darah sepanjang ginjal
  - b. melihat batu ginjal
  - c. mendeteksi kanker prostat dini.



Gambar 13-39 Pengujian ultasonik selama kehamilan (Photo courtesy Philips Research)



Gambar 13-40 Sonograph menunjukkan gambar kepala janin dalam kandungan

Pada umumnya tujuan menggunakan mesin sonography pertimbangannya adalah kemampuannya dalam penggambaran. Aplikasi khusus

tertentu mungkin hanya bisa diberikan dengan transduser khusus. Dinamika alami dari banyak penelitian pada umumnya memerlukan corak khusus dalam

mesin sonography yang efektif, demikian ini seperti transduser endovaginal, endorectal atau transesophageal. Pemeriksaan kandungan dengan ultrasonik biasanya digunakan selama kehamilan untuk mengecek perkembangan janin.

Dalam sonogram panggul, organ pada daerah panggul digambarkan. Ini meliputi kandungan dan indung telur atau kandung kecing. Orang kadang menggunakan sonogram untuk panggul dengan tujuan memeriksa kesehatan prostat dan kandung kecing mereka. Ada dua metoda untuk melakukan pemeriksaan panggul dengan sonography secara internal dan eksternal. Pemeriksaan panggul sonogram internal merupakan salah satu bentuk transvaginally (untuk wanita) atau transrectally

(untuk pria). Penggambaran sonogram panggul dapat menghasilkan informasi diagnostic penting berkaitan dengan keakuratan hubungan dari ketidaknormalan susunan organ panggul dengan yang lain dan presentasi ini bermanfaat untuk memberikan perlakuan pasien berkaitan dengan gejala turunnya kandungan mengenai panggul, pembesaran sehingga mengghalangi pembuangan air besar.

Dalam sonography abdominal, organ padat dari abdomen seperti pankreas, aorta, inferior vena cava, hati, kantong empedu, saluran pipa empedu, ginjal, dan limpa dapat digambarkan. Gelombang suara dihalangi oleh gas dalam bowel, oleh karena kemampuan diagnostik pada area ini terbatas.

#### **13.3.2.1. Pengolahan Suara Menjadi Gambar**

Membuat gambar dari suara dikerjakan dalam tiga langkah yaitu menghasilkan gelombang

suara, penerimaan pantul dan menginterpretasikan pantul.

#### **13.3.2.2. Produksi Gelombang Suara**

Gelombang suara pada umumnya dihasilkan oleh transduser piezoelektrik yang diletakkan pada probe. Kekuatan, pulsa listrik pendek dari mesin ultrasonik membuat transduser menghasilkan frekuensi yang diinginkan. Frekuensi yang dihasilkan antara 2 dan 15 MHz. Suara difokuskan ke salah satu bentuk transduser, sebuah lensa didepan transduser atau pengaturan kompleks pulsa dikontrol dari mesin scanner ultrasonik. Pengfokusan ini

menghasilkan bentuk gelombang suara dari muka transduser. Perjalanan gelombang ke dalam tubuh dan masuk secara fokus pada kedalaman yang diinginkan. Teknologi lebih tua menggunakan transducers cahaya dengan lensa pisik. Transduser dengan teknologi yang lebih baru menggunakan teknik susunan pisa sehingga memungkinkan mesin sonography mengubah arah dan kedalaman fokus. Hampir semua transduser piezoelektrik

dibuat dari keramik. Bahan pada permukaan transduser memungkinkan suara ditransmisikan secara efisien ke dalam tubuh. Gelombang suara secara parsial akan direfleksikan dari lapisan diantara jaringan yang berbeda. Detailnya suara

direfleksikan ke semua arah yang terdapat perbedaan kepadatan tubuh misalnya sel darah dalam plasma darah, susunan kecil dalam organ dsb. Beberapa direfleksikan kembali ke transduser.



Gambar 13-41 Medical sonographic scanner

### 13.3.2.3. Menerima Pantul

Gelombang suara yang dikembalikan ke transduser mengakibatkan proses yang sama sinyal bahwa sinyal gelombang suara dikirim, kecuali dalam sebaliknya. Gelombang suara yang dikembalikan menggetarkan transduser, transduser kembali bergetar menghasilkan pulsa listrik berjalan ke scanner ultrasonik untuk diproses dan ditransformasi ke dalam gambar digital.

### 13.3.2.4. Pembentukan Gambar

Scanner sonography harus menentukan tiga hal dari setiap pantul yang diterima yaitu :

- Arah datangnya pantul
- Seberapa kuat
- Seberapa lama pantul diterima dari suara yang telah ditransmisikan. Scanner sonography menentukan tiga hal,

ini dapat mengalokasikan pixel dalam gambar untuk bercahaya sebagai intensitas.

Transformasi sinyal yang diterima ke dalam gambar digital mungkin dapat dijelaskan dengan menggunakan analogi lembaran kertas kosong. Dibayangkan transduser panjang, di atas

lembaran datar. Pulsa dikirim kolom lembar kertas turun ke A, B, C dan seterusnya. Setiap kolom pengembalian pantul terdengar. Pada saat mendengar pantul dicatat seberapa lama pantul kembali. Semakin panjang menunggu, row semakin dalam (1,2,3 dan seterusnya). Kekuatan

pantul menentukan pengaturan kecerahan sel (putih untuk pantul yang kuat, hitam untuk pantul lemah dan bayangan bervariasi dari abu-abu untuk warna diantaranya). Bila semua pantul direkam pada lembaran, diperoleh gambar greyscale.



**Gambar 13-42 Sensor suara**

#### **13.3.2.5. Susunan transduser linier**

Ultrasonography menggunakan probe yang berisi satu atau lebih transduser akustik untuk mengirim pulsa-pulsa suara ke dalam suatu materi. Kapan saja gelombang suara mengenai materi dengan tingkat kepadatan yang berbeda (impedansi akustik), sebagian dari gelombang suara direfleksikan kembali ke probe dan dideteksi sebagai pantul. Pada saat mendapatkan kembali pantul perjalanan kembali ke probe diukur dan digunakan untuk menghitung kedalaman antar muka jaringan yang menyebabkan pantul. Untuk perbedaan besar antar impedansi akustik, menghasilkan pantul lebih besar. Jika pulsa mengenai gas atau zat padat, perbedaan kepadatan besar, energi akustik yang direfleksikan juga besar dan

menjadikan mungkin untuk melihat lebih dalam.

Frekuensi yang digunakan untuk penggambaran medis umumnya dalam cakupan dari 1 sampai 18 MHz. Frekuensi lebih tinggi mempunyai panjang gelombang lebih pendek, dan digunakan untuk membuat sonogram dengan detail yang lebih kecil. Oleh karena itu untuk attenuasi gelombang suara frekuensi ditambah lebih tinggi, sehingga mempunyai penetrasi yang lebih baik, untuk jaringan yang lebih dalam digunakan frekuensi yang lebih rendah (3 sampai 5 MHz).

Penampakan kedalaman tubuh dengan sonography sangat sulit. Beberapa energi akustik hilang setiap kali pantul dibentuk, namun kebanyakan energi yang hilang karena penyerapan akustik.

Kecepatan suara berbeda dalam materi yang berbeda, tergantung pada impedansi akustik dari materi. Oleh karena itu, instrumen sonography berasumsi bahwa kecepatan akustik tetap pada 1540 m/detik. Dampak dari asumsi ini sesungguhnya jaringan tubuh tidak seragam, berkas menjadi sedikit tidak fokus dan resolusi gambar menurun.

Untuk membuat gambar dua dimensi, berkas ultrasonik disapu. Sebuah transduser disapu secara mekanis dengan pemutar atau penyapuan. Gambar satu dimensi transduser susunan fasa mungkin menggunakan sapuan berkas secara elektronik. Data

diterima diproses dan digunakan untuk membangun gambar. Gambar 3D dapat dibangkitkan dengan memperoleh serentetan pengaturan gambar 2D. Biasanya transduser digunakan pada probe tertentu yang secara mekanis menscan gambar 2D konvensional. Oleh karena itu, karena scanning mekanis lambat, ini sulit membuat gambar 3D dari pemindahan jaringan. Sekarang, telah dikembangkan transduser susunan fasa 2D dapat menyapu berkas dalam 3D. Gambar ini dapat lebih cepat dan dapat digunakan untuk membuat gambar 3D dari jantung yang berdenyut.

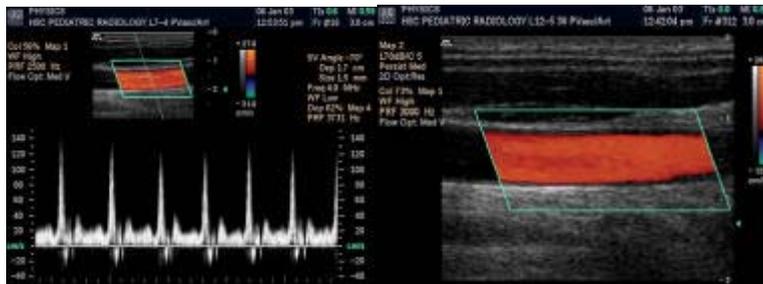
### **13.3.3. Metoda Sonografi**

#### **1. Sonography Doppler**

Ultrasonik Doppler didasarkan pada efek Doppler. Bila obyek merefleksikan gelombang ultrasonik adalah berpindah mengubah frekuensi pantulan, membuat frekuensi lebih tinggi jika ini merupakan perpindahan menuju probe dan frekuensi lebih rendah bila perpindahan menjauhi probe. Seberapa banyak frekuensi diubah tergantung pada seberapa cepat obyek berpindah. Doppler ultrasonik mengukur perubahan dalam frekuensi pantulan untuk dihitung seberapa cepat obyek berpindah. Ultrasonik Doppler telah banyak digunakan untuk mengukur kecepatan aliran darah, kecepatannya dapat ditentukan dan didividualisasikan. Ini merupakan pemakaian khusus dalam pengamatan cardiovascular

(sonography dari sistem vascular dan jantung) dan secara esensial banyak area yang demikian seperti penentuan aliran darah balik dalam portal hipertensi hati vasculature.

Informasi Doppler diperagakan secara grafik dengan menggunakan spektrum Doppler atau sebagai gambar dengan menggunakan warna Doppler (directional Doppler) atau power Doppler (non directional Doppler). Doppler ini mengalami pergeseran turun dalam cakupan suara yang dapat didengar dan sering pula dipresenasikan dapat didengar dengan menggunakan speaker stereo, hasil ini sangat membedakan, meskipun pulsa suara buatan.



Gambar 13-43 Spektrum doppler arteri

13-44 Spektrum warna arteri yang sama



Gambar 13-45 Ultrasonik doppler untuk mengukur aliran darah melalui jantung. Arah aliran darah ditunjukkan pada layar dengan warna yang berbeda (photo courtesy Philip research)

Pada hakekatnya, mesin sonographic paling modern tidak menggunakan Efek Doppler untuk mengukur percepatan, sebagaimana telah dipercayakan pada lebar pulsa Doppler. Mesin lebar pulsa memancarkan pulsa ltrasonik, dan kemudian disaklar dalam mode menerima. Demikian ini pulsa direfleksikan yang diterima bukan subyek pergeseran fasa, seperti resonansi tidak kontinyu. Oleh karena itu dengan membuat beberapa pengukuran, pergeseran fasa dalam urutan pengukuran dapat digunakan

untuk mencapai pergeseran frekuensi ( karena frekwensi adalah tingkat perubahan fasa). Untuk mencapai pergeseran fasa antara sinyal yang dipancarkan dan diterima, pada umumnya digunakan satu dari dua algoritma Kasai atau *cross-correlation*. Mesin lama yang menggunakan Doppler gelombang kontinyu (CW), memperlihatkan Efek Doppler sebagai diuraikan di atas.Untuk melakukan ini, transduser pengirim dan penerima harus dipisahkan. Sebagian besar penggambaran kembali mesin

gelombang kontinyu, tidak dapat memberikan informasi jarak (merupakan keuntungan besar dari sistem PW waktu antara pengiriman dan penerimaan pulsa dapat diubah ke dalam informasi jarak dengan mengetahui kecepatan suara). Dalam masyarakat sonographi

(walaupun bukan dalam masyarakat pengolah sinyal), terminology ultrasonik Doppler telah diterima berlaku pada keduanya sistem Doppler PW dan CW disamping mekanisme yang berbeda untuk mengukur kecepatan.

### 13.3.3.1. Mesin Ultrasonik

Dasar mesin ultrasonik terdiri bagian-bagian berikut ini :A basic

- Transduser probe ke probe mengirim dan menerima gelombang suara.
- Komputer Central Processing Unit (CPU) yang melakukan semua perhitungan dan berisi sumber daya untuk komputer dan probe transduser.
- Pulsa control transduser berfungsi mengubah amplitudo, frekuensi dan durasi dari pulsa yang diemisikan dari probe transduser.
- Memperagakan kandungan, kelenjar prostat, perut, kandungan, dan gambar dari data ultrasonik yang telah diproses oleh CPU.
- Keyboard untuk memasukan data dan mengambil hasil pengukuran untuk diperagakan.
- Piranti penyimpan (disket, CD) diperlukan untuk menyimpan gambar yang dibutuhkan.
- Printer untuk mencetak gambar dari peragaan data.

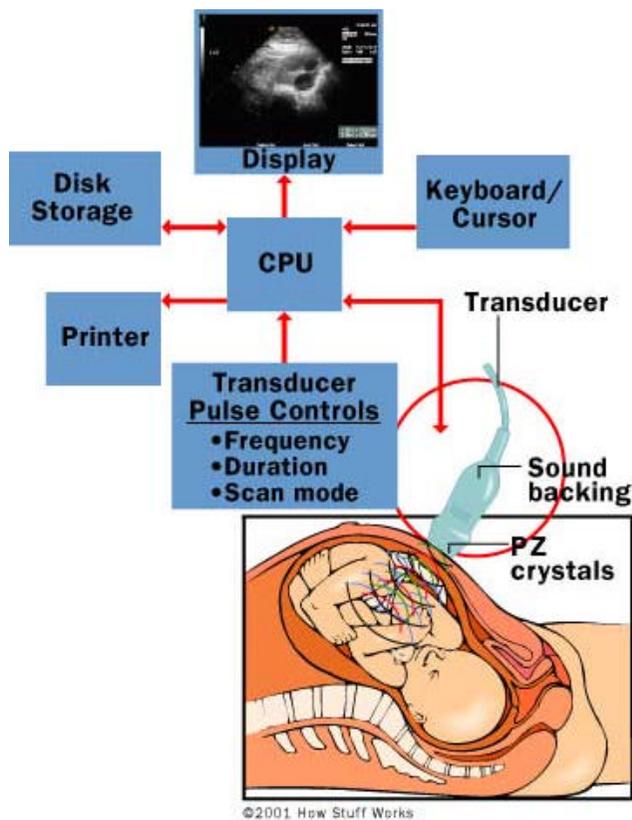
#### 13.3.3.1.1. Probe Transduser

Probe transduser merupakan alat utama dari mesin ultrasonik. Probe transduser membuat gelombang suara dan menerima pantulan. Bisa dikatakan probe merupakan mulut dan telinga mesin ultrasonik. Probe transduser membangkitkan dan menerima gelombang suara dengan menggunakan prinsip yang dinamakan efek piezolistrik (tekanan listrik), yang telah diketemukan oleh Pierre dan Jacques Currie pada tahun 1880. Dalam probe terdapat satu atau lebih kristal piezolistrik. Bila arus diberikan ke Kristal, Kristal dengan

cepat berubah bentuk Kecepatan berubah bentuk atau vibasi menghasilkan gelombang suara. Sebaliknya bila suara atau tekanan gelombang dikenakan pada kristal akan menghasilkan arus. Oleh karena itu, beberapa Kristal dapat digunakan mengirim dan menerima gelombang suara. Probe juga mempunyai penyerap suara untuk mengeliminasi pantulan balik dari probe itu sendiri, dan sebuah lensa akustik untuk membantu memfokuskan emisi gelombang suara.

Probe transduser mempunyai banyak bentuk dan ukuran. Bentuk probe menentukan pandangan bidang dan frekuensi emisi gelombang suara, kedalaman penetrasi gelombang suara dan resolusi gambar. Probe transduser mungkin berisi satu atau lebih elemen Kristal, dalam probe multiple elemen setiap Kristal memiliki rangkaian sendiri. Probe multiple elemen memiliki keuntungan bahwa berkas dapat dikendalikan dengan mengubah

waktu pengambilan pulsa setiap elemen, pengendalian berkas penting khususnya pada cardiac ultrasonik. Probe dapat dipindahkan sepanjang permukaan tubuh, banyak probe dirancang untuk disisipkan melalui variasi lubang tubuh (vagina, dubur) sehingga dapat lebih membuka organ yang diuji (kandungaan, kelenjar prostat, perut) mengambil lebih membuka organ memungkinkan untuk melihat lebih detail.



Gambar 13-46 Bagian-bagian mesin ultrasonik

### 13.3.3.1.2. Central Processing Unit (CPU)

CPU merupakan otak mesin ultrasonik. Pada dasarnya CPU sebuah komputer yang berisi memori mikroprosessor, penguat dan power supply untuk mikroprosessor dan probe transduser. CPU mengirim arus listrik ke probe transduser untuk mengemisikan gelombang suara dan juga menerima pulsa listrik

dari probe yang pantulan. CPU melakukan semua perhitungan meliputi pemrosesan data. Satu bahan data diproses, CPU membentuk gambar dalam monitor. CPU dapat juga menyimpan data yang telah diproses atau menyimpan pada disk.

### 13.3.3.1.3. Transduser Pengontrol Pulsa

Transduser pengontrol pulsa memungkinkan operator yang disebut ultrasonographer mengatur dan mengubah frekuensi dan durasi pulsa ultrasonik, sebagai scan mode mesin. Komando dari

operator diterjemahkan ke dalam perubahan arus listrik yang diaplikasikan pada kristal piezolistrik yang merupakan probe transduser.

#### Peraga

Peraga berupa monitor computer yang menunjukkan pemrosesan data dari CPU. Peraga dapat dengan warna hitam putih atau warna tergantung model mesin ultrasonic.

#### Keyboard/Cursor

Mesin ultrasonic memiliki keyboard dan cursor. Piranti ini memungkinkan operator menambah catatan dan pengukuran melakukan pengambilan data pengukuran

#### Disk Storage

Data diproses dan atau gambar dapat disimpan dalam disk. Disk bisa berupa hardisk, floppy disk, compact disk (CD) dan digital video disk (DVD). Pada umumnya pasien scan ultrasonik menyimpan pada floppy disk dan dengan arsip catatan medis pasien.

#### Printer

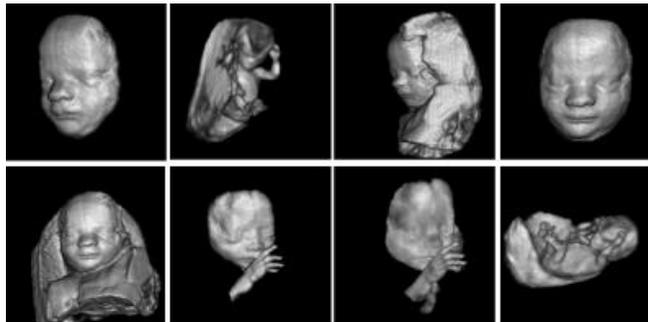
Mesin Ultrasonik kebanyakan mempunyai printer thermal yang dapat digunakan pengambilan gambar hardcopy dari gambar yang diperagakan.

#### 13.3.4. Perbedaan Jenis Ultrasonik

Ultrasonik yang telah diuraikan yang lain sekarang ini sejauh ini menampilkan gambar menggunakan penggambaran 2D atau irisan dari obyek 3D ultrasonik 3D dan ultrasonik (janin, organ). Dua jenis ultrasonik Doppler.

##### 13.3.4.1. Penggambaran Ultrasonik 3D

Dua tahun yang lalu, telah pada permukaan tubuh atau ditingkatkan kemampuan mesin memutar probe yang disisipkan. ultrasonik menggambar 3D. Scan dua dimensi kemudian Dalam mesin ini beberapa dikombinasi dengan software gambar 2D diperoleh dengan komputer khusus untuk menggerakkan probe melintang membentuk gambar 3D.



Gambar 13-47 Perkembangan janin dalam kandungan (Photo courtesy Philips Research)

##### 13.3.4.2. Gambar ultrasonik 3D

Gambar 3D memungkinkan melihat lebih baik pada organ yang diuji dan terbaik digunakan untuk :

1. Deteksi awal dari kanker dan tumor bening
2. Menguji kelenjar prostat dan untuk awal pendeteksian tumor.
3. Mencari massa dalam colon dan dubur
4. Mendeteksi luka dada untuk kemungkinan biopsi
5. Visualisasi janin untuk menilai perkembangan abnormal wajah dan otot.
6. Visualisasi aliran darah dalam berbagai organ badan janin.

#### 13.3.4.3. Microbubble

Penggunaan microbubble dalam echocardiography, dan membandingkan media mungkin untuk aplikasi masa sonography medis untuk depan dalam imaging molekular meningkatkan ultrasound sinyal dan penghantaran penyerahan backscatter dikenal sebagai obat. Keunggulan Ultrasonography ultrasound contrast-enhanced. Sekarang teknik ini digunakan

##### **Keunggulan Ultrasonography :**

1. Kemampuan penggambaran otot dan jaringan lunak baik sekali dan bermanfaat untuk menggambarkan alat penghubung antar zat padat dan cairan pengisi ruang.
2. Kemampuan memandang gambaran hidup, dimana operator dapat secara dinamis memilih bagian paling bermanfaat untuk mendiagnosa cepat.
3. Kemampuan menunjukkan susunan organ
4. Tidak memiliki efek samping dan ketidaknyamanan pasien.
5. Peralatan ini secara luas komparatif fleksibel.
6. Kecil dengan mudah dibawa untuk menyediakan keperluan scan, pengujian dapat dilakukan disamping tempat tidur.
7. Relatif murah dibandingkan modeinvestigasi lain seperti CAT, DEXA atau MRI.

#### 13.3.4.4. Kelemahan Ultrasonography

Disamping memiliki kelebihan ultrasonography juga memiliki kelemahan.

##### **Kelemahan Ultrasonography**

1. Alat Sonographic memiliki masalah menembus tulang. Sebagai contoh, sonography otak orang dewasa sangat terbatas.
2. PeRFormansi sonography kurang baik bila terdapat gas diantara transducer dan organ badan yang diamati, keduanya mempunyai perbedaan akustik impedansi yang ekstrim. Sebagai contoh, gas gastrointestinal sering terbaca pankreas ultrasonik sulit melacak, dan tidak memungkinkan melakukan penggambaran paru-paru.
3. Tanpa adanya tulang atau udara, kedalaman penetrasi ultrasonik terbatas, kesulitan membuat gambaran kedalaman susunan tubuh, khususnya pasien gemuk.
4. Metoda yang digunakan operator dependent. Diperlukan ketrampilan dan pengalaman untuk memperoleh gambaran berkualitas dan membuat diagnosa akurat.
5. Tidak ada panduan gambaran seperti dengan CT dan MR. Sekali

#### 13.3.4.5. Resiko dan Efek Samping

Ultrasonography pada umumnya dipandang cara aman untuk penggambaran. Bagaimanapun efek merugikan adakalanya perlu diamati. Penelitian diagnose ultrasonik dari pertumbuhan janin secara umum dipandang aman selama kehamilan. Prosedur

diagnose akan diperlukan hanya bila terdapat indikasi medis yang valid, dan kemungkinan terendah pengaturan penyinaran ultrasonik akan digunakan guna memperoleh informasi diagnostic yang diperlukan serendah kelayakan.

##### 1. Bahaya Ultrasonik

Terdapat banyak hal yang berkaitan dengan keselamatan ultrasonik. Karena ultrasonik merupakan energi, pertanyaan bagaimanakah energi ini bekerja dalam jaringan tubuhku atau bayiku?. Banyak laporan dari bayi dilahirkan dengan berat badan rendah dari ibu yang sering melakukan pengujian selama kehamilan. Ada dua kemungkinan besar dengan ultrasonik yaitu :

1. peningkatan panas jaringan atau air menyerap energi

ultrasonik sehingga menambah temperatur local.

2. pembentukan gelembung ( rongga) ketika gas di dikeluarkan dari solusi keduanya mengalami panas lokal disebabkan oleh ultrasonik.

Bagaimanapun, tidak ada pengaruh sakit dari ultrasonik diperkuat dengan dokumentasi hasil penelitian pada manusia ataupun hewan. Dinyatakan bahwa ultrasonik tetap akan digunakan hanya bila diperlukan ( lebih baik hati-hati).

#### 13.3.5. Prosedur Pengujian Dengan Ultrasonik

Untuk pengujian dengan ultrasonik, dilakukan dalam suatu ruangan dengan teknisi dan mesin

ultrasonik. Dengan prosedur sebagai berikut :

1. Menanggalkan baju ( dari semua baju atau hanya pada area yang diuji). Ultrasonographer menutupi dengan kain di atas area yang akan disinari tidak untuk yang akan diuji.
2. Ultrasonographer menerapkan suatu mineral minyak jelly ke kulit mengeliminasi udara antara probe dan kulit untuk membantu melewati gelombang suara ke dalam tubuh. Ultrasonographer menutup probe dengan tutup plastic.

3. Melewatkan probe di atas kulit untuk memperoleh gambar yang dikehendaki. Tergantung jenis pengujian, mungkin probe disisipkan di bagian tubuh.
4. Mungkin diminta untuk mengubah posisi guna mendapatkan penglihatan yang lebih baik.
5. Setelah gambar diperoleh dan pengukuran telah dilakukan data disimpan dalam disk. Pasien dapat memperoleh hardcopy gambar.

### 13.4. Penggambaran Kedokteran Nuklir

Dimasa lalu, perawatan maupun pengamatan telah menggunakan cara umum untuk melihat bagian dalam tubuh, namun sekarang dokter dapat menggunakan teknik non-invasive. Beberapa teknik ini meliputi penyinaran sinar X, scanner MRI, scan CAT, ultrasonik dan sebagainya. Masing-masing teknik ini mempunyai keuntungan

dan kerugian yang membuatnya digunakan untuk kondisi dan bagian tubuh yang berbeda.

Teknik imaging kedokteran nuklir memberikan cara lain bagi dokter untuk melihat bagian dalam tubuh. Teknik ini mengkombinasikan pemanfaatan komputer, detektor dan unsur radio aktif. Teknik ini meliputi :

1. Positron emission tomography (PET)
2. Single photon emission computed tomography (SPET)
3. Cardiovascular
4. Scanning tulang

Penggambaran Kedokteran nuklir digunakan untuk mendeteksi tumor

- \* aneurysms (titik lemah dalam dinding pembuluh darah)
- \* irregular atau aliran darah pada variasi jaringan tidak cukup
- \* kekacauan sel darah dan pefungsian organ tidak cukup

yang demikian seperti thyroid dan kekurangan fungsi berkenaan dengan paru-paru. Beberapa penggunaan pengujian khusus tergantung pada symptom pasien dan penyakit yang didiagnosa

#### 13.4.1.1. Pengertian Positron Emission Tomography

Posisi emisi tomografi, yang selanjutnya dikenal dengan sebutan penggambaran PET adalah pengujian diagnose yang

melibatkan akuisisi dari gambar psikologi yang didasarkan pada deteksi radasi dari emisi positron. Positron adalah partikel tipis yang

idemisikan dari unsur radioaktif mengatur pada pasien. Gambaran tubuh dikembangkan dengan teknik yang digunakan untuk mengevaluasi berbagai penyakit. Kedokteran nuklir menggunakan instrumen tomographic untuk menggambarkan sebagian tubuh dan memfungsikannya dengan menyisipkan radio isotop ke dalam sistem vaskuler dan kemudian mencari konsentrasi dari pengusut dalam berbagai organ. Scanning PET dan SPECT keduanya diuraikan menghasilkan gambar tomography dan atau irisan individual. Metode lain dari pengujian bagian dalam dan luar tubuh dari tubuh sebenarnya berdasarkan pada radiasi panas (thermography) atau gelombang akustik (sonography). Instrumen endoscopy dengan sumber cahaya dan kamera pada imaging dan disisipkan ke dalam tubuh untuk mengambil gambar optik dari kerongkongan, perut, menurunkan

isi perut atau, bagian tubuh lain badan. Ketika suntikan itu beredar, radio isotop cenderung berdistribusi melalui suatu titik pada tubuh

Sepanjang badan pada titik titik yang dilayani oleh aliran darah mungkin terjadi konsentrasi secara istimewa di organ badan tertentu (missal radioaktif iodine dalam kelenjar gondok). Isotop mengeluarkan radiasi ( paling umum, sinar gamma) dapat diinterupsi oleh sinar kamera. Variasi intensitas radiasi dalam ruang sumber titik dalam tubuh mengaktifkan film Gamma atau susunan detektor lain yang merespon dengan pemetaan intensitas radiasi dalam ruang X-Y untuk menciptakan gambar. Radio isotop dalam penggunaan normal mempunyai umur yang relative singkat, jadi pengukuran secara cepat dan meminimkan bahaya radiasi.

#### **13.4.1.2. Prosedur Umum Penggunaan PET**

Scan PET seringkali digunakan untuk mendeteksi kanker dan menguji pengaruh terapi kanker dengan karakterisasi perubahan biokimia dalam kanker. Scan ini dapat dilakukan pada seluruh badan. Scan PET jantung dapat digunakan untuk menentukan aliran darah pada otot jantung dan membantu mengevaluasi adanya penyakit jantung cononer. Scan PET jantung dapat juga digunakan untuk menunjukkan fungsi area jantung yang mengalami penurunan fungsi hidup dibandingkan scarred sebagai

akibat serangan jantung yang dinamakan myocardial infarction. Dikombinasi dengan penelitian myocardial peRFusion, scan PET memungkinkan membedakan ketidak fungsian otot jantung dari otot jantung yang akan menguntungkan prosedur, yang demikian ini seperti angioplasty atau pembuluh coroner yang akan mengembalikan aliran darah cukup dan meningkatkan fungsi jantung. Scan PET otak digunakan untuk mengevaluasi pasien yang mengalami kekacauan memori dari penyebab

yang tak dapat ditentukan, diduga atau tumor otak yang tidak dapat merespon terhadap terapi medis

dan oleh karena itu perlu disarankan untuk perawatan.

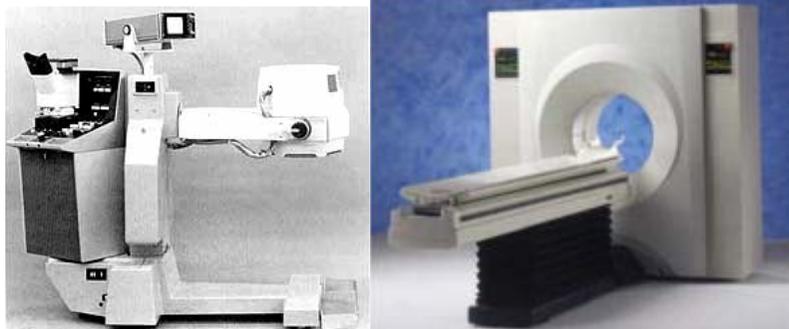
### 13.4.1.3. Prosedur Pengujian

Sebelum pengujian dimulai, mesin menghasilkan unsur radiasi yang dinamakan cyclotron dan dipasang, atau diberi label, campuran badan alami, yang paling umum glukosa namun tak jarang air atau ammonia. Unsur ini akan mengatur tubuh pasien melokalisasi radioaktif dalam area tubuh yang tepat dan deteksi oleh scanner PET.

PET menampilkan gambar dengan tingkat warna dan kecerahan yang berbeda dari jaringan atau organ tubuh. Misal sebab jaringan sehat menggunakan glukosa untuk energi, ini dihipunkan sebagian dari glukosa yang berlabel, akan ditunjukkan pada gambar PET. Oleh karena itu jaringan kanker yang menggunakan glukosa lebih banyak dari pada jaringan sehat

akan mengakumulasi unsur lebih banyak dan muncul lebih cerah dari pada jaringan normal pada gambar PET.

Salah satu teknik yang lebih awal menggunakan radio isotop adalah scintigraphy. Komponen radio aktif, umumnya menggunakan unsur iodine, technicium dan thallium disisipkan ke dalam tubuh. Setelah menyebar isotop rusak mengijinkan sinar gamma yang diambil oleh detektor kamera gama yang ditempatkan dalam area badan akan diuji. Bangunan scintillation bintik cahaya pada detektor membentuk gambar, tunggal diluar lokasi dan intensitas cahaya diemisikan sepanjang waktu. Terdapat kamera sinar gamma yang portabel menghasilkan scintigram



Gambar 13-48 Peralatan positron emisi tomography (PET)

Dengan memilih radio isotop dan mengambilnya dalam tubuh yang

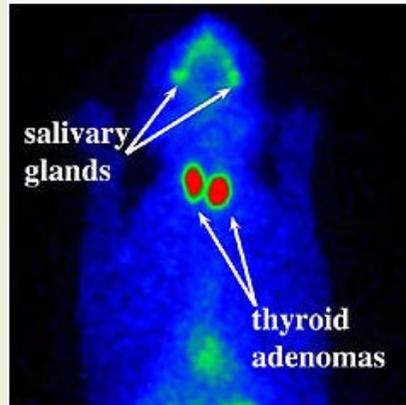
tepat, secara selektif konsentrasi di dalam tulang, skeletal anomali

siap digambar seperti ditunjukkan dalam pasangan dari pandangan tubuh berikut :



Gambar 13-49 Gambar skeletal anomali

Kebanyakan ini digunakan dalam penglihatan untuk anomali kelenjar gondok. Dalam pemandangan dari CAT ini, scintigram menunjukkan dengan tepat kondisi-kondisi abnormal (merah / kuning) dalam CAT kelenjar gondok ini yang diinjeksi dengan radio aktif iodine telah dikonsentrasikan secara selektif.



Gambar 13-50 Warna hijau kelenjar ludah, warna merah gondok adenomas

Dua instrument imaging daya tinggi dalam kedokteran nuklir yang menggunakan pendekatan tomography adalah scanner SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) dan PET (Position Emission Tomography). Instrumen ini secara khusus diempatkan untuk memantau proses dinamis seperti aliran darah

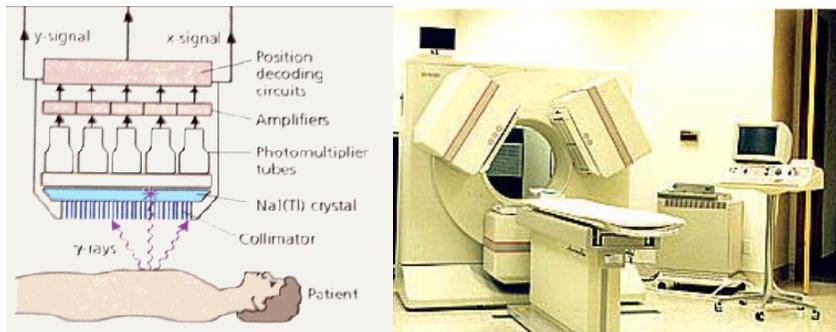
Sinyal sinar photon gamma dilewatkan ke dalam instrument melalui collimator dan kemudian membentur detektor yang terbuat dari kristal thallium yang diaktifkan sodium iodide. Titik cahaya diciptakan oleh sinar gama yang

dan sel metabolisme. Yang pertama instrument SPECT lebih dahulu digunakan secara umum baru berikutnya teknologi PET. Kedua instrument menggunakan kamera sinar gamma untuk mendeteksi sinar gamma yang diemisikan photon dari radio isotop yang digunakan dalam penggambaran tubuh.

diambil oleh photo multiplier, dikuatkan dan dikirim melalui rangkaian decoding menetapkan posisi X Y untuk setiap titik. Sinyal kemudian direkonstruksi sebagai gambar.



Gambar 13-51 Mesin PET



Gambar 13-52 Gambar scanner PET lengkap

Radio isotop yang memiliki perbedaan setengah umur disuntikan, tergantung pada jenis, namun semua dilipatkan dalam cakupan jam. Secara normal digunakan TC99 (Technicium), radio isotop lain meliputi I123 dan Xe 133 semua mengemisikan gamma. Setiap decay menghasilkan sinar proton gamma tunggal. SPECT pada umumnya

diaplikasikan mengscan otak untuk menentukan ketidaknormalan namun dapat juga bekerja pada organ yang lain seperti jantung, hati dengan kemampuan special untuk menggambarkan anomaly tulang. Pada gambar kelompok berikut menunjukkan hasil dari scan SPECT dari otak normal, irisan kepala pertama berkualitas tinggi.

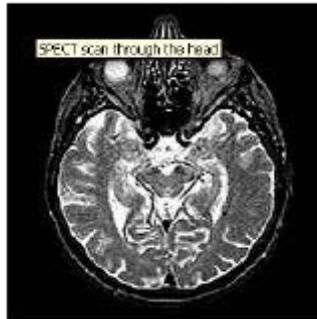
#### 13.4.2. Prosedur Pelaksanaan

Perawat atau teknisi akan mengantarkan pasien ke dalam ruang injeksi khusus, dimana unsur pengatur radioaktif disuntikkan ke dalam pembuluh darah (meskipun banyak kasus, akan diberi melalui pembuluh darah atau menghisap sebagai

gas). Ini membutuhkan waktu 30 sampai 90 menit untuk unsur yang berjalan melalui tubuh dan mengakumulasi dalam jaringan yang diamati. Selama waktu ini akan ditanyakan waktu istirahat pasien cukupkah dan mencegah gerakan

yang signifikan atau pembicaraan. Ini membutuhkan waktu 30 sampai 45 menit. Banyak pasien, khususnya yang yang berpenyakit jantung mengalami tekanan pengujian dengan scan PET sementara harus istirahat lagi setelah mendapatkan suntikan pami memasuki aliran darah ke jantung. Biasanya tidak terdapat

pembatasan pada rutinitas harian setelah pengujian, meskipun pasien telah minum banyak cairan untuk membas unsur radioaktif dari tubuh. Untuk menunjukkan corak dapat ditandai dengan warna yang berbeda. Terminologi digunakan untuk arah pandang yang berbeda transaxial, sagital dan coronal.



Gambar 13-53 hasil Scan kepala dengan SPECT

#### 13.4.2.1. Proses Pembentukan Gambar

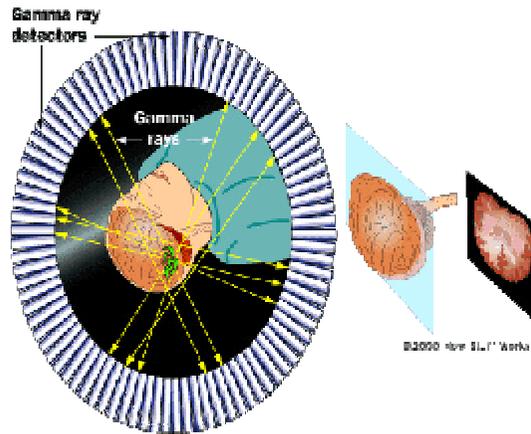
PET menghasilkan gambar tubuh dengan mendeteksi emisi radiasi dari unsur radioaktif. Unsur ini telah diinjeksikan ke dalam tubuh dan biasanya berlabel dengan atom radioaktif yang demikian ini seperti Carbon-11, Flourin-18, Oxygen-15 atau Nitrogen-13 yang memiliki waktu kerusakan pendek.

Atom radioaktif dibentuk dengan pemborbardiran kimia normal dengan neutron yang diciptakan isotop radioaktif umur pendek. PET mendeteksi sinar gamma yang menyemburkan disisi mana positron memancarkan dari unsur radioaktif menabrak dengan suatu elektron dalam jaringan.

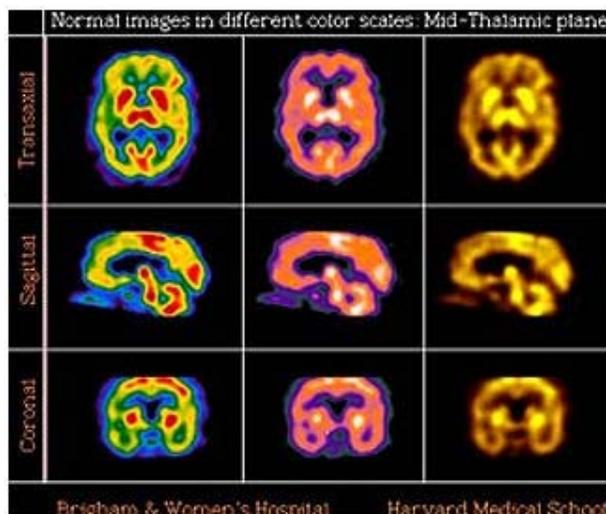
Dalam scan PET pasien diinjeksi dengan unsur radioaktif dan ditempatkan pada meja datar yang dapat digerakkan dalam naik melalui suatu rumah yang berbentuk donat. Rumah ini terdapat susunan detektor berisi lingkaran sinar gama, yang satu rangkaian dengan kristal scintillation, masing-masing dihubungkan ke suatu photo multiplier tabung. Kristal

mengubah sinar gamma, yang diemisikan dari tubuh pasien, ke suatu energi cahaya dan tabung photo multiplier mengubah dan menguatkan photon menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik ini kemudian diproses dengan komputer untuk membangkitkan gambar. Meja kemudian dipindahkan dan proses diulangi, akibatnya serangkaian irisan tipis gambar tubuh menyeluruh daerah yang diuji

(otak, paru-paru, liver). Irisan dipresentasikan sebagai tubuh gambar tipis ini disusun dan pasien.



Gambar 13-54 Refleksi sinar pada proses penggambaran PET memberikan gambar aliran variasi aktivitas tubuh. Bagaimanapun, meski terdapat beberapa pusat PET harus dilokasikan didekat partikel piranti pemercepat yang menghasilkan radioisotope umur pendek yang digunakan dalam teknik ini.



Gambar 13- 55 Gambar otak normal yang digambarkan dalam 3 posisi yang berbeda

Terdapat urutan pengirisan gambar individual (transaxial) melalui level otak yang berbeda. Diagram special di bawah ini,

dikembangkan dari scan SPECT, menunjukkan perubahan penyakit alkoholik sebelum dan sesudah perlakuan.



Gambar 13-56 Pengurangan alkohol



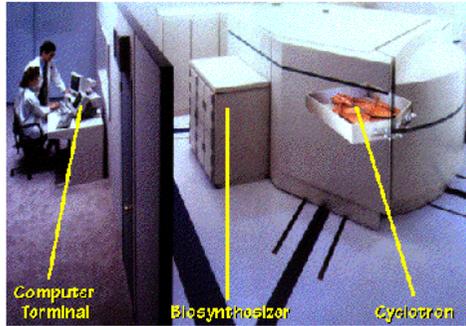
Gambar 13-57 Penambahan alcohol

Karena SPECT dan CT ke duanya merupakan metode tomography (seperti PET dan MRI), komputer dikendalikan dalam pemrosesan gambar, dapat dikombinasi hasil dari dua metoda, seperti

diilustrasikan dalam SPECT-CT sehingga dipresentasikan dalam bentuk 3D untuk menunjukkan sangkar tulang rusuk manusia, tulang belakang, jantung, dan gagal ginjal.



Gambar 13-58 Hasil SPECT dan CT dari torso bagian atas tubuh manusia ditunjukkan kedua tulang dan organ dalam



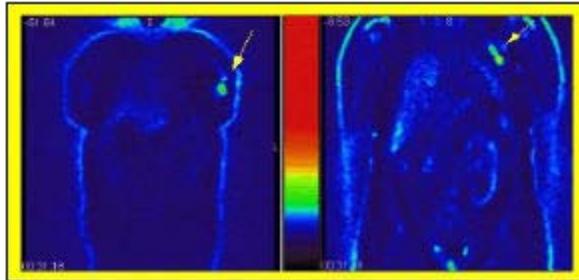
Gambar 13-59 Cylotran bagian instrumen PET yang digunakan untuk menghasilkan radioisoto umur pendek Menunjukkan cyclotron bagian instrumen PET

Apa yang menarik tentang kehadiran alat pemecah atom kecil yang membom campuran berisi elemen yang akan digunakan untuk melacak, dengan cara memproduksi "fresh" radionuklida. Ini memiliki setengah umur dengan cakupan dari detik sampai menit sehingga harus disisipkan ke pasien (yang ada dalam arena detektor di kamar yang berada di sisi belakang scanner PET) hampir dalam waktu nyata sebagai pelacakan gerakan campuran dari

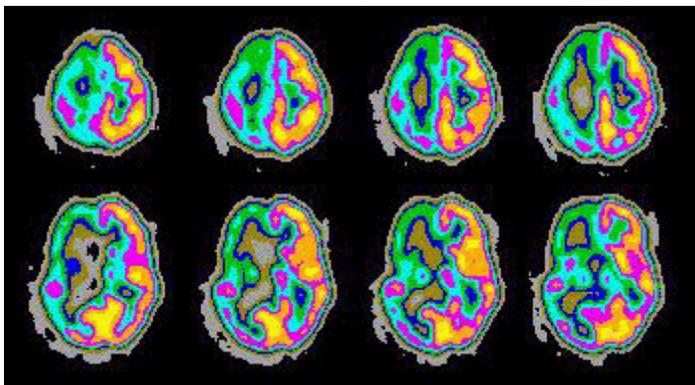
cyclotron ke individual yang sedang didiagnosa. Scan PET secara khusus ditargetkan untuk pengujian jaringan lunak dan penggunaan dalam ilmu penyakit saraf, cardiology, dan pendeteksian tumor dalam berbagai bagian-bagian dari tubuh. Dimulai dari tiga gambar yang ditunjukkan versi scan PET dari penggambaran badan utuh (bandingkan dengan scintigram di atas), dalam kasus ini kemajuan pemindahan jaringan menular dipantau dengan chemotherapy.



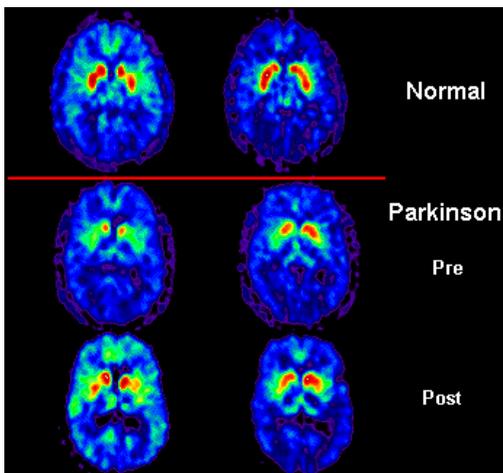
Gambar 13-60 PET ini mengungkapkan kemajuan dari kanker dada kiri pasien



Gambar 13-61 serangkaian irisan PET menunjukkan distribusi kondisi anomalous otak (irisan samping) dikaitkan dengan epilepsy.



Gambar 13-62 Scan PET dapat menunjukkan pola dalam otak yang membantu dokter dalam mendiagnose dan memperlakukan penyakit parkinson.



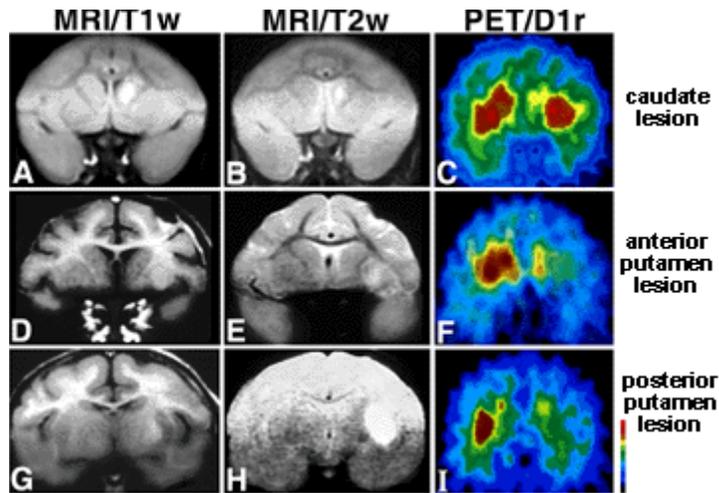
Gambar 13-63 Scan otak penderita parkinson

Berikut sekelompok ilustrasi penggambaran, kadang-kadang

MRI tidak dapat menunjukkan titik-titik yang tidak normal secara jelas

yang demikian ini seperti luka yang berkaitan dengan penyakit

Huntington yang dipertunjukkan secara efektif dengan scan PET.



Gambar 13-64 Perbandingan hasil MRI

Ini pasangan gambaran PET terakhir menyoroti hasil dari suatu pelajaran penelitian menarik oleh Dr. Marcus Raidle Washington Universitas ( St. Louis). Ia menggunakan scan PET dari otak seorang relawan yang menandai bagian atas dan area di mana beberapa keterampilan / pengetahuan bersifat elementer

aktivitas fungsional telah meninggalkan cetakannya. Setelah relawan dilatih empat bulan lebih untuk memodifikasi peningkatan kemampuan keterampilan dan pengetahuan baru, gambar dasar PET menunjukkan adanya pergeseran area baru dimana kemampuan ini telah terekam dalam otak.

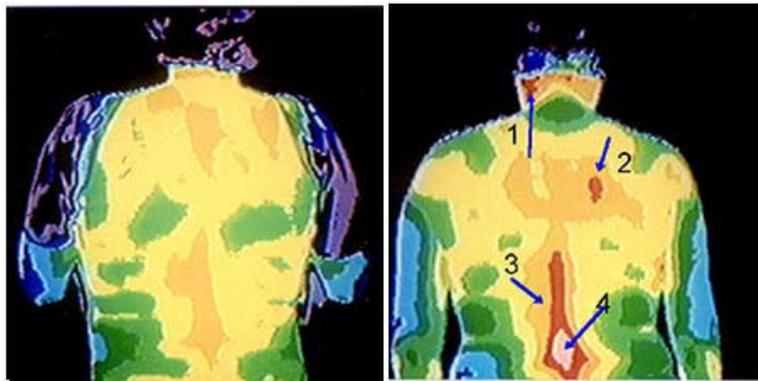
Sekarang kita tinggalkan tomography dan teknik kedokteran nuklir untuk membahas beberapa metoda imaging yang menggunakan pendekatan berbeda. Suatu thermography menggunakan pengindera thermal jarak jauh (sensor yang digunakan berupa kamera thermal dalam penggambaran medis dioperasikan sampai panjang gelombang infra merah menengah

antara (2,8 dan 5,5,  $\mu\text{m}$ ), piranti penggambaran lain dalam cakupan panjang gelombang 8 sampai 12  $\mu\text{m}$ . Ini juga dikenal sebagai penggambaran medis inframerah. Thermogram tubuh menunjukkan variasi temperatur, yang dapat didiagnosa untuk mengetahui berbagai penyakit dan kondisi patologi yang terdapat pada lokasi radang panas. Kebanyakan thermogram dibuat dari tubuh bagian luar, yang mana

temperatur adalah yang ada pada area kulit, variasi bagian dalam seperti dari ketegangan otot atau peradangan lokal menghasilkan temperatur lebih tinggi mengakibatkan aliran panas pada permukaan badan mengarah dengan konduksi langsung melalui vascular. Thermography medis umumnya terbatas pada resolusi penggambaran rendah namun nampaknya teknologi penghalusan yang digunakan terus meningkat, sekarang melayani sebagai alat pertama yang murah untuk menentukan jika terdapat keganjilan yang mengharuskan adanya imaging lebih jauh dengan metoda yang lebih sensitip. Thermography sangat sering digunakan dalam maography sebagai metoda deteksi awal untuk diikuti dengan

mammogram sinar x jika ditemukan ketidaknormalan secara signifikan.

Thermogram dapat juga melukiskan pemanasan abnormal yang menandakan adanya peradangan, yang ditunjukkan di sin. Mengenal kondisi neuropathy penyakit gula dapat dideteksi menggunakan thermography. Dalam gambaran di bawah, kaki kanan pasien kelihatan jelas lebih dingin, menyarankan sirkulasi yang berkaitan dengan kerusakan syaraf dikurangi. Dalam pasangan thermogram ini menunjukkan keefektifan perlakuan dari fibromyalgia. Dibawah ini menunjukkan thermogram keefektifan perawatan untuk fibromyalgia.



Gambar 13-65 Hasil scan termal

Terakhir NASA JPL telah dikembangkan suatu scanner termal yang portabel dioperasikan dalam cakupan 8 sampai 12  $\mu\text{m}$  dalam penelitian angkasa medis oleh astronot namun juga dapat digunakan sebagai perangkat

diagnose untuk mendeteksi penyakit tertentu. Misal dari gambar otak 3D di atas gambar 13-86 terdapat dua tumor (ditunjukkan dengan warna merah).

### 13.4.3. Resiko

- Pasien yang mempunyai penyakit nadi utama, memungkinkan mengalami sakit dada, atau angina, bila mengalami tekanan dalam kaitan dengan latihan atau suatu obat diaplikasikan pada jantung. Bagaimanapun, test akan dilaksanakan di bawah pengawasan spesialis yang terlatih untuk memantau jantung pasien dengan menggunakan informasi disajikan oleh electrocardiogram, berdasarkan irama jantung, tekanan darah. Jika perlu, pengobatan dapat diberikan untuk sakit dada. Pasien dimonitor cukup lama untuk memastikan bahwa pasien ada di baseline yaitu kondisi sama dengan ketika datang untuk melakukan pengujian.
- Penggunaan unsur radioaktif akan mengakibatkan eksposur pada sejumlah kecil radiasi jantung dan badan. Bagaimanapun, jumlah radioaktivitas diatur yang paling kecil diperlukan untuk menyediakan gambaran cukup. Cardiac nuklir medis memiliki prosedur dikerjakan lebih dari pada tiga decade dan . tidak ada efek kurang baik dalam jangka panjang, telah diteliti dan dilaporkan hasil penelitian.
- Reaksi alergi terhadap radio farmatik tetapi ini sangat jarang terjadi.
- Seperti dengan semua prosedur mengenai ilmu radiasi, adalah penting bahwa pasien menginformasikan pada dokter nya dan teknisi jika hamil, penyinaran radiasi selama kehamilan dijaga minimum. Tergantung pada masalah medis pasien, cardiac nuklir medis prosedur mungkin ditunda sampai setelah kehamilan pasien.

### 13.4.4. Keterbatasan Tomography Emisi Positron

PET dapat memberikan hasil salah jika keseimbangan kimia pasien tidaklah normal. Khususnya, hasil pengujian dari pasien diabetes yang sudah makan dalam beberapa jam sebelum pengujian dapat mempengaruhi oleh gula darah atau tingkat hormon insulin darah.

Juga karena unsur radioaktif rusak secara cepat dan efektif untuk perioda waktu pendek, harus dihasilkan dalam laboratorium di dekat scanner PET. Ini penting dilakukan tepat waktu agar

bertemu dan menerima unsur radioaktif sesuai waktu yang dijadwalkan. PET harus dikerjakan dengan ahli radiologi yang mempunyai keahlian khusus dalam nuklir medis dan mempunyai pengalaman dengan PET. Pusat medis paling besar sekarang melayani jasa PET untuk pasien mereka. Perawatan kesehatan dan perusahaan asuransi banyak mengaplikasikan PET, dan peningkatan pemenuhan berkelanjutan.

Akhirnya, nilai dari scan PET ditingkatkan bila bagian dari sebagian besar diagnostic dapat dilakukan. Seringkali memerlukan perbandingan scan PET dengan peralatan imaging yang lain seperti CT atau MRI. Pada umumnya SPECT, Cardiovascular Imaging and Bone Scanning SPECT merupakan teknik serupa dengan PET. Namun radioaktif yang digunakan dalam SPECT (Xenon-133), Technetium-99, Iodine-123) memiliki waktu rusak lebih lama dari pada yang

digunakan PET dan merupakan emisi tunggal mengganti sinar gamma ganda. Scan SPECT dapat memerikan informasi tentang aliran darah dan distribusi unsur radioaktif dalam tubuh. Gambar memiliki sensitivitas kurang dan gambar sedikit lebih rinci dari pada PET, namun teknik SPECT lebih murah dibanding PET. SPECT juga lebih dapat diakses dibanding PET memusat sebab tidaklah harus ditempatkan didekat suatu partikel pemercepat.

#### **13.4.5. Teknik Cardiovascular imaging**

Teknik cardiovascular imaging menggunakan unsur radioaktif untuk tabel aliran darah pembuluh jantung dan darah. Misal teknik imaging radiovascular menekankan pengujian thalium, yang mana pasien disuntikkan dengan campuran thalium, dicoba-coba pada suatu treadmill, dan digambar dengan kamera sinar gama. Setelah periode

istirahat pengamatan diulangi tanpa dicoba. Gambar sebelum dan sesudah percobaan dibandingkan untuk mengungkapkan perubahan aliran darah ke jantung yang sedang bekerja. Teknik ini berguna dalam mendeteksi penghalangan nadi utama atau arterioles dalam jantung dan jaringan lain.

#### **13.4.6. Scanning tulang**

Scanning tulang mendeteksi radiasi dari unsur radioaktif (technetium-pp ethyldiphosphate) yang bila diinjeksikan ke dalam tubuh, dikumpulkan dalam jaringan tulang, jaringan tulang adalah ahli dalam mengumpulkan campuran fosfor. Unsur

dikumpulkan dalam area aktivitas metabolik tinggi sehingga gambar yang dihasilkan menunjukkan titik terang dari aktivitas tinggi dan titik gelap dari aktivitas rendah. Scanning tulang bermanfaat untuk mendeteksi kanker, umumnya memiliki aktivitas metabolik tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agilent.2007. Agilent Automotive Electronics 10 Application Note on Design Debug and Function. Agilent Test. USA. © Agilent Technologies, Inc. [www.agilent.com](http://www.agilent.com)
- Basic oscilloscope operation Creative Commons Attribution License, version 1.0. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses>
- Bernard Grob. 1984. *Basic Television And Video Sistem*. Singapore. Mc Graw Hill International Edition Singapore
- Carson Kennedy.1999. *Introduction to GPS (Global Position System)*. Leica Geosystem AG. Switzerland. [www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)
- Cooper, William D, 1999. Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran. (Terjemahan Sahat Pakpahan). Jakarta : Penerbit Erlangga.(Buku asli diterbitkan tahun 1978)
- Creative Commons 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA
- David Matzke dkk. *USE OF THE OSCILLOSCOPE*. Science Learning Center. Data University Of Michigan-Dearbon.
- Deboo and Burrous.1977. *Integreted Circuit And Semiconductor Devices : theory and application*. Tokyo Japan : Kogakusha.Ltd
- Fluke. Principles testing methods and applications. [http://www.newarkinone.thinkhost.com/brands/promos/Earth\\_Ground\\_Resistance.pdf](http://www.newarkinone.thinkhost.com/brands/promos/Earth_Ground_Resistance.pdf)
- Garmin.(2000). *GPS Guide for beginner*. Garmin Corporation. USA. [www.garmin.com](http://www.garmin.com)
- Gekco. 2002. *A Video Tutorial*. Copyright Gekco. <http://www.gekco.com/vidprmr.htm> tanggal 1 Oktober
- Hai Hung Chiang. (1984). *Electrical And Electronic Instrumentation*. A wiley Interscience New York. Publication Jhn Wiley And Son.

Healthline Network, Inc. 2007. Equipment Information. 2007 Healthline Networks, Inc. All rights reserved.

[http://www.healthline.com/CTscan/Ctimaging equipment Information](http://www.healthline.com/CTscan/Ctimaging%20equipment%20Information)

[http://www.diagnostic medical IS/Medical ultrasonography - Wikipedia, the free encyclopedia.mht](http://www.diagnosticmedical.com/medicalultrasonography)

Jean-Marie Zogg. 2002. *GPS Basics Introduction to the system Application overview*. Thalwil Switzerland. [www.u-blox.com](http://www.u-blox.com)

Kamran Khan. (2007). XYZ of Oscilloscopes. Posted by [bailarina](#) on 29 May 2007. [www.sribd.com](http://www.sribd.com)

Knopp Incorporated. [http://www.knoppinc.com/phase\\_seq.htm](http://www.knoppinc.com/phase_seq.htm)

Leader Electronics. Instruction Manual LCR Bridge Model LCR-740. Leader electronics.Corp.

Le Magicien. 2000. **3 PHASE - 3 Wires Sequence Indikator. Tersedia dalam**

[http://www.geocities.com/lemagicien\\_2000/elecpage/3phase/3phase.html](http://www.geocities.com/lemagicien_2000/elecpage/3phase/3phase.html) diakses tanggal 19 Juni 2008

Magellan. Magellan Maestro <sup>TM</sup> 4050 User Manual. San Dimas CA 91773. Magellan Navigation Inc.

Manual stargass :

<http://images.mycdmm.de/file/353bb62d149fceb66f5537f0c8f152203b41f7c9>

Muslimim ,M. 1984. Alat-alat Ukur Listrik dan Pengukuran Listrik. Bandung : CV.Armico.

Phase Squence Indoicator . **tesco dua kawat** . <http://www.tesco-advent.com/tesco-phase-sequence.html>

R.S. Panti Rapih. MRI ( Magnetik Resonance Imaging ) Instalasi Radiologi.R.S. Panti Rapih .

<http://health.howstuffworks.com/mri1.htm>

Soedjana, S., Nishino, O. 1976. Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Sanwa Electric. Instructional Manual YX-360 TRD Multitester. Sanwa Electric

Sri M. Shanmukha Chary. 2005. Intermediate Vocational Course, 2<sup>nd</sup> Year TV servicing Lab-II Manual. Andra Pradesh. Director of Intermediate Education Govt.

Stanford. Basic oscilloscope operation Creative Commons Attribution License, version 1.0. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses> Creative Commons 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA Instrument Co.Ltd.

Tektronix. 2005. Fundamentals Of Real-Time Spectrum Analysis. USA. Tektronics. Inc. [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)

Wikipedia.2007. Global Positioning System. <http://wikipedia.org/wiki/GPS>

<http://computer.howstuffworks.com/monitor1.htm>

["http://en.wikipedia.org/wiki/CRO/Cathode\\_ray\\_tube"](http://en.wikipedia.org/wiki/CRO/Cathode_ray_tube)

[www.tektronix.com/signal\\_generators\\_9](http://www.tektronix.com/signal_generators_9)

[www.interq.or.jp/~se-inoue/e-oscilo0.htm](http://www.interq.or.jp/~se-inoue/e-oscilo0.htm)

<http://www.doctrionics.co.uk/scope.htm>

[http://www.tek.com/Measurement/App\\_Notes/37W\\_18400/eng/37W\\_18400\\_0.pdf](http://www.tek.com/Measurement/App_Notes/37W_18400/eng/37W_18400_0.pdf)

[http://productsearch.machinedesign.com/featuredproducts/Industrial\\_Computers\\_Embedded\\_Computer\\_Components/Data\\_Acquisition/Spectrum\\_Analyzers\\_Signal\\_Analyzers](http://productsearch.machinedesign.com/featuredproducts/Industrial_Computers_Embedded_Computer_Components/Data_Acquisition/Spectrum_Analyzers_Signal_Analyzers)

[http://www.aboutnuclear.org/view.cgi?fC=The\\_Atom](http://www.aboutnuclear.org/view.cgi?fC=The_Atom) <http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?PG=PET&bhcp=1>

[http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2\\_26d.htm](http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_26d.htm)

<http://www.medicalim>

<http://www.nmr-services.com/Process%20NMR>

<http://www.duncaninstr.com/images>

<http://www.humminbird.com/images/PDF/737.pdf>

[http://www.eaglesonar.com/Downloads/Manuals/Files/IntelliMap640c\\_0143-881\\_121305.pdf](http://www.eaglesonar.com/Downloads/Manuals/Files/IntelliMap640c_0143-881_121305.pdf) tanggal 20 Desember 07

<http://www2.tek.com/cmswpt/tidownload.lotr?ct=TI&cs=wpp&ci=3696&lc=EN&wt=480&wtwi=3696&wtla=EN&wty=TI&wtsty=White+Paper&wtp=DOWNLOAD&wtbu=Instrumens+Business&wtpl=Real+Time+Spektrum+Analyzers&wtlit=37W-19285-0&wtsize=27+KB&wtver=1.0&wtcat=tektronix&wtnbrp=0&wtmd=RSA2203A%2CRSA2208A%2CRSA3303A%2CRSA3308A%2CRSA3408A&wtti=EMI+Measurements+Using+Tektronix+Real-Time+Spektrum+Analyzers>

<http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?PG=PET&bhcp=1>

[http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2\\_26d.htm](http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_26d.htm)

<http://www.medicalim>

<http://www.nmr-services.com/Process%20NMR>

[http://www.tek.com/Measurement/App\\_Notes/37W\\_18400/eng/37W\\_18400\\_0.pdf](http://www.tek.com/Measurement/App_Notes/37W_18400/eng/37W_18400_0.pdf)

[http://productsearch.machinedesign.com/featuredproducts/Industrial\\_Computers\\_Embedded\\_Computer\\_Components/Data\\_Acquisition/Spektrum\\_Analyzers\\_Signal\\_Analyzers](http://productsearch.machinedesign.com/featuredproducts/Industrial_Computers_Embedded_Computer_Components/Data_Acquisition/Spektrum_Analyzers_Signal_Analyzers)

<http://www2.tek.com/cmswpt/tidownload.lotr?ct=TI&cs=wpp&ci=3696&lc=EN&wt=480&wtwi=3696&wtla=EN&wty=TI&wtsty=White+Paper&wtp=DOWNLOAD&wtbu=Instrumens+Business&wtpl=Real+Time+Spektrum+Analyzers&wtlit=37W-19285-0&wtsize=27+KB&wtver=1.0&wtcat=tektronix&wtnbrp=0&wtmd=RSA2203A%2CRSA2208A%2CRSA3303A%2CRSA3308A%2CRSA3408A&wtti=EMI+Measurements+Using+Tektronix+Real-Time+Spektrum+Analyzers>

<http://images.mycdmm.de/file/353bb62d149fceb6f5537f0c8f152203b41f7c9> Manual stargass

([www.wikimediafoundation.org/](http://www.wikimediafoundation.org/) Oktober 2007)

<http://www.aboutnuclear.org/view>

<http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?PG=PET&bhcp=1>

[http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2\\_26d.htm](http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_26d.htm)

<http://www.medicalim>

<http://www.nmr-services.com> /Process%20NMR

<http://www.healthline.com>\CTscan\ Ctimaging equipment Information

<http://health.howstuffworks.com/mri1.htm>

<http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?PG=PET&bhcp=1>

[http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2\\_26b.html](http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_26b.html) CT ijo

[http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2\\_26c.html](http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_26c.html) sumber CAT

<http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?PG=PET&bhcp=1>

[http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2\\_26d.html](http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_26d.html)

[http://en.wikilipedia.org/wiki/Functional\\_magnetik\\_resonance\\_imaging](http://en.wikilipedia.org/wiki/Functional_magnetik_resonance_imaging)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Medical\\_imaging](http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_imaging)

[http://www.aboutnuclear.org/view.cgi?fC=The\\_Atom](http://www.aboutnuclear.org/view.cgi?fC=The_Atom)<http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?PG=PET&bhcp=1>[http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2\\_26d.htm](http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_26d.htm)

<http://www.medicalim>

<http://www.nmr-services.com> /Process%20NMR

<http://www.healthline.com>\CTscan\ Ctimaging equipment Information

<http://health.howstuffworks.com/mri1.htm>

<http://www.DiagnostikMedicalIS/>Medicalultrasonography-Wikipedia,the freeencyclopedia.mht.

<http://www.humminbird.com/images/PDF/737.pdf>

## LAMPIRAN B

### DAFTAR TABEL

No. Tabel	Nama Tabel	Halaman
Tabel 1-1	Besaran-besaran satuan dasar SI	3
Tabel 1-2	Beberapa contoh satuan yang diturunkan	4
Tabel 1-3	Perkalian desimal	5
Tabel 1-4	Satuan bukan SI yang dapat dipakai bersama dengan satuan	5
Tabel 1-5	Konversi Satuan Inggris ke SI	6
Tabel 1-6	Letak alat ukur waktu digunakan	9
Tabel 1-7	Beberapa Contoh Alat Ukur Penunjuk Listrik	13
Tabel 1-8	Tabel kebenaran decoder BCD	33
Tabel 1-9	Karakteristik beberapa fosfor yang lazim digunakan	39
Tabel 2-1	Kalibrasi Arus	50
Tabel 2-2	Harga $R_x$ dan D	64
Tabel 2-3	Spesifikasi Umum Meter Elektronik Analog	72
Tabel 2-4	Probe Multimeter Pengukuran Tegangan Tinggi	72
Tabel 2-5	Range Pengukuran dan Akurasi	73
Tabel 2-6	Kalibrasi Voltmeter	84
Tabel 2-7	Kesalahan dan Koreksi Relatip	85
Tabel 2-8	Kalibrasi Arus	89
Tabel 2-9	Kesalahan dan Koreksi Relatip	90
Tabel 2-10	Spesifikasi Multimeter Digital	114
Tabel 3-1	Pembacaan nilai pengukuran	145
Tabel 3-2	Pengaturan saklar NORMAL pada +1,00	146
Tabel 3-3	Range multiplier	158
Tabel 4-1	Rating, Internal Impedance, and rated power loss	175
Tabel 4-2	Konstanta Pengali (Tegangan perkiraan 120/240V, arus perkiraan 1/5A)	179
Tabel 4-3	Range Tegangan dan Arus	194
Tabel 5-1	Tahanan pentanahan	221
Tabel 5-2	Panduan Penetapan Penyelidikan	226
Tabel 5-3	Spesifikasi Field Meter Statik	239
Tabel 5-4	Data Teknik	243
Tabel 5-5	Spesifikasi Smart Field Meter	246
Tabel 6-1	Spesifikasi generator fungsi	250
Tabel 6-2	Crest faktor dan bentuk gelombang	272
Tabel 6-3	Konversi dBm	273
Tabel 9-1	Span dipilih, dihapus dan kecepatan sampel efektif	388
Tabel 9-2	Perbandingan pengaruh perubahan pengaturan span pada ranah frekuensi dan waktu	389
Tabel 9-3	Beberapa model penganalisa spectrum waktu riil	414
Tabel 9-4	Data Spesikasi	415
Tabel 9-5	Simbol-simbol keamanan	415
Tabel 9-6	Kebutuhan Alat Pelengkap	416
Tabel 10-1	Saklar pola gambar	456
Tabel 11-1	Spesifikasi	502

Tabel 11-2	Karakteristik Pengetesan Alat	503
Tabel 11-3	Cakupan Nilai Antara Kandungan Gas Aman	515
Tabel 12-1	Faktor-faktor kesalahan	538

## LAMPIRAN C

### DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Nama gambar	Halaman
Gambar 1-1	Alat ukur standar galvanometer	2
Gambar 1-2	Alat ukur sekunder	3
Gambar 1-3	Posisi pembacaan meter	7
Gambar 1-4a	Pembacaan yang salah	7
Gambar 1-4b	Pembacaan yang benar	7
Gambar 1-5	Pengenalan meter tidak tepat	7
Gambar 1-6	Posisi pegas	8
Gambar 1-7	Kalibrasi sederhana ampermeter	10
Gambar 1-8	Kalibrasi sederhana voltmeter	11
Gambar 1-9	Hukum tangan kiri Fleming	14
Gambar 1-10	Prinsip kerja alat ukur	15
Gambar 1-11	Momen penyimpang	16
Gambar 1-12	Penentuan dari penunjukkan alat ukur kumparan putar	17
Gambar 1-13	Skala alat ukur kumparan putar	17
Gambar 1-14	Peredaman alat ukur kumparan putar	18
Gambar 1-15	Gerakan jarum penunjuk dari suatu alat ukur	19
Gambar 1-16	Prinsip kerja instrumen tipe tarikan	20
Gambar 1-17	Beberapa bagian instrumen tipe tarikan	21
Gambar 1-18	Besarnya momen gerak	21
Gambar 1-19	Beberapa bagian penampang jenis repulsion	23
Gambar 1-20	Dua buah lembaran besi yang berbentuk seperti lidah	23
Gambar 1-21	Prinsip alat ukur elektrodinamis	25
Gambar 1-22	Rangkaian ampermeter elektrodinamis	26
Gambar 1-23	Rangkaian voltmeter elektrodinamis	26
Gambar 1-24	Skema voltmeter elektrostatis	27
Gambar 1-25	Rekombinasi elektron	29
Gambar 1-26	Polaritas dan simbol LED	29
Gambar 1-27	LED	30
Gambar 1-28	Rangkaian LED	30
Gambar 1-29	Skematik seven segmen	31
Gambar 1-30	Peraga seven segmen	31
Gambar 1-31	Rangkaian dekoder dan seven segmen	32
Gambar 1-32	Macam-macam peragaan seven segmen	32
Gambar 1-33	Konstruksi LCD	33
Gambar 1-34	Contoh peraga LCD pada multimeter	34
Gambar 1-35	Perkembangan LCD pada implementasi monitor TV	35
Gambar 1-36	Skema CRT	36
Gambar 1-37	Cutaway rendering of a color CRT	36
Gambar 1-38	Senapan elektron	37
Gambar 1-39	Tanda skala gratikul	40
Gambar 2-1	Basic meter unit	42
Gambar 2-2a	Ampermeter shunt	43
Gambar 2-2b	Ampermeter dengan basic meter unit	43
Gambar 2-3	Contoh soal ampermeter shunt	44

Gambar 2-4	Ampermeter dengan ring yang berbeda	45
Gambar 2-5	Ayrton shunt	46
Gambar 2-6	Rangkaian penyearah pada Ampermeter AC	47
Gambar 2-7	Contoh dasar ampermeter AC	48
Gambar 2-8	Hasil posisi pembacaan meter	49
Gambar 2-9	Kalibrasi arus	49
Gambar 2-10a	Rangkaian tanpa meter	50
Gambar 2-10b	Rangkaian dengan meter	51
Gambar 2-11	Rangkaian ekivalen thevenin	51
Gambar 2-12	Contoh soal thevenin	52
Gambar 2-13	Contoh soal	52
Gambar 2-14	Contoh soal	54
Gambar 2-15	Voltmeter DC sederhana	54
Gambar 2-16	Voltmeter dengan basic meter unit dan multiplier	55
Gambar 2-17	Contoh soal voltmeter	56
Gambar 2-18	Contoh Implementasi	57
Gambar 2-19a	Tegangan tanpa meter	60
Gambar 2-19b	Tegangan dengan meter	60
Gambar 2-20a	Rangkaian tanpa meter	60
Gambar 2-20b	Rangkaian dengan meter	60
Gambar 2-21	Rangkaian penyelesaian aplikasi 1	61
Gambar 2-22	Rangkaian penyelesaian aplikasi 2	62
Gambar 2-23	Dasar ohmmeter seri	63
Gambar 2-24	Pembuatan tanda/skala ohmmeter	65
Gambar 2-25	Skala logaritmis pada ohmmeter seri	65
Gambar 2-26	Aplikasi ohmmeter seri	66
Gambar 2-27	Dasar ohmmeter parallel	67
Gambar 2-28	Skala ohmmeter parallel	67
Gambar 2-29	Jenis-jenis multimeter elektronik di pasaran	68
Gambar 2-30	Multimeter elektronik	69
Gambar 2-31	Rangkaian voltmeter DC elektronik	69
Gambar 2-32	penyearah	70
Gambar 2-33	Rangkaian ohmmeter elektronik	71
Gambar 2-34	Gambar saklar jarum nol	74
Gambar 2-35	Gambar pemilih fungsi	74
Gambar 2-36	Panel depan	75
Gambar 2-37	Fungsi jarum penunjuk	75
Gambar 2-38	Fungsi skala	75
Gambar 2-39	Fungsi zero adjust screw	76
Gambar 2-40	Fungsi ohm adjust knob	76
Gambar 2-41	Fungsi selector switch	77
Gambar 2-42	Fungsi lubang kutub (VAO terminal)	77
Gambar 2-43	Fungsi lubang kutub + (common terminal)	78
Gambar 2-44	Knob pemilih range	78
Gambar 2-45	Rangkaian pengukur tegangan DC	79
Gambar 2-46	Penunjukan pengukuran tegangan DC	79
Gambar 2-47	Pengawatan pengukuran tegangan DC salah	80
Gambar 2-48	Knob pemilih range	80
Gambar 2-49	Rangkaian pengukuran tegangan AC jala-jala PLN	81

Gambar 2-50	Penunjukan pengukuran tegangan AC	81
Gambar 2-51	Rangkaian Kalibrasi Tegangan	83
Gambar 2-52	Rangkaian Pengukuran Arus DC	85
Gambar 2-53	Knob Pemilih Range	86
Gambar 2-54	Skala Penunjukkan Arus DC	86
Gambar 2-55	Knob Pemilih Range	87
Gambar 2-56	Rangkaian Pengukuran Arus DC yang Salah	87
Gambar 2-57	Rangkaian Kalibrasi Arus	88
Gambar 2-58	Cara Pemasangan Ohmmeter	91
Gambar 2-59	Posisi Pemindahan Range Ohmmeter	91
Gambar 2-60	Kalibrasi Ohmmeter	92
Gambar 2-61	Penempatan Resistor pada Pengukuran OHM	92
Gambar 2-62	Penunjukkan Hasil Pengukuran Ohm	93
Gambar 2-63	Rangkaian Pengukuran Resistansi	93
Gambar 2-64	Membuka Sekrup Pengunci	94
Gambar 2-65	Bagian Belakang Meter	94
Gambar 2-66	Posisi Skala dB Meter	95
Gambar 2-67	Pengenalan Sebelum Mengukur Hambatan	95
Gambar 2-68	Pengukuran Arus Bocor Transistor NPN	96
Gambar 2-69	Posisi Saklar Pembacaan $I_{CEO}$	96
Gambar 2-70	Rangkaian Pengetesan LED dengan Ohmmeter	97
Gambar 2-71	Pengukuran Arus $I_F$ Dioda Bias Maju	97
Gambar 2-72	Pengukuran Arus $I_R$ Dioda Bias Mundur	98
Gambar 2-73	Posisi Skala Pembacaan LV	98
Gambar 2-74	Gerakan Jarum Pengukuran Kapasitor	99
Gambar 2-75	Posisi Skala Kapasitor	99
Gambar 2-76	Pengenalan jarum Ohmmeter	100
Gambar 2-77	Pengetesan Dioda Bias Maju	101
Gambar 2-78	Pengetesan Dioda Bias Balik	101
Gambar 2-79	Knob Selektor Posisi Ohmmeter	102
Gambar 2-80	Gambar Kalibrasi Ohmmeter	102
Gambar 2-81	Pengetesan Transistor NPN Emitter Negatif	103
	Meter Nunjuk Nol	
Gambar 2-82	Pengetesan Transistor NPN Kolektor Negatif	103
	Meter Nunjuk Nol	
Gambar 2-83	Pengetesan Base Emitter Reverse	104
Gambar 2-84	Pengetesan Basis Kolektor Reverse	104
Gambar 2-85	SCR Anoda Gate dikopel Katoda Tegangan Negatif	105
Gambar 2-86	Gate Dilepaskan Posisi Jarum Tetap Nol	105
Gambar 2-87	Elektroda SCR FIR 3D	106
Gambar 2-88	Pelepasan Sekrup Pengunci Sekring	106
Gambar 2-89a	Posisi Sekering dalam PCB	107
Gambar 2-89b	Sekering	107
Gambar 2-90	Pengetesan sekering	107
Gambar 2-91	Pengukuran Baterai	108
Gambar 2-92	Pengecekan Colok Meter	108
Gambar 2-93	Pengubah analog ke digital	110
Gambar 2-94	Bentuk gelombang pencacah pengubah analog ke digital	111

Gambar 2-95	Meter Digital	111
Gambar 2-96a	Sistem Pengukuran Tegangan	115
Gambar 2-96b	Bentuk Gelombang Tegangan	116
Gambar 2-97	Pengukuran Resistansi dengan Voltmeter Digital	117
Gambar 2-98	Sistem dan Bentuk Gelombang Pengukuran Frekuensi	118
Gambar 2-99	Sistem dan Bentuk Gelombang Pengukuran Periode	119
Gambar 2-100	Sistem Pengukuran Interval Waktu	120
Gambar 2-101	Sistem dan Bentuk Gelombang pengukuran kapasitansi	121
Gambar 2-102	Macam-macam Meter Digital	122
Gambar 2-103	Multimeter Digital dengan Selektor dan Otomatis	124
Gambar 2-104	Macam-macam Multimeter Digital di Pasaran	125
Gambar 3-1	Jembatan Wheatstone	126
Gambar 3-2	Jembatan Kelvin	128
Gambar 3-3	Jembatan Ganda Kelvin	130
Gambar 3-4	Jembatan Pembanding Induktansi	132
Gambar 3-5	Jembatan Maxwell	133
Gambar 3-6	Jembatan Hay	135
Gambar 3-7	Jembatan Pembanding Kapasitansi	137
Gambar 3-8	Jembatan Schering	138
Gambar 3-9	Panel-panel LCR Meter	141
Gambar 3-10	Sisi Atas Case	142
Gambar 3-11	Panel Belakang LCR Meter	143
Gambar 3-12	Posisi Saklar Off	144
Gambar 3-13	Posisi Nol Meter	144
Gambar 3-14	Panel Depan LCR Meter	145
Gambar 3-15	Cara Mengukur Resistansi	146
Gambar 3-16	Posisi Selector	146
Gambar 3-17	Posisi DC R	147
Gambar 3-18	Posisi Normal	147
Gambar 3-19	Posisi On	147
Gambar 3-20	Range Multiplier	147
Gambar 3-21	Pengaturan Indikator Meter Nol	148
Gambar 3-22	Pembacaan Indikator RCL	148
Gambar 3-23	Selector pada Posisi C	149
Gambar 3-24	Saklar Source pada AC/RL	149
Gambar 3-25	Dial D Q pada 0	149
Gambar 3-26	Saklar D Q pada posisi x 1	150
Gambar 3-27	Saklar Normal +1,00 pada posisi Normal	150
Gambar 3-28	Saklar Power pada posisi On	150
Gambar 3-29	Kontrol Sensitivity	150
Gambar 3-30	Posisi Kapasitor yang diukur	151
Gambar 3-31	Mengatur Saklar Range Multiplier	151
Gambar 3-32	Mengatur Dial D Q	151
Gambar 3-33	Mengatur Knob RCL dan Dial D Q	152
Gambar 3-34	Mengatur Saklar D Q pada Posisi x 10	152
Gambar 3-35	Pembacaan Hasil Pengukuran	152
Gambar 3-36	Saklar Pemilih pada Posisi L	153

Gambar 3-37	Saklar Sumber Tegangan AC	153
Gambar 3-38	Saklar DQ x 1 – x 10 dipilih Posisi x1	154
Gambar 3-39	Saklar Normal pada Posisi Normal	154
Gambar 3-40	Saklar Range Pengali pada Posisi 1 mH	154
Gambar 3-41	Posisi Induktor yang Diukur	155
Gambar 3-42	Penunjukan Jarum	155
Gambar 3-43	Hubungan ke Sumber Tegangan Luar	157
Gambar 3-44	Pengukuran R dengan Sumber dari Luar	158
Gambar 3-45	Pengukuran C, L dengan Sumber dari Luar	158
Gambar 4-1	Pengukuran Daya dengan Memakai Voltmeter dan Ampermeter	160
Gambar 4-2	Pengukuran Daya Metoda Tiga Voltmeter dan Tiga Ampermeter	163
Gambar 4-3	Wattmeter Satu Fasa	165
Gambar 4-4	Metode ARON	167
Gambar 4-5	Diagram Fasor Tegangan Tiga Fasa Vac, Vcb, Vba dan Arus Tiga Fasa Iac, Icb, dan Iba	168
Gambar 4-6	Konstruksi Wattmeter Elektrodinamometer	169
Gambar 4-7	Diagram Vektor Wattmeter Jenis Elektrodinamometer	170
Gambar 4-8	Diagram Vektor Wattmeter Jenis Induksi	170
Gambar 4-9	Prinsip Wattmeter Jenis Thermokopel	171
Gambar 4-10	Rangkaian Wattmeter Jenis Elektrodinamometer	172
Gambar 4-11	Variasi Penyambungan Wattmeter	173
Gambar 4-12	Konstruksi Wattmeter Tipe Portable Single Phase	174
Gambar 4-13	Hubungan Internal Wattmeter Tipe Portable Single Phase	174
Gambar 4-14	Hubungan Kumparan Arus Seri terhadap Beban	176
Gambar 4-15	Pengukuran Daya Satu Fasa jika Arus Melebihi Nilai Perkiraan	176
Gambar 4-16	Pengukuran Daya Satu Fasa jika Tegangan Melebihi Nilai Perkiraan	177
Gambar 4-17	Pengukuran Daya Satu Fasa jika Arus dan Tegangan Melebihi Nilai Perkiraan	177
Gambar 4-18	Pengukuran Daya Tiga Fasa (Metode Dua Wattmeter)	178
Gambar 4-19	Pengukuran Daya Tiga Fasa jika Arus dan Tegangan Melebihi Nilai Perkiraan	178
Gambar 4-20	Rangkaian Wattmeter AC Satu Fasa	180
Gambar 4-21	Rangkaian Kumparan tegangan	181
Gambar 4-22	Konstruksi Wattjam Meter	184
Gambar 4-23	Mekanik Meter Induksi Elektromekanik	185
Gambar 4-24	Meter Induksi Elektromekanik, 100A 230/400 V Cakram Baling-baling Aluminium Horizontal Merupakan Pusat Meter	186
Gambar 4-25	Meter Listrik Solid State	187
Gambar 4-26	Rangkaian Alat Ukur Faktor Daya Satu Fasa	191
Gambar 4-27	Konstruksi Alat Ukur Faktor Daya	192
Gambar 4-28	Rangkaian Alat Ukur Faktor Daya Tiga Fasa	193

Gambar 4-29	Alat Ukur Faktor Daya Tipe Daun Terpolarisasi	193
Gambar 4-30	Konstruksi Faktor Daya (Cos Q meter)	194
Gambar 4-31	Segitiga Daya	196
Gambar 4-32	Daya Bersifat Induktif	196
Gambar 4-33	Daya Bersifat Kapasitif	196
Gambar 4-34	Pengukuran Faktor Daya Satu Fasa	199
Gambar 4-35	Pengukuran Faktor Daya Tiga Fasa	200
Gambar 4-36	Metode Menentukan Urutan Fasa dengan R dan C	200
Gambar 4-37	Fasor Diagram saat Urutan Fasa Benar	201
Gambar 4-38	Fasor Diagram saat Urutan Fasa Salah	201
Gambar 4-39	Metode Menentukan Urutan Fasa dengan Lampu	202
Gambar 4-40	Konstruksi Indikator Tes Urutan Fasa	202
Gambar 4-41	Prinsip Indikator Tes Urutan Fasa	203
Gambar 4-42	Contoh Indikator Tes Urutan Fasa yang Lain	205
Gambar 4-43	Pengoperasian Indikator Urutan Fasa dengan R dan C pada Urutan Benar	206
Gambar 4-44	Pengoperasian Indikator Urutan Fasa dengan R dan C pada Urutan Salah	207
Gambar 4-45	Pengoperasian Indikator Urutan Fasa dengan Lampu pada Urutan Benar	208
Gambar 4-46	Pengoperasian Indikator Urutan Fasa dengan Lampu pada Urutan Salah	209
Gambar 5-1	Penguji Tahanan Isolasi	211
Gambar 5-2	Penguji tahanan Isolasi Menggunakan Baterai	212
Gambar 5-3	Pengecekan Kondisi Baterai	213
Gambar 5-4	Baterai dalam Kondisi Baik	213
Gambar 5-5	Meter Siap Digunakan	214
Gambar 5-6	Pengukuran Tahanan isolasi	214
Gambar 5-7	Pengukuran Tahanan Isolasi antara Fasa dengan Nol N	214
Gambar 5-8	Pengukuran tahanan isolasi antara Fasa dengan Tanah G	215
Gambar 5-9	Pengukuran tahanan isolasi antara nol N dengan Tanah G	
Gambar 5-10	Pengukuran Tahanan Isolasi antara Instalasi dengan Tanah G	215
Gambar 5-11	Elektroda yang Mempunyai Pengaruh Lapisan	216
Gambar 5-12	Tanah yang korosif	217
Gambar 5-13	Sambaran petir	218
Gambar 5-14	Nilai Tahanan Pentanahan yang Ideal	218
Gambar 5-15	Hubungan antara Penghantar Tanah dan Elektroda Tanah	219
Gambar 5-16	Elektroda yang mempunyai pengaruh lapisan	221
Gambar 5-17	Elektroda Pentanahan	222
Gambar 5-18	Hubungan Beberapa Elektroda Pentanahan	222
Gambar 5-19	Jaringan Bertautan	222
Gambar 5-20	Pelat Tanah	222
Gambar 5-21	Cara Mengukur Tahanan Tanah	224

Gambar 5-22	Uji drop tegangan	225
Gambar 5-23	Uji Selektif	227
Gambar 5-24	Pengetesan alur arus metoda tanpa pancang	228
Gambar 5-25	Susunan Metoda tanpa Pancang	229
Gambar 5-26	Mengukur Tahanan Tanah dengan Dua Kutub	230
Gambar 5-27	MGB Mentanahkan Tanah	230
Gambar 5-28	Pengetesan kantor pusat tanpa pancang	231
Gambar 5-29	Pelaksanaan Pengujian Jatuh Tegangan pada Sistem Pentanahan Secara Keseluruhan	232
Gambar 5-30	Pengukuran Tahanan Tanah Masing-masing pada Sistem Pentanahan Menggunakan Pengujian Terpilih	232
Gambar 5-31	Susunan Khas Sistem Pentanahan pada Suatu Instalasi Menara Seluler	233
Gambar 5-32	Susunan Khas Sistem Pentanahan pada Gardu Induk	235
Gambar 5-33	Penggunaan Pengetesan tanpa Pancang pada Instalasi Switching Jarak Jauh	235
Gambar 5-34	Penggunaan Pengetesen Tahanan Tanah Terpilih pada Sistem Penangkal Petir	235
Gambar 5-35	Mekanik field meter	235
Gambar 5-36	Rangkaian Elektronik Field Meter Statik	236
Gambar 5-37	Hasil pengukuran tegangan	237
Gambar 5-38	Field Meter Statik	237
Gambar 5-39a	Rotating Shutters pada Permukaan Belakang Field Meter	238
Gambar 5-39b	Field Meter Digunakan Diluar Ruangan	238
Gambar 5-40	Ukuran field meter statik	239
Gambar 5-41	Letrak Pin Field Meter Statik	240
Gambar 5-42	Aluminium-Clamp dengan Ulir	240
Gambar 5-43	Instrumen Field Meter Digital	241
Gambar 5-44	Display Field Meter Digital	242
Gambar 5-45	Smart field meter	244
Gambar 5-46	Aplikasi smart field meter	245
Gambar 5-47	Frekuensi respon	245
Gambar 6-1	Contoh Generator Fungsi	247
Gambar 6-2	Blok Diagram Generator Fungsi	249
Gambar 6-3	Gambar Troubel Shooting Menggunakan Teknik Signal Tracing	251
Gambar 6-4	Penggunaan Generator Fungsi Sebagai Kombinasi Bias dan Sumber Sinyal	252
Gambar 6-5	Karakteristik Amplifier pada Overload	253
Gambar 6-6	Setting Peralatan dan Pengukuran Respon Frekuensi	255
Gambar 6-7	Peragaan Respon Frekuensi Audio Amplifier	255
Gambar 6-8	Pengaruh Variasi Tone Kontrol	256
Gambar 6-9a	Pengetesan Sistem Speaker	257
Gambar 6-9b	Karakteristik Pengetesan Sistem Speaker dan Rangkaian Impedansi	257
Gambar 6-10	Pengoperasian Generator RF	259

Gambar 6-11	Rangkaian Direct Digital Synthesis	260
Gambar 6-12	Presentasi Gelombang Sinus dalam Memori Gelombang	261
Gambar 6-13	Phase Accumulator Circuitry	262
Gambar 6-14	Bentuk gelombang arbitrary dengan diskontinuitas	264
Gambar 6-15	Spektrum bentuk gelombang di atas pada 100 kHz	264
Gambar 6-16	Rangkaian pembangkit bentuk gelombang kotak	265
Gambar 6 -17	Rangkaian pembangkit bentuk gelombang pulsa	266
Gambar 6-18	Parameter bentuk gelombang pulsa	266
Gambar 6-19	Rangkaian kendali amplitudo output	269
Gambar 6-20	Impedansi keluaran generator fungsi	269
Gambar 6-21	Pengaruh rangkaian tertutup ground	271
Gambar 6-22	Nilai tegangan yang penting pada gelombang sinus	272
Gambar 6-23	Modulasi amplitudo	274
Gambar 6-24	Modulasi frekuensi	275
Gambar 6-25	Frequensi shift keying	275
Gambar 6-26	Fekuensi sapuan	276
Gambar 6-27	Sweep with marker at DUT resonance	277
Gambar 6-28	Bentuk gelombang keluaran syn dan tiga siklus bentuk gelombang burst	278
Gambar 6-29	Konfigurasi dua instrumen	278
Gambar 6-30	Pengukuran lebar band dari filter bandpass dan penguat IF	280
Gambar 6-31	Bentuk gelombang keluaran generator fungsi	281
Gambar 6-32	Pelacakan Penganalisa spektrum	281
Gambar 6-33	Alignment penerima AM	283
Gambar 6-34	Alignment dari penerima IF komunikasi FM dan diskriminator	284
Gambar 7-1	Pengambilan Data dengan CRO	288
Gambar 7-2	Peraga Bentuk Gelombang Komponen X, Y, Z	289
Gambar 7-3	Bentuk Gelombang pada Umumnya	290
Gambar 7-4	Sumber-sumber Bentuk Gelombang pada Umumnya	290
Gambar 7-5	Gelombang Sinus	291
Gambar 7-6	Bentuk Gelombang Kotak dan Segiempat	291
Gambar 7-7	Bentuk Gelombang Gigi Gergaji dan Segitiga	291
Gambar 7-8	Step, Pulsa dan Rentetan Pulsa	292
Gambar 7-9	Bentuk Gelombang Komplek Video Komposit	293
Gambar 7-10	Frekuensi dan Periode Gelombang Sinus	293
Gambar 7-11	Amplitudo dan Derajat Gelombang Sinus	294
Gambar 7-12	Pergeseran Pasa	295
Gambar 7-13	Operasi Dasar CRO	296
Gambar 7-14	Hubungan Basis Waktu Masukan dan Tampilan	298
Gambar 7-15	Struktur Tabung Gambar	298
Gambar 7-16	Sistem Pembelokan Berkas Elektron	299
Gambar 7-17	Blok Diagram CRO Analog	301
Gambar 7-18	Blok Diagram CRO Free Running	303

Gambar 7-19	Blok Diagram Osiloskop Terpicu	305
Gambar 7-20	Peraga Osiloskop Free Running	055
Gambar 7-21	Peraga Osiloskop Terpicu	305
Gambar 7-22	Blok Diagram CRO Jejak Rangkap	306
Gambar 7-23	Diagram Blok Osiloskop Berkas Rangkap yang Disederhanakan	308
Gambar 7-24	Tabung Penyimpan dengan Sasaran Ganda dan Senapan Elektron	310
Gambar 7-25	CRT Menyimpan dengan Sasaran Ganda dan Dua Senapan Elektron	310
Gambar 7-26	Blok Diagram Osiloskop Digital	314
Gambar 7-27	Pengambilan Sampel Real Time	315
Gambar 7-28	Interpolasi Sinus dan Linier	315
Gambar 7-29	Akuisisi Pembentukan Gelombang	316
Gambar 7-30	CRO Function Generator	316
Gambar 7-31	Fungsi Tombol Panel Depan CRO	320
Gambar 7-32	Pengawatan Kalibrasi	322
Gambar 7-33	Bentuk Gelombang Kalibrasi	322
Gambar 7-34	Berkas Elektron Senter Tengah	323
Gambar 7-35	Loncatan Pengukuran Tegangan DC	323
Gambar 7-36	Pengawatan Pengukuran dengan Function Generator	324
Gambar 7-37	Pengaturan Function Generator Panel Depan	324
Gambar 7-38	Pengaturan Frekuensi Sinyal	324
Gambar 7-39	Bentuk Gelombang V/div Kurang Besar	325
Gambar 7-40	Bentuk Gelombang Intensitas terlalu Besar	325
Gambar 7-41	Bentuk Gelombang Sinus	326
Gambar 7-42	Bentuk Gelombang Mode XY	326
Gambar 7-43	Pengukuran Frekuensi Langsung	327
Gambar 7-44	Pengawatan Pengukuran Frekuensi Langsung	328
Gambar 7-45	Pengukuran Frekuensi Model Lissayous	329
Gambar 7-46	Pengukuran Beda Pasa Langsung	329
Gambar 7-47	Perbandingan Frekuensi 1 : 3 Beda Pasa 90°	330
Gambar 7-48	Beda Pasa dan Beda Frekuensi Model Lissayous	330
Gambar 7-49	Mixed Storage Oscilloscope (MSO)	331
Gambar 7-50	Arsitektur Pemrosesan Parallel dari Osiloskop Digital Pospor	332
Gambar 7-51	Peragaan Sinyal DPO	333
Gambar 7-52	Paket Pilihan Software	334
Gambar 7-53	Aplikasi Modul	334
Gambar 7-54	Modul Video	334
Gambar 7-55	Pengembangan Analisis	334
Gambar 7-56	Tombol Pengendali Tradisional	335
Gambar 7-57	Peraga Sensitif Tekanan	335
Gambar 7-58	Menggunakan Pengendali Grafik	335
Gambar 7-59	Osiloskop Portable	335
Gambar 7-60	Probe Pasip Tipikal beserta Asesorisnya	337
Gambar 7-61	Probe Performansi Tinggi	337
Gambar 7-62	Probe Sinyal Terintegrasi	338

Gambar 7-63	Probe Reliabel Khusus Pin IC	338
Gambar 7-64	Hasil dengan Probe Dikompensasi dengan benar	340
Gambar 7-65	Hasil dengan Probe Tidak Dikompensasi	340
Gambar 7-66	Hasil dengan Probe Dikompensasi dengan kompensasi berlebihan	340
Gambar 7-67	Tegangan Puncak ke Puncak	341
Gambar 7-68	Pengukuran Tegangan Senter Horizontal	341
Gambar 7-69	Pengukuran Tegangan Senter Vertikal	341
Gambar 7-70	Pengukuran rise time dan lebar pulsa	343
Gambar 8-1	Kerja frekuensi meter jenis batang getar	345
Gambar 8-2	Prinsip frekuensi meter jenis batang getar	346
Gambar 8-3	Bentuk frekuensi meter batang getar	346
Gambar 8-4	Prinsip frekuensi meter jenis meter pembagi	347
Gambar 8-5	Prinsip alat ukur frekuensi besi putar	348
Gambar 8-6	Bentuk frekuensi meter analog	348
Gambar 8-7	Rangkaian dasar meter frekuensi digital	349
Gambar 8-8	Blok Diagram Pembentukan Time Base	350
Gambar 8-9	Pernyataan simbolik dari rangkaian flip-flop	351
Gambar 8-10	Rangkaian flip-flop (multivibrator bistable)	351
Gambar 8-11	Rangkaian AND	351
Gambar 8-12	Tabel kebenaran dari suatu rangkaian AND	352
Gambar 8-13	Rangkaian untuk mengukur frekuensi	352
Gambar 8-14	Rangkaian digital frekuensi meter	353
Gambar 8-15	Blok diagram dari counter elektronik yang bekerja sebagai pengukur frekuensi	355
Gambar 8-16	Konversi Frekuensi Hiterodin	356
Gambar 8-17	Gambar putaran drum menghasilkan 10 pulsa perputaran untuk digunakan dengan counter	357
Gambar 8-18	Diagram blok counter pada mode kerja perioda tunggal dan perioda ganda rata-rata	358
Gambar 8-19	Blok diagram counter yang bekerja sebagai perbandingan dan perbandingan ganda	359
Gambar 8-20	Blok diagram counter sebagai pengukur interval waktu	360
Gambar 8-21	Trigger level control	361
Gambar 8-22	Slope triggering	361
Gambar 8-23	Pengukuran waktu delay suatu relay	362
Gambar 8-24	Gating error	365
Gambar 8-25	Kalibrasi sumber frekuensi lokal	367
Gambar 8-26	Perubahan frekuensi vs waktu untuk "oven controlled crystal"	368
Gambar 9-1	Langkah sapuan penganalisa spektrum pada serangkaian unsur frekuensi seringkali terjadi kesalahan transien diluar arus sapuan jalur yang digaris kuning	372
Gambar 9-2	Arsitektur tipikal penganalisa spektrum sapuan	374
Gambar 9-3	Blok diagram VSA sederhana	375
Gambar 9-4	Arsitektur tipikal penganalisa spektrum waktu riil	376
Gambar 9-5	Sampel, bingkai dan blok hirarki memori dari	377

	RSA	
Gambar 9-6	Penganalisa spektrum waktu riil blok akuisisi dan pemrosesan	378
Gambar 9-7	Penggunaan topeng frekuensi pada pemicuan ranah frekuensi waktu riil	379
Gambar 9-8	Topeng frekuensi pada level burst rendah	380
Gambar 9-9	Penggunaan topeng frekuensi untuk memicu sinyal berada pada sinyal besar sinyal tertentu dalam lingkungan spectrum kacau	380
Gambar 9-10	Peraga spektrogram	381
Gambar 9-11	Pandangan waktu dikorelasikan, peraga daya terhadap frekuensi (kiri) dan spektrogram (kanan)	381
Gambar 9-12	Ilustrasi dari beberapa waktu dikorelasikan disediakan untuk pengukuran pada RTSA	382
Gambar 9-13	Pandangan multi ranah menunjukkan daya terhadap waktu, daya terhadap frekuensi dan demodulasi FM	383
Gambar 9-14	Pandangan multi ranah menunjukkan spektrogram daya terhadap frekuensi, daya terhadap waktu	383
Gambar 9-15	Blok diagram pemrosesan sinyal digital pada penganalisa spektrum waktu riil	385
Gambar 9-16	Diagram pengubah digital turun	386
Gambar 9-17	Informasi passband dipertahankan dalam I dan Q terjadi pada setengah kecepatan sampel	387
Gambar 9-18	Contoh lebar band pengambilan lebar	388
Gambar 9-19	Contoh lebar band pengambilan sempit	388
Gambar 9-20	Pemicuan waktu riil	390
Gambar 9-21	Pemicuan sistem akuisisi digital	391
Gambar 9-22	Proses pemicuan penganalisa spektrum waktu riil	393
Gambar 9-23	Definisi topeng frekuensi	395
Gambar 9-24	Spectrogram menunjukkan sinyal transien diatur pada pembawa. Cursor diatur pada titik picu sehingga data sebelum picu ditampilkan, diatas garis cursor dan data setelah picu diperagakan dibawah garis cursor. Garis sempit putih pada sisi kiri daerah biru dinotasikan data setelah picu.	395
Gambar 9-25	Satu bingkai spektrogram yang menunjukkan kejadian picu dimana sinyal transien terjadi disekitar topeng frekuensi	398
Gambar 9-26	Tiga bingkai sampel Sinyal Ranah Waktu	398
Gambar 9-27	Diskontinuitas yang disebabkan oleh ekstensi periodic dari sampel dan bingkai tunggal	398
Gambar 9-28	Profil jendela Blackman-Harris 4B (BH4B)	399
Gambar 9-29	Sinyal akuisisi, pemrosesan dan peraga menggunakan bingkai overlap	400
Gambar 9-30	Vektor besaran dan Pasa	401
Gambar 9-31	Typical Sistem Telekomunikasi digital	402
Gambar 9-32	Blok diagram analisa modulasi RSA	403

Gambar 9-33	Spektogram frekuensi sinyal hopping mode SA waktu riil	405
Gambar 9-34	Beberapa blok yang diperoleh dengan menggunakan picu frekuensi untuk mengukur topeng pengulangan frekuensi transien pensaklaran	405
Gambar 9-35	Mode SA standar menunjukkan pengukuran frekuensi diatas 1GHZ menggunakan span maxhold	406
Gambar 9-36	Perbandingan spektogram frekuensi terhadap waktu	406
Gambar 9-37	Spektogram pengesetan frekuensi di atas 5 MHz of dan waktu 35 ms	408
Gambar 9-38	Frekuensi terhadap waktu pengesetan di atas 5 MHz of dan waktu 25 ms	408
Gambar 9-39	Pengesetan frekuensi di atas 50 Hz dari frekuensi dan waktu 1 ms yang diperbesar	408
Gambar 9-40	Peraga daya terhadap waktu	409
Gambar 9-41	Pengukuran CCDF	409
Gambar 9-42	Pengukuran pengaturan transien I/Q terhadap waktu untuk data	410
Gambar 9-43	Analisa demodulasi AM sinyal pulsa dengan menggunakan pengunci pergeseran amplitudo	410
Gambar 9-44	Analisa demodulasi FM sinyal yang dimodulasi dengan sinus	410
Gambar 9-45	Analisa demodulasi PM pаса tak stabil melebihi panjang burst.	410
Gambar 9-46	Analisa EVM dari waktu ke waktu sinyal 16 QAM mengungkapkan distorsi amplitudo	411
Gambar 9-47	Peraga konstelasi menunjukkan pаса	411
Gambar 9-48	Peraga diagram mata menunjukkan kesalahan besaran rendah dalam sinyal PDC	412
Gambar 9-49	Analisa modulasi W-CDMA handset dibuka loop penendali daya. Peragaan konstelasi (rendah kanan) menunjukkan kesalahan berkaitan dengan glitch besaryang terjadi selama level transisi yang dapat dilihat dalam hubungan daya terhadap waktu (atas kiri)	412
Gambar 9-50	Spektogram, konstelasi, EVM dan kesalahan pаса terhadap waktu dari frekuensi hopping sinyal	412
Gambar 9-51	Ilustrasi peraga codogram	413
Gambar 9-52	Pengukuran kodogram dari mode W-CDMA diringkas kesalahan pаса terhadap waktu dari frekuensi hopping sinyal	413
Gambar 9-53	Macam-macam model penganalisa spectrum di pasaran	414
Gambar 9-54	Penempatan Marker pada sinyal 10 MHz	417
Gambar 9-55	Penggunaan Marker Fungsi Delta	418

Gambar 9-56	Pengaturan Pencapaian Dua Sinyal	419
Gambar 9-57	Sinyal Amplitudo Sama Belum Terpecahkan	420
Gambar 9-58	Resolusi Sinyal Amplitudo Sama Sebelum Lebar band Video Dikurangi	420
Gambar 9-59	Pencacah Menggunakan Penanda	422
Gambar 9-60	Pengukuran Sinyal Terhadap Noise	423
Gambar 9-61	Sinyal AM	425
Gambar 9-62	Pengukuran Modulasi Dalam Span Nol	425
Gambar 9-63	Pengukuran Modulasi Dalam Span Nol	426
Gambar 9-64	Pengukuran Modulasi Dalam Span Nol	426
Gambar 9-65	Pengukuran Parameter Waktu	426
Gambar 9-66	Sinyal AM Demodulasi Kontinyu	427
Gambar 9-67	Menetapkan titik Offset	429
Gambar 9-68	Menentukan Offset	429
Gambar 9-69	Demodulasi Sinyal Broadcast	430
Gambar 10-1	Penjejakan bingkai gambar	432
Gambar 10-2	Pola standar EIA	435
Gambar 10-3	Tanda panah pengetesan bingkai	436
Gambar 10-4	Pengujian pemusatan dan sumbu horisontal	437
Gambar 10-5	Pengetesan linieritas vertikal horisontal	438
Gambar 10-6	Pengetesan aspek perbandingan dan kontras	439
Gambar 10-7	Pengetesan interfacing	440
Gambar 10-8	Pengetesan resolusi horisontal	441
Gambar 10-9	Pengetesan ringing	443
Gambar 10-10	Chart bola pengecekan linieritas	445
Gambar 10-11	Pola bola untuk pengetesan linieritas kamera	446
Gambar 10-12	Sinyal batang warna standar	447
Gambar 10-13	Pola putih, I dan Q	447
Gambar 10-14	Bentuk gelombang tangga	448
Gambar 10-15	Level sinkronisasi	449
Gambar 10-16	Pengetesan bidang putih penuh	449
Gambar 10-17	Pengetesan bidang warna putih 75%	450
Gambar 10-18	Pola jendela pengecekan frekuensi rendah	451
Gambar 10-19	Pengetesan puritas	451
Gambar 10-20	Pengetesan linieritas sistem	452
Gambar 10-21	Pengetesan ramp termodulasi	453
Gambar 10-22	Pengaturan konvergensi	454
Gambar 10-23	Pengetesan area gambar aman	454
Gambar 10-24	Blok diagram pembangkit pola	457
Gambar 10-25	Tombol panel depan pembangkit pola	458
Gambar 10-26	Pengawatan penggunaan pola non video komposit	460
Gambar 10-27	Pengawatan pengujian lebar penalaan tuner	461
Gambar 10-28	Pattern generator dengan TV pengetesan fungsi	464
Gambar 10-29	Model-model pembangkit pola di pasaran	465
Gambar 10-30	Blok Diagram Penerima Televisi BW	466
Gambar 10-31	Pola pengetesan sinyal video	467
Gambar 11-1	Bagan Serial Buses Mesin Tester	468
Gambar 11-2	Mesin tester	469
Gambar 11-3	Mixer Signal Oscilloscope (MSO)	470

Gambar 11-4	Pengambilan Gambar Ganda SPI dan CAN dengan Menggunakan MSO	471
Gambar 11-5	Kesalahan acak yang teramati dalam dekode CAN pada bingkai data 1D:07F HEX	473
Gambar 11-6	Pemicuan pada CAN bingkai error mengisolasi perbedaan akuisisi CAN pada bingkai transmisi pengulangan bentuk gelombang glitch	475
Gambar 11-7	Perbesaran bentuk gelombang glitch pada CAN	476
Gambar 11-8	Lebar pulsa pemicu pengulangan sumber acak dan glitch	477
Gambar 11-9	Masukan dan keluaran ECU	478
Gambar 11-10	Rak PC Mountable	480
Gambar 11-11	Serial communications	481
Gambar 11-12	Modul variasi protocol serial	482
Gambar 11-13	Rangkaian Card breadboard	483
Gambar 11-14	Saklar beban tipikal	484
Gambar 11-15	Pengawatan "m" instruments x 4 2-wire busses x "n" DUT pins "m" instruments x 4 2-wire busses x "n" DUT pins	485
Gambar 11-16	Perancangan system fungsi tes elektronik otomotif	486
Gambar 11-17	Bentuk gelombang sapuan untuk keempat sensor roda	487
Gambar 11-18	Respon ABS/TC ECM terhadap masukan VRS	488
Gambar 11-19	Pengaruh solenoid sisi bawah	488
Gambar 11-20	Profil tegangan deaktivasi solenoid	489
Gambar 11-21	Penerapan pulsa pengetesan untuk menentukan system integritas	490
Gambar 11-22	Profil arus solenoid	491
Gambar 11-23	Modul bodi kontrol	492
Gambar 11-24	Pemancar	492
Gambar 11-25	Aliran fungsi aksi immobilizer	494
Gambar 11-26	Immobilizer	495
Gambar 11-27	Pohon keputusan yang digunakan respon ECM	496
Gambar 11-28	Aliran aksi fungsionalitas TPMS	497
Gambar 11-29	Deviasi frekuensi ESA4402B	498
Gambar 11-30	Data bit pada ESA4402B	499
Gambar 11-31	Pengaturan kalibrasi pada umumnya	500
Gambar 11-32	Mesin Tester	501
Gambar 11-33	Piranti Scan	504
Gambar 11-34	Macam-macam peralatan diagnosa mesin	505
Gambar 11-35	Pemasangan alat uji	505
Gambar 11-36	Tombol 24-56 penganalisa gas	507
Gambar 11-37	Halaman manajer aplikasi	507
Gambar 11-38	Halaman pilihan bahasa	507
Gambar 11-39	Halaman fole manajer	508
Gambar 11-40	Halaman inisialisasi	509
Gambar 11-41	Pilihan icon	510
Gambar 11-42	Tampilan hasil tes standar	511
Gambar 11-43	Halaman tes standar	512

Gambar 11-44	Pilihan bahan bakar	513
Gambar 11-45	Peraga jumlah kendaraan yang diuji	513
Gambar 11-46	Kurva kandungan gas	514
Gambar 11-47	Hitogram gas kendaraan	515
Gambar 11-48	Gambar posisi sensor oksigen	516
Gambar 11-49	Precleaner transparan eksternal	517
Gambar 12-1	Macam-macam Tampilan GPS	519
Gambar 12-2	Peralatan system posisi global	520
Gambar 12-3	Fungsi dasar GPS	521
Gambar 12-4	Segmen ruang	521
Gambar 12-5	Posisi satelit	522
Gambar 12-6	Menunjukkan cakupan efektif	522
Gambar 12-7	Posisi 28 satelit pada jam 12 UTC pada tanggal 14 April 2001	523
Gambar 12-8	Konstruksi satelit	523
Gambar 12-9	Blok diagram system posisi global	524
Gambar 12-10	Pseudo Random Noise	526
Gambar 12-11	Posisi Lokasi Segmen Kontrol	527
Gambar 12-12	Bidang implemenasi GPS	527
Gambar 12-13	Sinyal system posisi global	528
Gambar 12-14	Pendeteksian kapal	528
Gambar 12-15	Pendeteksian posisi oran ditengah lautan	529
Gambar 12-16	Pemanfaatan GPS untuk pengukuran tanah	529
Gambar 12-17	GPS portable sederhana	530
Gambar 12-18	Penentuan posisi dengan 3 satelit	530
Gambar 12-19	Penentuan posisi dengan 4 satelit	531
Gambar 12-20	Hubungan pulsa satelit dengan penerima	531
Gambar 12-21	Penentuan posisi dengan 4 satelit	532
Gambar 12-22	Gambar perhitungan ?t	532
Gambar 12-23	Rambatan gelombang dari lapisan ionosper	534
Gambar 12-24	GPS dengan frekuensi ganda	535
Gambar 12-25	Antena cincin	536
Gambar 12-26	Terjadinya multipath	536
Gambar 12-27	Pengukuran DOP	536
Gambar 12-28	Satelit geometri PDOP	537
Gambar 12-29	Pengaruh Gugusan bintang pada nilai PDOP	538
Gambar 12-30	Koreksi perbedaan posisi	539
Gambar 12-31	Hubungan stasiun acuan dalam pengukuran	540
Gambar 12-32	Pengukuran nilai koreksi cakupan luas	540
Gambar 12-33	Pengkuran nilai koreksi cakupan semu	541
Gambar 12-34	GPS Maestro 4050 Berbagai Sudut Pandang	542
Gambar 12-35	Pemasangan GPS	543
Gambar 12-36	Pemasangan Piringan Perekat	544
Gambar 12-37	Pemasangan Baterai	544
Gambar 12-38	Pengaturan Volume	545
Gambar 12-39	Pengaturan Tingkat Kecerahan Gambar	545
Gambar 12-40	Menu Halaman 1	546
Gambar 12-41	Menu Halaman 2	547
Gambar 12-42	Keypad	548
Gambar 12-43	Layar Peta Mode Normal	549

Gambar 12-44	Layar Peta Mode Perjalanan	550
Gambar 12-45	Layar Peta Menunjukkan Perjalanan	551
Gambar 12-46a	Daftar Katagori	551
Gambar 12-46b	Daftar Sub Katagori Belanja	551
Gambar 12-47	Perbelanjaan Terdekat dengan Posisi Saat itu	552
Gambar 12-48	Masukan Nama Perjalanan	552
Gambar 12-49	Tampilan Add	552
Gambar 12-50	Tampilan Save	553
Gambar 12-52	Pengaturan Tujuan	553
Gambar 12-53	Ketuk Sears Buka Menu	553
Gambar 13-1	Hasil scan otak MRI	555
Gambar 13-2	Mesin MRI	556
Gambar 13-3	MRI panjang terbuka tipikal	557
Gambar 13-4	Scanner MRI sebanding antara panjang dan pendeknya	557
Gambar 13-5	Scanner MRI berdiri	557
Gambar 13-6	Scanner MRI terbuka	557
Gambar 13-7	Blok diagram rangkaian MRI	558
Gambar 13-8	Ruang pengendali pengoperasian MRI	559
Gambar 13-9	Scan MRI tangan patah	560
Gambar 13-10	Tampak dalam gambar dongkrak kasur jerami terisi dihisap ke dalam sistem MRI	561
Gambar 13-11	Poto perbandingan gambar otak kiri laki-laki atletik muda (25 <sup>1</sup> th), tengah (86 th) dan umur (76 th) mempunyai penyakit Alzheimer's semua digambar dalam tingkat yang sama	562
Gambar 13-12	menunjukkan pertumbuhan tumor dalam otak wanita dilihat dari irisan lateral.	563
Gambar 13-13	Organ dalam digambar dengan MRI	564
Gambar 13-14	Perbandingan CAT scan, dan MRI cenderung lebih detail dan kontras	565
Gambar 13-15	Scan MRI menunjukkan tubuh bagian atas dilihat dari samping sehingga tulang tulang belakang kelihatan jelas	565
Gambar 13-16	Irisan Axial, coronal dan sagittal	567
Gambar 13-17	MRI gambar kepala irisan tunggal	569
Gambar 13-18	Urutan temporal scan FMRI (irisan tunggal)	569
Gambar 13-19	aktivasi otak 3D	569
Gambar 13-20	Posisi CT scan	570
Gambar 13-21	Scan irisan otak	570
Gambar 13-22	Scan dada	571
Gambar 13-23	Gambar tabung dasar CT scan	572
Gambar 13-24	Emisi cahaya atom	572
Gambar 13-25	Hasil CT scan otak	573
Gambar 13-26	Mesin sinar x	573
Gambar 13-27	Pancaran poton	574
Gambar 13-28	Hasil CAT jantung dan torax	575
Gambar 13-29	Ide dasar penyinaran sinar x	576
Gambar 13-30	Prinsip dasar penyinaran sinar x pada CAT dan hasil	576

Gambar 13-31	CT scan multi irisan	578
Gambar 13-32	Tabung dasar mesin CT scan	579
Gambar 13-33	Ruang kontrol dan pelaksanaan scanning	579
Gambar 13-34	Jaringan sistem manajemen gambar	580
Gambar 13-35	Hasil CT scan otak	582
Gambar 13-36	ultrasonik pertumbuhan janin (umur 12 minggu) dalam kandungan ibu. Pandngan samping bayi ditunjukkan (kanan ke kiri) kepala, leher, badan dan kaki	583
Gambar 13-37	bayi dalam kandungan dilihat dengan sonogram	584
Gambar 13-38	perkembangan bayi 29 minggu ultrasonik 3D	594
Gambar 13-39	Pengujian Ultasonik Selama kehamilan	585
Gambar 13-40	Sonograph menunjukkan gambar kepala janin dalam kandungan	585
Gambar 13-41	Medical sonographic scanner	587
Gambar 13-42	Sensor suara	588
Gambar 13-43	Spektrum Doppler Arteri	590
Gambar 13-44	Spektrum warna Arteri yang sama	590
Gambar 13-45	Ultrasonik Doppler untuk mengukur aliran darah melalui jantung. Arah aliran darah ditunjukkan pada layar dengan warna yangberbeda	590
Gambar 13-46	Bagian-bagian mesin ultrasonik	592
Gambar 13-47	Perkembangan janin dalam kandungan	594
Gambar 13-48	Peralatan Positron Emisi Tomography (PET)	599
Gambar 13-49	Gambar skeletal anomali	600
Gambar 13-50	Warna hijau kelenjar ludah, warna merah gonfok adenomas	600
Gambar 13-51	Mesin PET	601
Gambar 13-52	Gambar Scanner PET lengkap	601
Gambar 13-53	Hasil Scan kepala dengan SPECT	602
Gambar 13-54	Refleksi sinar pada proses penggambaran	603
Gambar 13-55	Gambar otak normal yang digambarkan dalam 3 posisi yang berbeda	603
Gambar 13-56	Pengurangan alkohol	604
Gambar 13-57	Penambahan alkohol	604
Gambar 13-58	Hasil SPECT dan CT dari torso bagian atas tubuh manusia ditunjukkan kedua tulang dan organ dalam	604
Gambar 13-59	Cylo dran bagian instrumen PET yang digunakan untuk menghasilkan radioisoto umur pendek Menunjukkan cyclotron bagian instrumen PET	605
Gambar 13-60	PET mengungkapkan kemajuan kanker dada kiri pasien	605
Gambar 13-61	Rangkaian Irisan PET menunjukkan distribusi kondisi anomalous otak	606
Gambar 13-62	Scan PET dapat menunjukan pola dalam otak yang membantu dokter analisis parkinson	606
Gambar 13-63	Scan otak penderita Parkinson	606
Gambar 13-64	Perbandingan hasil MRI	607
Gambar 13-65	Hasil scan termal	608

## LEMBAR PENGESAHAN

## LAMPIRAN D

### GLOSSARY

airbag deployment	Airbag adalah suatu pengekangan pasif (tidak memerlukan campur tangan manusia) di rancang dalam bentuk tas memompa ketika terjadi benturan. Terbuat dari bahan fleksibel yang dapat memompa bila terjadi tabrakan mobil.
akuisisi	Akuisisi data merupakan pencuplikan waktu riil untuk membangkitkan data yang dapat dimanipulasi oleh komputer.
amniocentesis	Amniocentesis adalah prosedur yang digunakan dalam mendiagnosa cacat janin pada awal trimester kedua kehamilan.
anti-aliasing	Dalam pemrosesan sinyal digital anti-aliasing merupakan teknik meminimkan aliasing pada saat merepresentasikan sinyal resolusi tinggi pada resolusi yang lebih rendah.
anti-lock brake	Anti-lock brakes dirancang untuk mencegah peluncuran dan membantu pengendara mempertahankan kendali kemudi selama situasi pemberhentian darurat
attenuator	Attenuator merupakan piranti elektronik yang mengurangi amplitudo atau daya sinyal tanpa membuat bentuk gelombang cacat. Attenuator biasanya biasanya berupa piranti pasip terdiri dari resistor.
<i>Bandpass Filter</i>	Penyaring frekuensi yang hanya melewatkan frekuensi menengah.
chip	Serpihan kristal tunggal yang berisi rangkaian terpadu.
claustrophobic	Tidak nyaman di ruang sempit, gelap tertutup.
Common Mode Rejection Ratio	Besaran yang dapat menunjukkan kualitas penguat beda merupakan perbandingan antara besarnya penguatan common dan penguatan penguat beda.
cyclotron	Unsur radiasi yang dihasilkan oleh mesin scan sebelum pengujian dimulai.
Debug	Mengidentifikasi dan melokalisir letak kesalahan .

densifying	Perbandingan harga atas beribu-ribu nama merek produk untuk semua kebutuhan.
distorsi	Cacat gelombang
ECU test throughput	Piranti throughput misalnya perubahan RS 232 dengan CAN dan sebaliknya dapat membuat atau memecahkan performansi sitem pengetesan.
efek piezolistrik	Bila sumbu mekanik dari Kristal diberi tekanan maka akan timbul beda tegangan pada sumbu listrik. Bila pada sumbu listrik diberi tegangan maka akan terjadi perubahan keadaan disepanjang sumbu mekanik. Bila pada sumbu listrik diberi tegangan AC maka akan terjadi getaran di sumbu mekanik dengan frekuensi naturalnya. Semakin tipis Kristal frekuensi getar semakin tinggi.
elektron gun	Susunan elektroda yang menghasilkan berkas elektron yang dapat dikendalikan difokuskan dan dibelokkan sebagaimana dalam gambar tabung televisi.
electrocardiogram	Electrocardiogram, juga dinakaman EKG atau ECG, merupakan pengetesan sederhana yang mendeteksi dan merekam aktivitas kelistrikan jantung.
encrypte code	Kode yang digunakan dalam program Java , anda dapat menggunakan sistem manajemen menjaga profil pemakai dengan menggunakan passwaord.
fisiologi	Istilah dalam fisiologi yang berasal dari kata physics yang berarti alami dan logos yang berarti kata. Fisiologi merupakan bidang ilmu yang mempelajari berbagai fungsi organisme hidup.
gastrointestinal	Berkaitan dengan perut dan isi perut.
Glitch	Dalam elektronika, glitch adalah suatu sinyal listrik jangka waktu pendek yang pada umumnya hasil suatu kesalahan atau kesalahan disain
<i>High Pass Filter</i>	Penyaring frekuensi yang hanya melewatkan frekuensi tinggi
Immoblizer	Tidak ada definisi standar, merupakan keadaan yang tidak sesuai dengan perancangan.
Interlace	Dua bidang gambar yang tampak dalam satu layar televise, namun setiap bidang gambar di scan secara

terpisah.

Interpolasi	Interpolasi adalah menghubungkan titik. Interpolasi linier sederhana menghubungkan titik sampel dengan garis lurus.
Indomitabel	Tidak mampu untuk diperdaya, ditundukkan; lunak, atau ditaklukkan; tak tertundukkan .
interferensi	Percampuran dua gelombang atau lebih dapat saling memperkuat atau melemahkan tergantung dari kedudukan pada satu dengan yang lain.
intravascular	Dalam pembuluh darah
Intermittent	Selang waktu mulai dan berhenti berselang-seling dengan sebentar-sebentar sinonim dengan periodik
Intuitif	Tentang, berkenaan dengan, atau timbul dari intuisi
kompatibel	Dapat digunakan secara bersama-sama dengan tanpa merubah dan menambah peralatan lain dalam sistem. Misal penerima TV warna dan hitam putih untuk menerima siaran dari pemancar yang sama
<i>Low Pass Filter</i>	Penyaring frekuensi yang hanya melewatkan frekuensi rendah.
<i>luminansi</i>	Istilah yang digunakan untuk menandai kecerahan atau hitam putihnya gambar televisi.
neonatal	Berkaitan dengan bayi baru.
noise	Sinyal yang tidak dikehendaki keberadaannya dalam sistem.
<i>noise figure</i>	Dalam telekomunikasi noise figure (NF) merupakan suatu ukuran degradasi dari perbandingan sinyal terhadap noise, yang disebabkan oleh komponen dalam sinyal RF.
osteoporosis	Pengapuran / pengkeroposan tulang
Partikel	Suatu bagian yang sangat kecil
Patologi forensic	Ilmu penyakit forensik adalah suatu cabang kedokteran yang terkait dengan menentukan penyebab kematian, pada umumnya untuk kasus hukum pidana dan kasus hukum perdata dalam beberapa yurisdiksi.

<i>pacemaker</i>	Pacemaker berupa alat kecil yang membantu detak jantung dengan simulasi listrik membantu mengendalikan irama jantung.
Penomena	Suatu kejadian, keadaan, atau fakta yang dapat diterima oleh pikiran sehat.
peripheral	Periperhal merupakan piranti komputer seperti drive CD-ROM atau printer yang bukan merupakan bagian utama computer seperti memori, mikroprosesor. Periperhal eksternal seperti mouse, keyboard, monitor, printer.
peripheral neuropathy	Peripheral neuropathy merupakan masalah dengan kegelisahan yang membawa informasi ke dan dari otak dan tulang belakang. Sakit ini mengakibatkan, hilangnya sensasi, dan ketidakmampuan untuk mengendalikan otot.
portable	Dapat dijinjing tidak ditempatkan secara permanen.
protocol	Dalam teknologi informasi, protokol adalah satuan aturan yang khusus dalam koneksi telekomunikasi .
pseudo-range	Cakupan pengukuran semu digunakan bersama-sama dengan estimasi posisi SV yang didasarkan pada data empiris yang dikirim oleh masing-masing SV. Data orbital (empiris) memungkinkan penerima untuk menghitung posisi SV dalam tiga dimensi pada saat pengiriman sinyal secara beruntun.
radio isotop	Suatu versi elemen kimia yang memiliki inti tak stabil dan mengemisikan radiasi selama decay untuk membentuk kestabilan. Radio isotop penting digunakan dalam diagnosa medis untuk pengobatan dan penyelidikan.
radioactive decay	Radioactive decay merupakan suatu proses ketidakstabilan inti atom karena kehilangan energi berupa emisi radiasi dalam bentuk partikel atau gelombang elektromagnetik.
real time	waktu yang sebenarnya pada saat terjadinya proses.
Resolution	Kejelasan atau ketajaman gambar,
retrace	Kembalinya berkas elektron dari sistem scanning televisi sisi kanan layar ke sisi kiri layar monitor.

rise time	Waktu yang diperlukan pulsa untuk naik dari 10% amplitudo maksimum sampai 90%.
ringing	Dengan hanya satu sinyal yang diberikan pada terminal osiloskop dan yang lain tidak dihubungkan dapat dilihat adanya beberapa sinyal yang tidak berguna. Sinyal ringing tidak menambah amplitude tegangan, yang bertambah adalah frekuensinya karena factor ketiga.
scrambling	CSS, Content Scrambling System, merupakan system enkripsi lemah yang digunakan pada kebanyakan DVD komersial.
shadow mask	Lapisan logam berlubang di dalam monitor warna untuk meyakinkan bahwa berkas elektron hanya menumbuk titik pospor dengan warna yang benar dan tidak mengiluminasi lebih dari satu titik.
S/N Ratio	Perbandingan sinyal terhadap noise meruakan perbandingan dari sinyal yang dikehendaki terhadap sinyal yang tak diinginkan.
sweep vernier	Sapuan dari atas ke bawah untuk mengukur posisi terhadap skala.
tomography	Berkaitan dengan scan medis.
Transduser	Transduser merupakan suatu piranti yang dapat mengubah besaran non listrik menjadi besaran listrik dan sebaliknya.
transceiver	Pemancar dan penerima sinyal yang ditempatkan dalam satu kemasan.
transien	Transien dapat didefinisikan sebagai lonjakan kenaikan arus yang mempunyai durasi 50 sampai 100 milidetik dan kembali normal pada tegangan sumber 28 Volt membutuhkan waktu 50 mili detik atau lebih.
<i>troubleshooting</i>	Proses pencarian letak gangguan atau kerusakan.
<i>Vasodilatation</i>	Pelebaran pembuluh darah.
<i>Virtual</i>	Virtual sekarang ini secara filosofi distilahkan sebagai sesuatu yang tidak nyata, namun memungkinkan untuk diperagakan sepenuh kualitas nyata.

ISBN 978-602-8320-11-5  
ISBN 978-602-8320-14-6

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. 28,842,00