

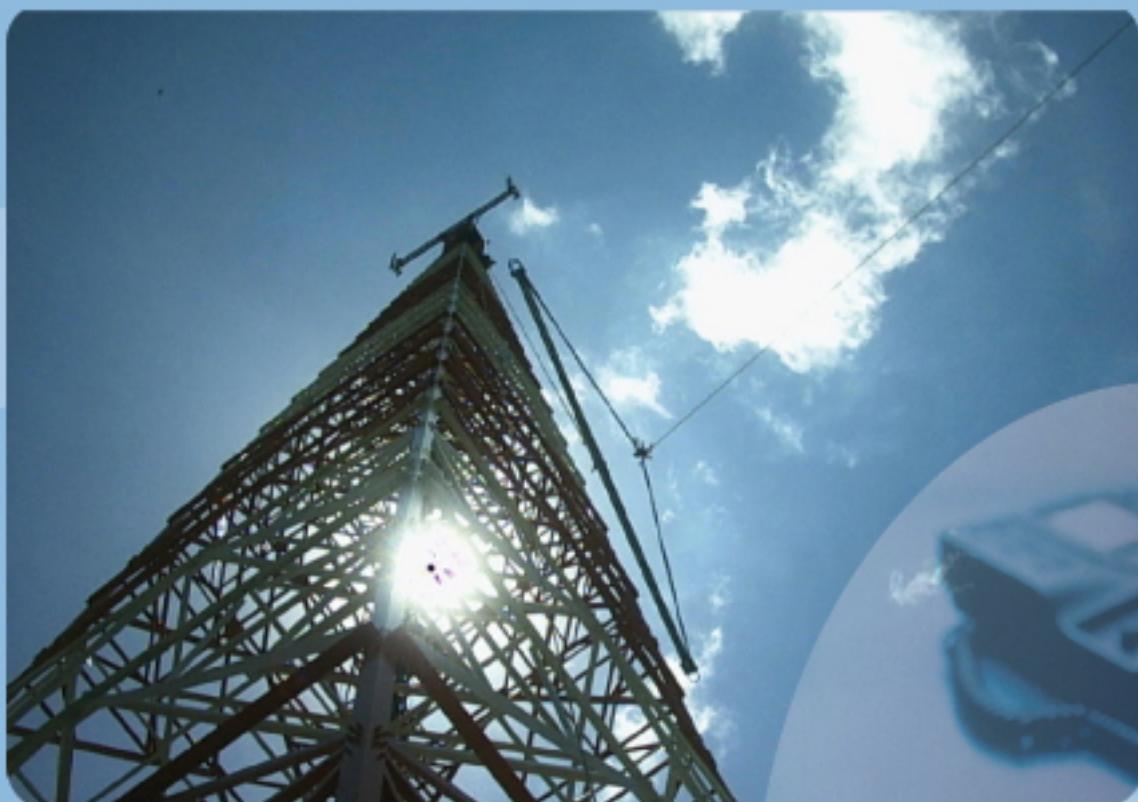


Pramudi Utomo

# Teknik Telekomunikasi

untuk  
Sekolah Menengah Kejuruan

JILID 1



TEKNIK TELEKOMUNIKASI JILID 1

untuk SMK

Pramudi Utomo



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



Pramudi Utomo, dkk.

# TEKNIK TELEKOMUNIKASI

JILID 1

SMK



**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

# TEKNIK TELEKOMUNIKASI

## JILID 1

### Untuk SMK

Penulis : Pramudi Utomo  
Suprapto  
Rahmatul Irfan

Editor : Widiharso

Pendukung : Agung Wahyudiono  
Nur Budiono

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 18,2 x 25,7 cm

UTO UTOMO, Pramudi  
t Teknik Telekomunikasi Jilid 1 untuk SMK /oleh Pramudi  
Utomo, Suprapto, Rahmatul Irfan ---- Jakarta : Direktorat  
Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal  
Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen  
Pendidikan Nasional, 2008.  
ix, 162 hlm  
Lampiran : Lampiran. A  
ISBN : 978-979-060-155-0  
ISBN : 978-979-060-156-7

Diterbitkan oleh

**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

## KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan 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 ucapan 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

Tiada ungkapan kata yang paling tepat untuk dikemukakan pertama kali selain memanjatkan rasa syukur ke hadirat Allah Subhanahu Wata'la bahwasanya penyusunan buku "Teknik Telekomunikasi" ini dapat diselesaikan. Kerja keras yang telah dilakukan dalam penulisan ini telah membawa hasil baik. Buku "Teknik Telekomunikasi" ini sangat berarti bagi para siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) terutama mereka yang mempelajari bidang elektronika komunikasi atau bidang lain yang sejenis. Selain itu, dengan ditulisnya buku ini, akan menambah perbendaharaan pustaka yang dapat dijadikan pegangan bagi para guru.

Kita menyadari bahwa ketersediaan buku yang memadai bagi para siswa dan guru sekarang ini dirasakan masih kurang. Sejalan dengan kemajuan jaman dan teknologi yang ada, maka sudah sepantasnya perlu ada upaya untuk mencerdaskan para siswa dengan kampanye penulisan buku. Buku yang ditulis ini diharapkan dapat menjembatani kebutuhan siswa dan guru terhadap materi-materi pelajaran yang diajarkan di sekolah. Dengan demikian keluhan sulitnya mencari buku bermutu yang ditulis dalam bahasa Indonesia sudah tidak akan didengar lagi.

Sebagaimana yang ditulis dalam pengantar Buku Standar Kompetensi Nasional Bidang Telekomunikasi bahwa demikian luasnya bidang telekomunikasi, prioritas utama dalam penyusunan standar kompetensi ditujukan untuk bidang-bidang pekerjaan yang berhubungan dengan penyelenggaraan jaringan telekomunikasi. Namun buku pegangan "Teknik Telekomunikasi" ini akan memuat pengetahuan mendasar tentang telekomunikasi hingga jaringan komunikasi data. Selanjutnya bagi yang berkepentingan dengan buku ini dapat mengimplementasikannya dalam pemberdayaan proses belajar mengajar yang berlangsung di SMK.

Dalam kesempatan ini ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada para anggota Tim Penulis, para kontributor materi yang telah bersama kami menyusun dan menyempurnakan isi buku ini. Kepada Direktur Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan (PSMK), kami sampaikan penghargaan dan terima kasih atas dukungan dan bantuannya sehingga penulisan buku ini dapat dilaksanakan dengan baik dan berhasil memenuhi kriteria.

Akhirnya kami persembahkan buku ini kepada para pelaksana di jajaran SMK. Apapun hasil yang telah dicapai merupakan perwujudan kerja keras yang hasilnya bersama-sama dapat kita lihat setelah implementasi dan siswa mencapai keberhasilan studi. Semoga bermanfaat bagi kita sekalian.

Desember 2007

Tim Penulis

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iii

## BUKU JILID I BAGIAN 1 - 6

### BAGIAN 1 : PENDAHULUAN

1.1. Definisi Komunikasi	1
1.2. Pentingnya Sistem Telekomunikasi	2
1.3. Sejarah Telekomunikasi	3
1.4. Standarisasi Sistem Telekomunikasi	9
1.5. Organisasi yang Mengatur Standar Sistem Telekomunikasi	9
1.6. Masa Depan dan Perkembangan Sistem Telekomunikasi	13
1.7. Rangkuman	15
1.8. Soal Latihan	16

2.5.4. Osiloscope	31
2.6. Perangkat Uji Lainnya	33
2.6.1. Logic Analyser	33
2.6.2. Optical Spectrum Analyzer	35
2.6.3. GSM Test	35
2.6.4. CDMA Mobile Test	36
2.7. Pengujic kabel dan antena (Cable and Antenna Tester)	36
2.8. Mini PABX	37
2.9. Voice Changer (Alat Pengubah Suara)	39
2.10. LAN Tester (kabel tester)	40
2.11. Tang Amper (Multi Function Clamp Meter)	41
2.12. SWR Meter	41
2.13. E-Fieldmeter (Pengukur Medan Listrik)	43
2.14. Switch Jaringan	44
2.15. Modem	45
2.16. Wi-Fi	46
2.17. Auto Telephone Recorder	47
2.18. Wireless Intercom	48
2.19. Telephone Protector	49
2.20. Rangkuman	50
2.21. Soal Latihan	52

### BAGIAN 2 : INSTRUMEN TELEKOMUNIKASI

2.1. Pendahuluan	17
2.2. Perkakas-Perkakas Manual	18
2.2.1. Tools Kits	18
2.2.2. Meter beroda (Measuring Wheel)	20
2.3. Perkakas-perkakas elektrik	21
2.3.1. Solder Rangkaian	21
2.3.2. Power Supply	23
2.4. Piranti-Piranti Ukur	24
2.4.1. Multimeter	25
2.4.2. Kapasistansi Meter	26
2.5. Piranti-piranti pengukur frekuensi	28
2.5.1. Frequency Counter	28
2.5.2. Function Waveform Generator	29
2.5.3. Analog RF Signal Generator	31

### BAGIAN 3 : DASAR-DASAR SISTEM KOMUNIKASI

3.1. Dasar Komunikasi	53
3.1.1. Elemen Dasar	53
3.1.2. Komunikasi Model Awal	55
3.1.2.1. Maraton	55
3.1.2.2. Telegraf Drum	56
3.1.2.3. Sinyal Api	56
3.1.2.4. Sinyal Asap	57

3.1.2.5. Bentuk-bentuk lain	57	5.2.3 Pemilihan Dua Kawat atau Empat Kawat	90
3.1.3. Komunikasi dengan Gelombang Radio	58	5.3. Channel	91
3.2. Komunikasi Analog	59	5.4. Line dan Trunk	91
3.3. Komunikasi Digital	62	5.5. Virtual Circuit	93
3.4. Jaringan Komunikasi	64	5.6. Media Transmisi	93
3.5. Rangkuman	67	5.7. Media Transmisi Guided	95
3.6. Soal Latihan	68	5.7.1. Kabel Tembaga	95
		5.7.2. Twisted Pair	96
		5.7.3. Kabel Coaxial	97
		5.7.4. Serat Optik	98
<b>BAGIAN 4 : PROPAGASI GELOMBANG RADIO</b>		5.8. Media Transmisi Unguided	102
4.1. Prinsip Umum	69	5.8.1. Gelombang Elektromagnet	102
4.2. Propagasi Ruang Bebas	69	5.8.2. Spektrum Frekuensi Radio	105
4.3. Propagasi Antar Dua Titik di Bumi	70	5.9. Mode Perambatan Gelombang Elektromagnetik	109
4.4. Gelombang Permukaan	73	5.10. Perambatan Gelombang Radio	110
4.5. Efek Ketinggian Antena dengan Kuat Sinyal	75	5.10.1. Ionosphere	110
4.6. Atmosfir Bumi	75	5.10.2. Gelombang Radio Mikro	112
4.6.1 Troposfir	78	5.11. Sistem Komunikasi Satelit	113
4.6.2 Stratosfir	78	5.12. Konstruksi dan pemasangan Kabel	116
4.6.3 Ionosfir	78	5.12.1. Pengertian	116
4.6.4 Propagasi Atmosferik	79	5.12.2. Membedakan kabel	117
4.6.4.1. Pantulan(Refleksi)	80	5.12.3. Menentukan Daerah/Blok	118
4.6.4.2. Defraksi	81	5.12.4. Pekerjaan Instalasi Kabel Udara	119
4.7. Daerah dan Jarak Lompatan (Skip)	82	5.12.5. Persiapan Alat Perkakas	119
4.7.1 Jarak Skip	82	5.12.6. Pelaksanaan Penarikan	120
4.7.2 Daerah Skip	82	5.13. Rangkuman	121
4.8. Pengaruh Atmosfir pada Propagasi	82	5.14. Soal Latihan	121
4.8.1 Fading	83		
4.8.1.1 Multipath Fading	83		
4.8.2 Rangkuman	85		
4.8.3 Soal Latihan	86		
<b>BAGIAN 5 : MEDIA TRANSMISI</b>		<b>BAGIAN 6 : SISTEM ANTENA</b>	
5.1. Pendahuluan	87	6.1. Pendahuluan	123
5.2. Circuit	88	6.2. Reciprocity	125
5.2.1. Pengantar Dua Kawat	89	6.3. Directivity	127
5.2.2. Rangkaian Penghantar Dua Kawat	89	6.3.1. Gain (penguatan antena)	127
		6.3.2. Polarisasi	128
		6.4. Radiasi Energi Gelombang Elektromagnetik	130
		6.5. Antena Dipole dan Monopole	133
		6.6. Menghitung panjang	

gelombang	137	8.4. Deskripsi Noise	173
6.7. Beban Antena	138	8.4.1. Suhu Derau Efektif	173
6.8. Pengaruh Tanah	139	8.5. Teknik Pengukuran	
6.9. Antena Very Low Frequency	139	Noise Figure	174
6.10. Antena Low Frequency	142	8.6. Performa Derau dalam	
6.11. Antena High Frequency	143	Sistem Telekomunikasi	176
6.11.1 Antena Yagi	143	8.7 Rangkuman	177
6.11.2 Antena Very High		8.8 Soal Latihan	177
Frequency	145		
6.11.3 Antena Yagi untuk			
Band VHF	147		
6.12 Rangkuman	148		
6.13 Soal Latihan	148		

## **BUKU JILID II BAGIAN 7 - 12**

### **BAGIAN 7 : PRINSIP KOMUNIKASI LISTRIK**

7.1 Pendahuluan	149
7.2 Proses Komunikasi	151
7.3 Sinyal Bicara dan Musik	152
7.4 Respon Telinga Manusia	152
7.5 Distorsi	154
7.6 Sistem Multipleks	154
7.7 Persyaratan Lebar Bidang	155
7.8 Kecepatan Sinyal	156
7.9 Sinyal Musik	156
7.10 Kapasitas Kanal	157
7.11 Konsep Komunikasi Elektronika	157
7.12. Penerapan Komunikasi	
Elektronika	160
7.12.1 Telepon	160
7.12.2 Radio	161
7.12.3 Television	164
7.12.4 Telepon Bergerak	165
7.13. Rangkuman	167
7.14 Soal Latihan	167

### **BAGIAN 8 : DERAU DALAM SISTEM KOMUNIKASI**

8.1. Pertimbangan Umum	169
8.2. Thermal Noise	171
8.3. Shot Noise	172

### **BAGIAN 9 : TEKNIK MODULASI**

9.1. Prinsip Umum	179
9.1. Modulasi Analog	184
9.2.1 Amplitude Modulation (AM)	185
9.2.2 Frequency Modulation (FM)	188
9.2.3 Pulse Amplitude Modulation (PAM)	189
9.3. Modulasi Digital	190
9.3.1 Amplitude Shift Keying (ASK)	193
9.3.2 Frequency Shift Keying (FSK)	195
9.3.3 Phase Shift Keying (PSK)	197
9.3 Rangkuman	198
9.4 Soal Latihan	199

### **BAGIAN 10 : SAMBUNGAN KOMUNIKASI TELEPON**

10.1. Sambungan Panggilan	
Telepon	201
10.2. Jaringan Lokal	202
10.3. Sambungan Mekanik	
dengan Saklar	203
10.4. Sambungan Mekanik	
dengan Saklar Crossbar	205
10.5. Fungsi-Fungsi dalam	
Panggilan Telepon	207
10.6. Transmisi Digital pada	
Telepon	208
10.7. Switching pada Jaringan	
Telepon	212
10.8. Signaling pada Jaringan	
Telepon	216
10.9. Pengembangan Jaringan	220
10.10. Pengembangan Menuju	

Generasi Layanan Terpadu	222	12.2.2. Konsep Circuit Switching	257
10.10. Rangkuman	223	12.2.3. Karakteristik Circuit	
10.11. Soal Latihan	223	Switching	258
<b>BAGIAN 11 : KOMUNIKASI BERGERAK</b>		12.3. Space-Division Switching	258
11.1. Frekuensi Radio Panggil	226	12.4. Multistage Switch	259
11.2. Sistem Telepon Nirkabel untuk Rumah	227	12.5. Time Division Switching	259
11.3. Sistem Komunikasi Bergerak Selular	228	12.6. Fungsi Control Signalling	260
11.3.1. Konsep Sistem Komunikasi Seluler	228	12.7. Control Signal Sequence	261
11.3.2. Tahap Perkembangan Generasi Telepon Seluler	228	12.8. Switch to Switch Signaling	261
11.3.3. Sel-sel Menggunakan Kanal Frekuensi Berulang	230	12.9. Lokasi dari Signaling	262
11.3.4. Penduplikan dalam Kawasan Waktu dan Frekuensi	232	12.9.1. Kelemahan pada Channel	
11.3.5. Perkembangan Sistem Komunikasi Bergerak	232	Signaling	263
10.3.6. Sistem GSM	235	12.9.2. Saluran Sinyal yang bersifat umum	263
11.4. Komunikasi Data Nirkabel	238	12.10. Signalling System Number 7 (SS7)	265
11.5. Teknologi Menuju 3G	240	12.11. Paket Switching	266
11.5.1 Munculnya Teknologi 1G	240	12.11.1. Prinsip dari Paket Switching	266
11.5.2 Menuju ke Generasi Kedua Telekomunikasi Bergerak	242	12.11.2. Kelebihan Paket Switching dibanding "Circuit	
11.5.3. Menuju Generasi dua-Setengah	242	Switching"	268
11.5.4. Teknologi 3G	243	12.11.3. Softswitch Architecture	269
11.5.5. Teknologi 3,5G	247	12.11.4. Teknik Switching	269
11.5.6. Teknologi 4G	247	12.11.5. X.25 Protocol	273
11.6 Rangkuman	250	12.11.6. Ukuran Paket	273
11.7 Latihan	251	12.11.7. Operasi Eksternal dan Internal	275
<b>BAGIAN 12 : SWITCHING DALAM SISTEM TELEPON</b>		12.12. Rangkuman	275
12.1. Pendahuluan	253	12.13. Soal Latihan	276
12.2. Circuit Switching	254		
12.2.1. Aplikasi Circuit Switching	255		

<b>BAGIAN 14 : JARINGAN DIGITAL LAYANAN TERPADU</b>	
14.1. Pendahuluan	291
14.2. ISDN	293
14.3. Arsitektur Broadband ISDN (B-ISDN)	296
14.4. Struktur Transmisi	296
14.5. Antarmuka Akses Yang Tersedia	298
14.6. Model Referensi ISDN	300
14.7. Perangkat Keras (Hardware)	302
14.8. Pesawat Telepon Digital	304
14.9. Hal yang berkaitan dengan ISDN	306
14.9.1 Number Identification Supplementary Service	306
14.9.2 Call offering Supplementary Service	307
14.9.3 Call completion Supplementary Service	307
13.9.4. Charging Supplementary Service	308
13.10. Penerapan ISDN dalam jaringan LAN	308
13.10. Rangkuman	310
13.11. Soal Latihan	311
15.4.1. Jaringan untuk Perusahaan atau Organisasi	317
15.4.2. Jaringan untuk Umum	318
15.4.3. Masalah Sosial Jaringan	319
15.5. Jenis-jenis Jaringan Komputer	319
15.5.1. Local Area Network (LAN)	319
15.5.2. Metropolitan Area Network (MAN)	321
15.5.3. Wide Area Network (WAN)	322
15.5.4. Internet	323
15.5.5. Jaringan Tanpa Kabel	325
15.6. Klasifikasi Jaringan Komputer	328
15.7. Standarisasi Jaringan Komputer	329
15.8. Sistem Operasi Jaringan	330
15.8.1. Jaringan Client-Server	331
15.8.2. Jaringan Peer To Peer	332
15.9. Komponen pada Jaringan Komputer (Underlying)	333
15.10. Media yang Terpandu (Guided)	333
15.10.1. Hub	333
15.10.2. Bridge & Switch	334
15.11. Media yang tidak Terpandu (Unguided)	337
15.12. Rangkuman	339
15.13. Soal Latihan	339

## **BAGIAN 15 : JARINGAN DATA DAN INTERNET**

15.1. Pendahuluan	313
15.2. Mengapa Jaringan Komputer Dibutuhkan	315
15.3. Tujuan Jaringan Komputer	315
15.3.1. Resource Sharing	316
15.3.2. Reliabilitas Tinggi	316
15.3.3. Menghemat Biaya ( <i>cost reduce</i> )	316
15.3.4. Keamanan Data	316
15.3.5. Integritas Data	317
15.3.6. Komunikasi	317
15.3.7. Skalabilitas	317
15.4. Kegunaan Jaringan Komputer	317

## **BAGIAN 16 : JARINGAN LAN DAN WAN**

16.1. Local Area Network (LAN)	341
16.2. Network Interface Card	341
16.3. Ethernet	342
16.4. Frame Format (format bingkai)	344
16.5. Implementasi Pada LAN	345
16.6. Fast Ethernet	347
16.7. Token Ring	347
16.8. Fiber Distributed Data Interface (FDDI)	349
16.9. Wide Area Network (WAN)	351
16.10. Connective Device	351
16.11. Topologi Jaringan Komputer	352

16.12. Topologi BUS	353	17.7. Soal Latihan	379
16.13. Topologi Star	354		
16.14. Topologi Ring	355		
16.15. Topologi Mesh	356		
16.16. Topologi Pohon	357		
16.17. Topologi Peer-to-peer Network	358		
16.18. Protokol Pada Jaringan	358	18.1. Sejarah TCP/IP	381
16.19. Rangkuman	359	18.2. Istilah-Istilah dalam Protokol TCP/IP	382
16.20. Soal Latihan	359	18.3. Gambaran Protokol TCP/IP	382

**BAGIAN 18 : TRANSFER CONTROL PROTOKOL / INTERNET PROTOKOL**

**BAGIAN 17 : PROTOKOL DAN STANDAR JARINGAN**

17.1. Protokol dan Susunan Protokol	361	18.1. Sejarah TCP/IP	381
17.2. Standar Jaringan	365	18.2. Istilah-Istilah dalam Protokol TCP/IP	382
17.2.1. Organisasi Standar	365	18.3. Gambaran Protokol TCP/IP	382
17.2.2. Standart Internet	365	18.3.1 Jaringan Koneksi Terendah	383
17.2.3. Admisnistrasi Internet	365	18.3.2 Pengalamatan	384
17.3. Lapisan Protokol Pada Jaringan Komputer	366	18.3.3 Subnets	384
17.4. Protokol OSI (Open System Interconnection)	367	18.3.4 Jalur-Jalur Tak Berarah	384
17.4.1. Karakteristik Lapisan OSI	369	18.3.5 Masalah Tak Diperiksa	385
17.4.2. Proses Peer-To-Peer	370	18.3.6 Mengenai Nomor IP	385
17.4.3. Antarmuka Antar Lapisan Terdekat	371	18.3.7 Susunan Protokol TCP/IP	386
17.4.4. Pengorganisasian Lapisan	371	18.4. Protokol TCP/IP	387
17.5. Lapisan Menurut OSI	372	18.5. Pengalamatan	389
17.5.1. Physical Layer (Lapisan Fisik)	372	18.6. User Datagram Protocol (UDP)	390
17.5.2. Data Link Layer (Lapisan Data Link)	373	18.7. Komunikasi process-to procces	390
17.5.3. Network Layer (Lapisan Network)	374	18.8. Nomor port	392
17.5.4. Transport Layer (Lapisan Transpor)	375	18.9. Port-port yang dipakai untuk UDP	392
17.5.5. Session Layer (Lapisan Session)	376	18.10. Socket Address (Alamat Soke)	392
17.5.6. Presentation Layer (Lapisan presentasi)	377	18.11. User Diagram	393
17.5.7. Application Layer (Lapisan Aplikasi)	378	18.12. Manfaat protokol UDP	394
17.6. Rangkuman	378	18.13. Internet protokol (IP)	395

18.17.4 Supernet Mask	413
18.18 Rangkuman	414
18.19 Soal Latihan	415

**LAMPIRAN .....** A

# BAGIAN 1

## PENDAHULUAN

### Tujuan

Setelah mempelajari bagian ini diharapkan dapat:

1. Mengutarakan kembali definisi komunikasi dan ciri-cirinya.
2. Mengetahui pentingnya sistem komunikasi bagi kemajuan suatu negara.
3. Mengetahui bagian-bagian penting dari penemuan sistem telekomunikasi.
4. Mengetahui pentingnya standarisasi telekomunikasi

### 1.1. Definisi Komunikasi

Komunikasi adalah proses pertukaran informasi antar individu melalui sistem simbol bersama. Telekomunikasi berarti proses komunikasi yang dilakukan melalui jarak jauh (tele=jarak jauh). Dalam kaitannya dengan komunikasi elektronika, telekomunikasi mengandung pengertian ilmu, teknologi dan cara-cara atau prosedur pemindahan atau penyebaran informasi berupa sinyal listrik melalui suatu media transmisi dalam jarak jauh. Informasi yang dapat dipertukarkan banyak variasinya, contohnya adalah data, suara, grafik, sinyal video dan atau audio. Media transmisipun juga banyak jenisnya, yang sering dipakai di antaranya kabel koaksial, serat optik, frekuensi radio, inframerah dan sebagainya.

Saat ini proses telekomunikasi tersebut hampir selalu melibatkan pemancaran gelombang elektromagnetik melalui sebuah pesawat pemancar. Hal yang demikian tidak pernah kita jumpai pada masa lampau, di mana orang berkomunikasi menggunakan sinyal asap, kentongan atau bendera semafor. Jaman modern seperti sekarang ini, telekomunikasi sudah sangat luas dengan penggunaan berbagai macam piranti untuk membantu proses komunikasi. Contohnya yang sudah sangat akarab dengan kita adalah televisi, radio, telepon.

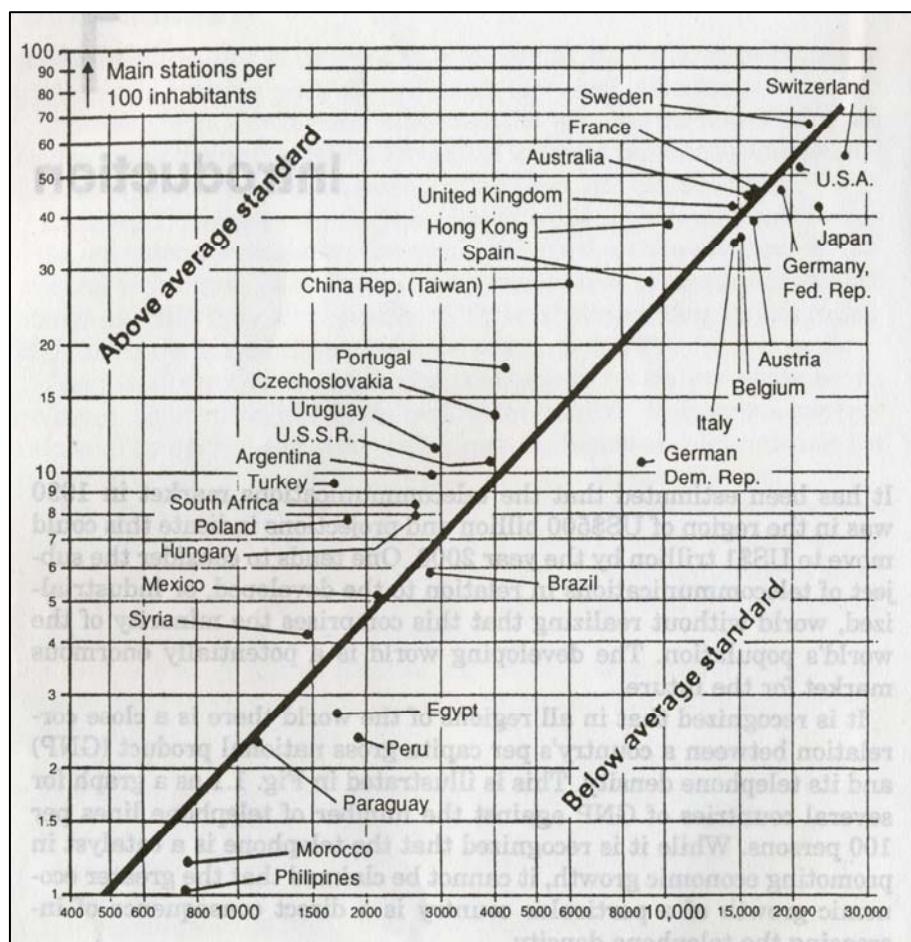
Di samping itu dapat dijumpai pula penggunaan jaringan yang menghubungkan piranti-piranti komunikasi, seperti jaringan komputer, jaringan telepon umum, jaringan radio, dan jaringan televisi. Komunikasi dengan komputer lebih banyak pula penggunaannya

melalui internet, misalnya dengan internet untuk berkirim surat (e-mail=elektronic mail) dan pesan-pesan serba cepat. Sistem itu adalah sebagian contoh dari telekomunikasi.

## 1.2. Pentingnya Sistem Telekomunikasi

Perkembangan pasar telekomunikasi dewasa ini pada tahun

1990-an dapat diperkirakan mencapai 500 milyard dolar Amerika. Pertumbuhan ini akan naik terus hingga mencapai satu trilyun dolar Amerika pada tahun 2000-an. Kecenderungan ini adalah adanya kenaikan kebutuhan para pengguna dan industrialisasi. Negara-negara berkembang seperti Indonesia, menjadi sangat potensial bagi pertumbuhan pasar peralatan telekomunikasi itu.



Gambar 1.1. Grafik hubungan antara kepadatan pengguna telepon dengan PDB

Sudah dapat kita duga bahwa ada hubungan yang sangat dekat antara pendapatan nasional bruto (PDB) suatu negara dengan kepadatan penduduk yang menggunakan telepon. Coba perhatikan gambar 1 berikut ini. Gambar tersebut melukiskan hubungan antara negara-negara yang mempunyai PDB tertentu dengan jumlah tiap 100 orang pada kelompok masyarakat yang sudah mempunyai sambungan telepon. Kita akan sepakat mengatakan bahwa telepon sebagai sarana komunikasi atau telekomunikasi merupakan pengikat (katalis) dalam rangka upaya untuk pertumbuhan ekonomi. Namun demikian kita tidak boleh menyimpulkan bahwa semakin tinggi pertumbuhan ekonomi suatu negara akan menyebabkan tingginya kepadatan pengguna telepon.

Jumlah sambungan telepon tiap 100 penduduk telah banyak digunakan dalam survei statistik untuk menunjukkan pertanda berkembangnya suatu negara. Banyak negara berkembang sebagian besar masyarakatnya 70-90% hidup di daerah pelosok pedesaan. Gambaran ini sekaligus menunjukkan adanya kelompok 100 orang masyarakat yang belum ada satupun sambungan telepon.

Negara yang demikian tergolong sebagai negara yang sangat rendah perkembangannya, baik secara ekonomi maupun

telekomunikasi. Untuk mencapai tujuan layanan telepon pada setiap orang di dunia, termasuk di Indonesia, menjelang tahun 2000 telah diusulkan bahwa setiap orang pada suatu masyarakat yang berjarak 5 kilometer, sambungan telepon harus sudah menjangkaunya.

Layak kita ketahui bahwa untuk menyediakan sambungan telekomunikasi pada daerah yang kepadatan penduduknya rendah adalah sangat mahal. Di samping itu tingkat kembalinya modal yang telah dikeluarkan menjadi sangat sedikit. Penyediaan jaringan telekomunikasi pada daerah pedesaan memerlukan penyediaan dana yang cukup besar, karena perlu ada perencanaan yang baik.

### 1.3. Sejarah Telekomunikasi

Munculnya telepon dan industri yang terkaitan telah menghasilkan perubahan-perubahan teknologi yang mengubah sejarah hidup manusia. Kejadian itu berlangsung bertahap sepanjang 125 tahun. Tahap perkembangan yang terjadi merupakan usaha-usaha yang luar biasa dalam penemuan dan pengembangan. Berikut ini akan disampaikan tahapan-tahapan perkembangan tersebut.

## Dari saluran sepihak ke sambungan langsung.

Telepon telah membawa dampak besar pada abad 20 sejak adanya revolusi industri yang terjadi pada abad 19. Adanya penemuan telepon telah mengubah cara hidup manusia, pekerjaan dan permainan. Perubahan itu didukung adanya penemuan televisi, komputer, pager, mesin faksimil, surat elektronik (e-mail), internet, perdagangan melalui dunia maya dan sebagainya. Pada masa-masa mendatang sepuluh tahun lagi dari sekarang, kita berharap adanya sambungan internet tanpa kabel yang dapat dilakukan di sembarang tempat termasuk di dalam mobil, tas kantor, nomor-nomor telepon yang dipakai dalam kehidupan sehari-hari yang diaktifkan (dialing) melalui suara sebagaimana kita menekan tombol-tobol baik di rumah maupun di kantor atau tempat kerja lainnya

### Periode tahun 1870 hingga 1910

- 1876: Alexander Graham Bell menemukan pesawat telepon
- 1881: Direktori halaman kuning telepon yang pertama
- 1891: Dial (nomor-nomor) telepon pertama; 512.000 sambungan telepon di Amerika
- 1887: Telepon yang bekerja dengan koin pertama kali dipasang di Hartford Bank oleh penemuanya William Gray.
- 1915: Panggilan pertama secara resmi dari pantai ke pantai dilakukan oleh Alexander Graham Bell di New York City kepada Thomas Watson di San Francisco.

Penemu prinsip komunikasi jarak jauh pertama kali dengan suara dilakukan oleh Alexander Graham Bell pada 10 Maret 1876. Kalimat yang diucapkan kepada temannya itu adalah "*Mr. Watson, come here! I need you!*". Setelah itu perkembangan sistem telekomunikasi mulai terbuka lebar.



Gambar 1.2. Pesawat telepon yang digunakan pertama kali secara resmi jarak jauh



## Periode 1920

**1928:** Herbert Hoover menjadi presiden pertama Amerika Serikat yang menggunakan telepon di meja kerjanya. Hingga waktu itu, presiden berbicara selalu berbicara dari dan keluar kantornya.

Gambar 1.3. Periode percakapan presiden AS pertama kali di kantor

Coba perhatikan gambar di bawah ini. Nampak sebuah pesawat telefon yang lengkap, terdiri dari beberapa bagian yang sudah menyatu. Ada nomor-nomor, gagang telefon, kabel dan kotaknya. Pesawat itu adalah model pesawat telefon paling awal. Meskipun demikian ada juga model-model lain yang banyak variasinya. Bandingkan pula dengan sebuah pesawat televisi. Pada jamannya piranti itu telah demikian bagus, tetapi bentuknya masih sangat sederhana.



Gambar 1.4. Pesawat telefon model awal

Pesawat televisi di bawah ini adalah jenis pesawat televisi yang paling awal digunakan.



Gambar 1.5. Pesawat televisi pertama kali pada tahun 1936

Untuk menghubungkan antar pengguna telepon pada jaman dulu digunakan utas-utas kabel yang diberi pemberat. Sambungan yang dikehendaki tinggal mencolokkan saja.

Gambar 1.6. Papan sambung telepon



#### Periode 1950-1960

- 1957: Uji coba pertama kali penggunaan *pgers* dimulai di Allentown dan Bethlehem, Pennsylvania
- 1958: Telepon pangeran diperkenalkan. Telepon pertama dengan nomor yang diberi cahaya, menjadi bagian budaya populer Amerika
- 1960: Telepon tombol nada sentuh mulai dipasarkan di Findlay, Ohio. Telepon ini mempunyai 10 tombol, tidak seperti sekarang yang mempunyai 12 tombol.
- 1963: Sambungan langsung terjadi antara Gedung Putih dan Kremlin berkaitan dengan krisis senjata di Cuba.
- 1968: 911 dipilih sebagai nomor darurat seluruh negara. Perusahaan telepon menyetujui urutan nomor itu tidak disediakan sebagai nomor sambungan keluar.



Gambar 1.7. Periode penggunaan telefon tahun 1950-an



Gambar 1.8. Periode penggunaan pesan surat elektronik dan telefon seluler.



Pada tahun 1963 juga telah diperkenalkan teknik *digital carrier*. Sebelumnya cara-cara dalam multiplek kanal telepon telah diterapkan dengan transmisi analog. Cara ini pada prinsipnya adalah membawa beberapa kanan yang berbeda dengan pemisahan frekuensi.

Tahun 1964, Bell System memperkenalkan bentuk video-telepon yang dipasarkan terbatas untuk melayani wilayah New York, Washington dan Chicago. Sementara pada tahun 1965 satelit komunikasi komersial pertama diluncurkan dengan menyediakan 240 rangkaian telepon dua arah.

### Periode 1970-1980

**1972:** Pesan pertama surat elektronik (email). Istilah “internet” digunakan pertama kali dua tahun kemudian, tetapi konsep internet seba-gaimana kita kenal saat ini tidak ada peningkatan

**1984:** Telepon seluler per-tama kali dikenalkan

Gambar 1.9. Permulaan sejarah penggunaan internet

### **Perkembangan tahun 1990an**

**1991:** Pengenalan caller ID (internasional). Ada perbedaan pandangan saat itu.

**1998:** World Wide Web (www) telah lahir, menjadikan tanda internet permulaan internet seperti yang kita kenal sekarang ini. Banyak orang Amerika menyambungkan Internet melalui saluran teleponnya masing-masing.

### **Periode tahun 2000 hingga sekarang ini.**

**2000:** "Web Phone" dikombinasikan dengan telepon tradisional dengan menggunakan layar sentuh LCD dan keyboard yang dapat dilipat agar pengguna bisa berselancar dengan Internet, mengecek e-mail, melakukan panggilan telepon dan mengecek pesan suara hanya dengan perangkat tunggal.

**2000:** "Thin Phone" menggabungkan akses Internet tanpa kabel dengan layanan telepon lokal tanpa kabel, memungkinkan pengguna Internet tetap tersambung dengan segala sesuatu dari halaman web ke suara dan e-mail, sekalipun berpindah-pindah.

**2000 hingga sekarang :** "Information Appliances" (pemakaian informasi) memuat Internet mobile (bergerak), tanpa kabel "Web to Go," sambungan telepon diaktifkan suara, nomor-nomor telepon untuk kehidupan sesuai keinginan, panggilan telepon dan Internet pada pesawat TV kita, TV melalui telepon tanpa kabel, dan masih banyak lagi.



Gambar 1.10. Periode penggunaan internet dan telepon tanpa kabel

Akses jaringan tradisional telah berlanjut melalui rangkaian fisik, penggunaan modem *dial-up* dengan saluran telepon hingga rangkaian yang dipesan (*dedicated*). Semen-tara itu akses internet yang paling awal pada pokoknya adalah berbasis teks dan dapat bekerja dengan rangkaian kecepatan rendah. Sekarang ini layanan internet telah diperkaya dengan multimedia yang disertai grafik, warna-warni, suara, dan video. Layanan multimedia ini memerlukan persyaratan akses kecepatan tinggi lebih dari modem *dial-up*

#### 1.4. Standarisasi Sistem Telekomunikasi

Standarisasi sistem telekomunikasi dilakukan oleh lembaga yang secara khusus menangani masalah-masalah yang terkait dengan telekomunikasi. Pada dasarnya adanya standar tersebut adalah untuk mengatur sistem telekomunikasi baik yang menyangkut penggunaan frekuensi, alokasi (pengaturan tempat), kanal dan sebagainya. Pengaturan itu dimuat dalam bentuk perundang-undangan. Contohnya kalau di Indonesia adalah Undang-undang Telekomunikasi nomor 36 tahun 1999 yang telah disahkan oleh pemerintah Indonesia pada tanggal 8 September 1999.

Dalam undang-undang tersebut yang diatur di antaranya adalah tentang penyelenggaraan telekomunikasi, perizinan, perangkat telekomunikasi, spektrum frekuensi radio dan orbit satelit

serta pengamanan telekomunikasi dan sebagainya. Lebih lanjut yang mengatur pertelekomunikasian di Indonesia dilakukan oleh Kementerian Komunikasi dan Informasi.

#### 1.5. Organisasi yang Mengatur Standar Sistem Telekomunikasi

Standarisasi dalam bidang telekomunikasi merupakan suatu hal yang sangat penting. Sekarang ini dikenal ada badan-badan atau organisasi yang menangani masalah standarisasi, yaitu standarisasi tingkat nasional, regional dan internasional.

Pada tingkat internasional paling tidak dikenal ada dua badan internasional yang sangat berpengaruh pada bidang telekomunikasi. Badan itu adalah :

1. ITU (International Telecommunication Union) bertempat di Geneva, Swiss, yang telah menghasilkan lebih dari 2000 standard.
2. International Standardization Organization (ISO), badan ini mempunyai sejumlah standar komunikasi data yang sangat penting.

Persetujuan telekomunikasi internasional dan antar benua dilakukan oleh suatu lembaga yang disebut *International Telecommunication Union (ITU)*. Lembaga ini keberadaannya di bawah naungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). Dalam bahasa Inggris disebut United Nations Organization (UNO). Kantor ITU secara tetap berada di Geneva (Swiss). Badan-badan lain yang bernaung di bawah ITU yaitu Sekretariat Umum (General Secretariat) yang tugasnya mengelola aspek aktivitas administrasi dan ekonomi. Di samping itu ada badan pendaftaran frekuensi internasional (IFRB = International Frequency Registration Board) yang tugasnya adalah bertanggung jawab terhadap koordinasi penerapan frekuensi radio dalam semua kategori.

Badan khusus lainnya yang melayani permasalahan dan pertanyaan tentang komunikasi radio ditangani oleh Comite Consultatif International des Radiocommunications (CCIR). Selain itu ada badan Comite Consultatif International Tele-

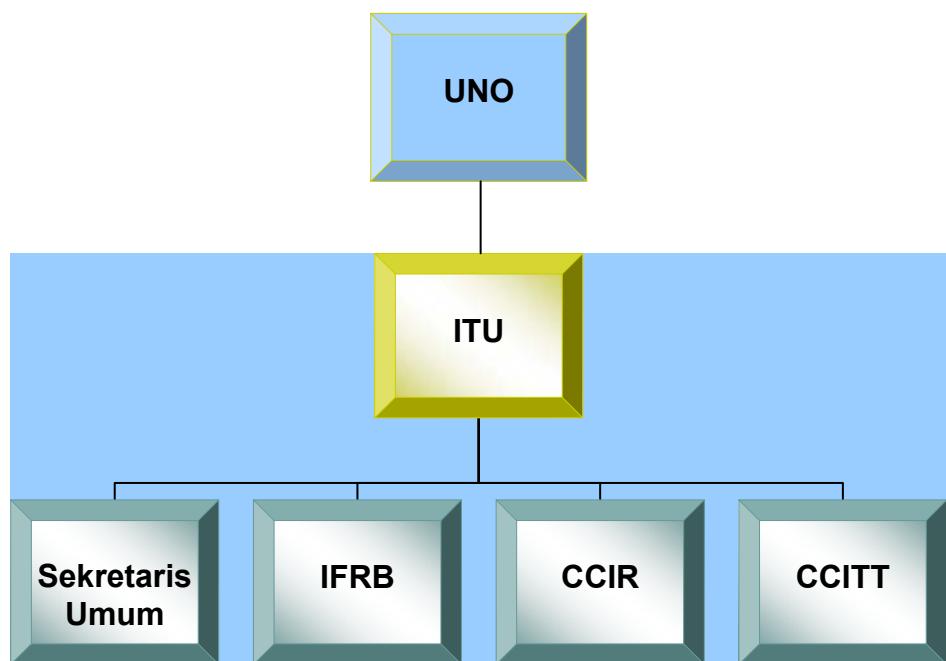
graphique et Telephonique (CCITT) yang menangani masalah-masalah lain dalam bidang telekomunikasi. Badan tetap ini didukung oleh dewan administratif yang terdiri dari 25 orang yang berasal dari negara-negara yang berpartisipasi.

Pertemuan dilaksanakan sekali dalam setahun untuk berkoordi-nasi dalam pekerjaan yang berbeda dari badan lain. Selain itu setiap empat tahun sekali diadakan konferensi tingkat dunia yang dilakukan badan-badan itu untuk membicarakan masalah teknis, pelayanan dan penarifan (pembayaran) bidang telekomunikasi.

CCIR dan CCITT bekerja dengan koordinasi yang sangat erat untuk mengatasi berbagai permasalahan agar dapat dirumuskan rekomendasi (pesetujuan) dalam bidang telekomunikasi tingkat dunia. Pada gambar ... ditunjukkan kantor ITU yang berkedudukan di Jenewa. Sementara itu gambar ...menunjukkan struktur organisasi telekomunikasi tingkat dunia sebelum berubah menjadi ITU-T dan ITU-R



Gambar 1.11. Kantor ITU di Jenewa



Gambar 1.12. Organisasi tingkat dunia yang menangani masalah telekomunikasi

Dalam perkembangannya, ITU yang bernaung di bawah Sekretaris Jenderal Perserikatan Bangsa-bangsa membahas dan menghasilkan Regulasi Radio dan regulasi tentang Telekomunikasi.

Sebelumnya dikenal pula suatu badan internasional yang disebut CCITT atau International Consultative Committee for Telephone and Telegraph dan CCIR atau International Consultative Committee for Radio. Pembahasan tentang regulasi atau aturan tentang radio dan telekomunikasi telah banyak menghasilkan dokumen, laporan, pendapat dan rekomendasi atau saran-saran yang penting. Mengingat peran dari ITU yang demikian itu, maka pada tanggal 1 Januari 1993 lembaga itu mengadakan reorganisasi. Hasilnya adalah CCITT menjadi sektor standarisasi telekomunikasi dari ITU disingkat ITU-T, sedangkan CCIR menjadi sektor radio-komunikasi dari ITU yang disingkat ITU-R. Tugas dari ITU-T dan ITU-R adalah menyiapkan aturan-aturan tentang pertelekomunikasian dan keradioan.

Selain badan internasional, organisasi regional yang cukup penting pula untuk wilayah Eropa yaitu European Telecommunication Standardization Institute (ETSI). Tanggung jawab dari lembaga ini adalah pada spesifikasi pokok radio seluler GSM atau Ground System Mobile (di Perancis). Sebelumnya, pada tahun 1990, ETSI adalah lembaga yang disebut Conference European Post and Telegraph disngkat

CEPT. Dalam kerjanya CEPT telah menghasilkan jaringan digital PCM versi Eropa, sebelumnya disebut dengan CEPT 30+2 dan skarang menjadi E-1.

Di samping lembaga-lembaga standarisasi yang telah disebutkan itu, ada juga banyak organisasi yang mengurusi standarisasi secara nasional. Sebagai cotoh yang dapat disebutkan di sini yaitu American National Standards Institute (ANSI) yang berke-dudukan di kota New York. Karya yang dihasilkan terkait dengan standarisasi cukup luas. Ada juga lembaga Electronics Industries Association (EIA) dan Telecommunication Industry Association (TIA). Kedua lembaga ini berada di Washington, DC, yang saling berkaitan satu sama lain. Keduanya mempunyai tanggung-jawab terhadap pe-nyiapan dan penyebaran standar-standar telekomunikasi.

Lembaga tingkat dunia seperti Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) telah menghasilkan 802 seri spesifikasi standarisasi yang secara khusus ditekankan pada jaringan-jaringan perusahaan.

Lembaga Advanced Television Systems Committee (ATSC) merupakan lembaga yang menyetandarkan untuk kompresi video pada CATV (Cable Television) sebagaimana yang dikerjakan kelompok sarjana teknik telekomunikasi. Kelompok lain yang penting adalah aliansi untuk solusi industri telekomunikasi.

Beberapa lembaga lain yang menyiapkan standarisasi berke-naan dengan telekomunikasi dan jaringan digital adalah Bellcore (Bell Communications Research, sekarang disebut Telcordia). Lembaga ini merupakan yang paling baik sebagai sumber standarisasi di America Utara. Standar-standar yang dikembangkan terutama untuk perusahaan-perusahaan yang bernaung di bawah kerja regional Bell. Ada juga sejumlah forum yang terdiri dari sekelompok perusahaan dan pengguna yang bersama-sama merumuskan masalah standarisasi, seperti membicarakan masalah *frame relay*, *ATM*, dan sebagainya. Seringkali standar yang dihasilkan ini diadopsi oleh CCITT, ANSI dan ISO dan lainnya.

### **1.6. Masa Depan dan Perkembangan Sistem Telekomunikasi**

Dalam sutu laporan yang disampaikan ITU tentang internet, dikemukakan bagaimana teknologi dapat menjadikan gaya hidup baru mulai dari penyiapan prasarana dan sarana jaringan hingga nilai-nilai berkreasi. Dalam kehidupan kita sekarang ini telah banyak dilingkupi dengan teknologi digital sebagai media yang dapat mengubah cara pandang hidup manusia. Inilah yang dikatakan sebagai gaya hidup digital.

Pada masa mendatang perkembangan yang pesat dalam teknologi digital yang meliputi

semua aspek, maka bidang telekomunikasi pun akan mengikuti perubahan. Upaya-upaya baru diciptakan untuk membantu manusia mempermudah menjalankan berbagai kegiatannya. Di antaranya dalam hal pengolah data dan penyediaan sarana prasarana telekomunikasi untuk mengirimkan data pada berbagai keadaan dan wilayah.

Perkembangan sistem telekomunikasi di masa depan ditandai dengan adanya jaringan dalam rumah tangga (home networking). Jaringan ini menghubungkan semua jenis penerapan piranti elektronika seperti piranti hiburan, teleko-munikasi, sistem otomatisasi rumah dan telemetri (remote control dan sistem pemantauan/ monitoring). Dengan penerapan jaringan ini kita mengetahui bahwa akan terjadi penggunaan teknologi yang cukup berbeda, karena itu perlu adanya standar yang dapat saling memungkinkan kerja antar peralatan dari perusahaan yang berbeda. Inilah yang dapat menjadi kunci sukses pemasaran konsep tersebut.

Badan telekomunikasi dunia telah merekomendasikan bidang itu khususnya yang berkaitan dengan pelayanan multimedia berbasis protokol internet melalui jaringan kabel. Program-proram yang kini menjadi pembicaraan, di antaranya adalah sebagai berikut :

- Status jaringan rumah tangga secara tingkat dunia
- Teknologi dan arsitektur
- Layanan jaringan rumah tangga dan model bisnisnya
- Manajemen undang-undang digital dan keamanan
- Layanan kualitas dalam jaringan rumah tangga
- *Interferensi* elektromagnetik dan lingkungan rumah tangga
- Masa depan jaringan rumah tangga: usaha dan tantangan



Gambar 1.13. Berbagai sistem piranti rumah tangga yang tersambung dalam jaringan

Pada gambar 1.16. di atas dapat kita bayangkan betapa rumitnya menggabungkan berbagai komponen dalam sistem peralatan rumah tangga dalam satu jaringan. Kita bisa melihat sistem telepon, sistem telefaks, sistem alarm, video, televisi, audio dan lainnya saling tersambungkan. Pada masa mendatang inilah yang menandai adanya keterpaduan sistem, baik dalam bidang elektronika, sistem digital maupun sistem telekomunikasi.

Perkembangan masa depan yang terkait dengan telekomunikasi itu merupakan keterpaduan jaringan yang saat ini masih bisa dipisahkan. Jaringan yang dikembangkan akan dikenal sebagai **Next Generation Networking** atau disingkat **NGN**.

Teknologi komunikasi kita pada masa mendatang akan "mudah dan murah". Selain itu kita nanti bisa menentukan kode area

masing-masing misalnya untuk kantor, rumah , bahkan nomor telephone itu bisa kita buat sendiri (misal nomor favorit kita bahkan tanggal lahir). Saat ini nomor telepon ditentukan oleh operator telekomunikasi dengan menggunakan kode area misal 021 untuk Jakarta, 022 untuk Bandung, 0274 untuk Yogyakarta dan seterusnya.

Teknologi 4G juga akan muncul meskipun sekarang ini masih dalam uji coba. Teknologi 4G ini cukup hebat sekali pun kita dalam mobil dengan kecepatan 150 km/jam kita akan dapat bandwidth (lebar pita) yang stabil. Selain itu nantinya media komunikasi tidak hanya telepon tetap di rumah, tetapi kita bisa menggabungkan antara komputer, telepon bergerak (tanpa SIM card), telepon berbasis IP (voice internet protokol) dan telepon rumah biasa.

## 1.7. Rangkuman

1. Komunikasi adalah proses pertukaran informasi antar individu melalui sistem simbol bersama. Telekomunikasi berarti proses komunikasi yang dilakukan melalui jarak jauh (tele=jarak jauh). Telekomunikasi mengandung pengertian ilmu, teknologi dan cara-cara atau prosedur pemindahan atau penyebaran informasi berupa sinyal listrik melalui suatu media transmisi dalam jarak jauh. Informasi yang dapat dipertukarkan adalah data, suara, grafik, sinyal video dan atau audio. Media transmisipun juga banyak jenisnya, yang sering dipakai di antaranya kabel koaksial, serat optik, frekuensi radio, inframerah dan sebaginya.

2. Proses telekomunikasi hampir selalu melibatkan pemancaran gelombang elektromagnetik melalui sebuah pesawat pemancar. Penggunaan berbagai macam piranti untuk membantu proses komunikasi banyak ragamnya. Contohnya yang sudah sangat akrab dengan kita adalah television, radio, telefon.
3. Standarisasi sistem telekomunikasi dilakukan oleh lembaga yang secara khusus menangani masalah-masalah yang terkait dengan telekomunikasi. Pada dasarnya adanya standar tersebut adalah untuk mengatur sistem telekomunikasi baik yang menyangkut penggunaan frekuensi, alokasi (pengaturan tempat), kanal dan sebagainya. Pengaturan itu dimuat dalam bentuk perundangan. Contohnya kalau di Indonesia adalah Undang-undang Telekomunikasi nomor 36 tahun 1999 yang telah disahkan oleh pemerintah Indonesia pada tanggal 8 September 1999.
4. Dalam undang-undang tersebut yang diatur di antaranya adalah tentang penyelenggaraan telekomunikasi, perizinan, perangkat teleko-munikasi, spektrum frekuensi radio dan orbit satelit serta pengamanan telekomunikasi dan sebagainya. Lebih lanjut yang mengatur pertelekomunikasian di Indonesia dilakukan oleh Kementerian Komunikasi dan Informasi.

### **1.8. Soal latihan**

Kerjakan soal-soal dibawah ini dengan baik dan benar

1. Jelaskan apa yang disebut dengan 'komunikasi' !
2. Apakah penambahan kata 'tele' pada komunikasi mempunyai makna lain ? Berilah penjelasan !
3. Informasi apa saja yang dapat dipertukarkan pada proses komunikasi ? Sebutkan dengan memberi sedikit keterangan !
4. Sebutkan tiga lembaga yang secara khusus menangani standar telekomunikasi !
5. Apakah badan standarisasi sistem telekomunikasi mempunyai peranan ? Apa alasannya ?
6. Mengapa sistem telekomunikasi membutuhkan standarisasi ?
7. Coba deskripsikan kemungkinan perkembangan telekomunikasi pada masa mendatang !

# BAGIAN 2

## PERANGKAT UJI PADA TELEKOMUNIKASI

### Tujuan

Setelah mempelajari bagian ini diharapkan dapat:

5. Memahami berbagai macam perangkat pengujii/instrumen yang digunakan dalam sistem telekomunikasi.
6. Memahami fungsi berbagai perangkat pengujii/instrumen yang digunakan dalam sistem telekomunikasi.
7. Memahami spesifikasi instrumen telekomunikasi yang sesuai dengan sistem yang akan diuji.

### 2.1. Pendahuluan

Dalam setiap perawatan atau perbaikan piranti elektronika khususnya pada bidang telekomunikasi atau lebih-lebih dalam perencanaan sistem atau pemeliharaan perangkat telekomunikasi, maka keberadaan parkakas penunjang haruslah yang baik dan tepat. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah mengetahui dan memahami berbagai piranti atau instrumen telekomunikasi tersebut. Istilah piranti dan instrumen ada yang menyebut sebagai perkakas.

Antara instrumen dan sistem yang diukur tersebut seperti masalah telur dengan ayam (*chicken-and-egg*), mana yang dahulu dan mana yang terakhir,

karena instrumen digunakan untuk merancang dan memperbaiki sistem sedangkan sistem juga digunakan untuk membuat instrumen.

Dalam merancang atau memperbaiki sistem telekomunikasi elektronika diperlukan perkakas atau perangkat untuk membuat desain, memperbaik atau hanya untuk pengujian. Instrumen-instrumen yang digunakan dalam sistem telekomunikasi sangat banyak macam, bentuk dan fungsinya. Dari yang paling sederhana sampai yang paling komplek dengan harga yang tidak murah. Instrumen tersebut tentunya sangat perlu untuk diketahui tentang bagaimana penggunaan

yang benar. Dengan demikian apabila penggunaan instrumen sesuai dengan petunjuk pemakainya maka instrumen tersebut dapat mencapai efisiensi yang maksimal.

Perkakas dan instrumen yang digunakan berkaitan dengan bidang telekomunikasi dikategorikan dalam tiga jenis. Ketiga jenis itu adalah sebagai berikut:

1. Perkakas manual
2. Perkakas elektrik
3. Perkakas komputer

Perkakas manual adalah peralatan-peralatan teknik yang digunakan secara manual. Artinya bahwa perlatalan itu hanya dapat dipakai dengan bantuan tenaga manusia. Penggunaan perkakas ini dalam bidang telekomunikasi sangat penting dan cukup membantu.

Perkakas elektrik adalah semua peralatan yang digunakan dalam bidang telekomunikasi dengan bantuan tenaga listrik. Peralatan ini tidak dapat bekerja bila tidak dicatut dengan aliran listrik. Selain tenaga listrik dapat juga digunakan sumber catu tenaga yang lain yaitu batere atau aki (*accumulator*).

Perkakas komputer adalah peralatan atau piranti yang bekerja dengan prinsip-prinsip komputer. Prinsip komputer merupakan suatu proses peng-olahan, manipulasi, penyimpanan dan berbagai fungsi lain yang bekerja dengan piranti elektronika digital.

## **2.2. Perkakas-Perkakas Manual**

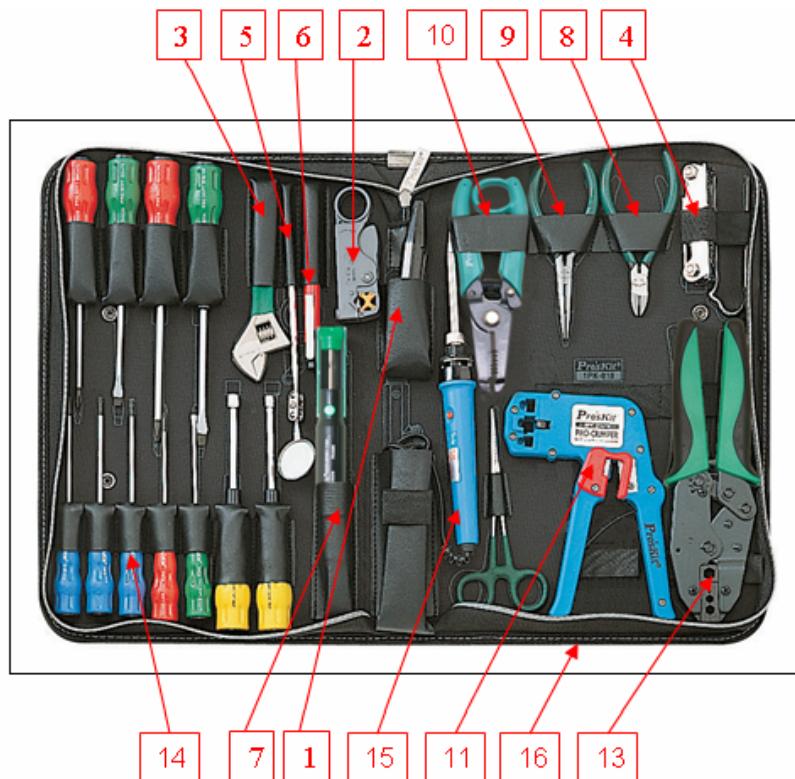
### **2.2.1. Tool Kits**

Alat bantu yang diperlukan dalam pembuatan dan atau reparasi sistem telekomunikasi ada berbagai macam jenis. Peralatan ini kebanyakan adalah peralatan tangan dan bentuknya relatif kecil.

Dalam membuat maupun memperbaiki sebuah rangkaian sistem telekomunikasi membutuhkan peralatan ukur juga peralatan seperti solder yang baik, cutter, catut, pinset, dan perkakas konstruksi lainnya. Berbagai peralatan tersebut disesuaikan dengan pekerjaan yang akan diselesaikannya. Semua disesuaikan untuk pekerjaannya. Peralatan ini biasanya sudah dalam bentuk toolset yang isinya lengkap dengan berbagai perlengkapan seperti solder, tang, pinset, obeng dan lain sebagainya. Dengan toolset ini akan lebih mudah dalam menyimpan dan biasanya sudah disesuaikan dengan kebutuhan serta harganya juga jauh lebih murah dibandingkan dengan pembelian satu demi satu peralatan. Gambar 2.1. di bawah merupakan peralatan bantu yang digunakan dalam membuat rangkaian sistem komunikasi elektronik atau untuk mereparasi kerusakan rangkaian elektronika pada umumnya.

Seperti yang terlihat pada gambar di bawah, *tool kit* tersebut dalam istilah asingnya disebut *Network Maintenance Kit* dengan merek dagang Eclipse Model 500-006. Secara lengkap peralatan yang ada pada *tool kit* terdiri dari:

1. IC extractor
2. Folding hex wrench
3. 6" adjustable wrench
4. 6" forceps
5. Inspection mirror
6. Mini-flashlight
7. Desoldering pump
8. 5" diagonal cutter
9. 5" snipe nose pliers
10. Wire stripper (AWG 30-20)
11. Modular plug crimper
12. Rotary coax stripper
13. Coax crimper
14. Assorted screwdrivers
15. Soldering iron (operates at 120V AC)
16. Zipper bag.



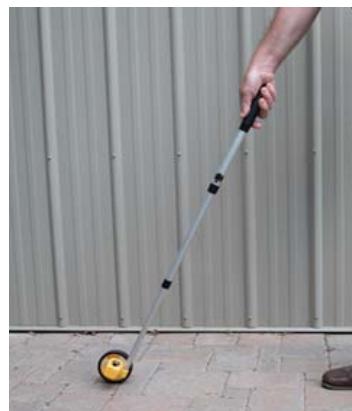
Gambar 2.1. Tool kit atau alat bantu reparasi rangkaian

## **2.2.2. Meter beroda (*Measuring Wheel*)**

Meter beroda merupakan alat ukur jarak yang menggunakan roda. Bila roda berputar, maka secara otomatis jarak yang telah dilalui roda dapat diketahui panjangnya. Meter jenis ini sangat berguna apabila kita ingin *menggelar* (menanam atau memasang) kabel telepon. Keunggulan penggunaan meter beroda adalah kemudahannya dalam mengukur jarak dengan mengikuti lekukan permukaan tanah. Ada dua jenis meter beroda, yaitu :

### **a. Meter beroda pengukur jarak pendek**

Meter beroda untuk jarak pendek ini ekonomis dan bisa dijalankan secara mudah. Karena bentuknya kecil terutama pada roda, sehingga bisa disimpan pada tempat penyimpanan dengan mudah. Meteran ini bisa digunakan untuk mengukur jarak hingga 3 kilometer.



Gambar 2.2.Pengukur jarak pendek

### **b. Meter beroda pengukur jarak jauh**

Meter beroda untuk jarak jauh biasanya lebih banyak digunakan di luar ruangan. Tampilan hasil ukur terdiri dua pilihan yaitu berupa angka analog atau angka digital 5 digit. Dengan tampilan digital, pembacaan hasil ukur jarak lebih mudah. Meter jenis ini mampu mengukur jarak hingga lebih dari 3 kilometer. Hal ini dimungkinkan karena mempunyai roda yang lebih besar.



([www.evidentcrimescene.com/cata/meas/meas.html](http://www.evidentcrimescene.com/cata/meas/meas.html))

Gambar 2.3. Pengukur jarak jauh

Dengan menggunakan meter beroda kita bisa melakukan pengukuran secepat kita berjalan. Salah satu contoh meter beroda adalah dengan merek *Marksman Distance Measuring Wheel* seri 55154C.

Spesifikasi yang ditawarkan adalah sebagai berikut :

- a. Keakuratan pengukuran hingga kurang lebih 1" untuk setiap

- pengukuran 30 meter sesuai dengan kondisi lapangan
- b. Pengukuran jarak dapat dilakukan mencapai hingga 3000 m
- c. Perangkat roda ringan dan akurat
- d. Jumlah angka penghitung 5 digit
- e. Pengaturan dan pembacaan mudah dilakukan

Untuk pekerjaan seperti, menghitung kebutuhan kabel telepon dan tanah yang harus digali untuk penanaman kabel, meter beroda ini sangat ideal digunakan.

Cara penggunaan meter beroda (*measuring-wheel*) :

- a. Menyiapkan meter beroda
- b. Angka penunjuk diatur pada posisi awal nol
- c. Gagang meter dipegang kemudian roda diletakkan di atas tanah.
- d. Panjang gagang disesuaikan dengan kenyamanan.
- e. roda dijalankan sesuai dengan lekukan tanah.
- f. Hasil pengukuran dibaca dengan melihat pada angka penunjuknya.

### **2.3. Perkakas-perkakas elektrik**

Perkakas elektrik sebagai alat bantu untuk bidang telekomunikasi sangat beragam dan jumlahnya juga cukup banyak. Dengan perkakas ini, seorang teknisi dengan mudah melakukan pekerjaannya. Berikut ini ditun-

ukkan beberapa contoh perkakas tersebut.

#### **2.3.1. Solder Rangkaian**

Dalam membuat sebuah rangkaian perlu adanya penyambungan antara dua titik komponen atau lebih. Penyambungan ini menggunakan timah solder sebagai bahan perekatnya. Penyolderan atau pematrian dapat dilakukan dengan mudah, Keterampilan-keterampilan ini bersifat dasar dan sederhana untuk dipelajari. Solder adalah suatu campuran logam atau metal yang mempunyai titik-lebur relatif rendah. Hal ini digunakan merekatkan komponen-komponen dengan papan rangkaian sehingga membentuk suatu gabungan rangkaian yang sesuai dengan gambar skematis. Timah solder tersedia dalam bentuk *strand solder* (kumparan berbentuk kawat) atau *solder paste* (timah solder yang dilekatkan ke luar dengan suatu penyemprot). Ada dua alat penyolderan kategori dasar yaitu the standard *soldering iron* dan *rework station*.

Besi solder seperti ditunjukkan gambar 2.4. di bawah ini digunakan *strand solder* untuk menyolder komponen pada papan PCB. Sebuah spon basah dapat digunakan untuk membersihkan tip (ujung) besi. Spon tersebut harus dijaga supaya basah terus menerus, dan tip besi tersebut harus dibersihkan secara teratur.

Ada banyak perbedaan tipe solder yang tersedia tergantung dari pekerjaan yang dilakukan dan

temperatur yang dibutuhkan untuk penyolderan.

Selalu memastikan bahwa pucuk solder mempunyai suatu lapisan solder yang bagus, Hal ini untuk mencegah oksidasi dan mengawetkan pucuk tersebut. Ketika bekerja dengan pucuk solder, maka akan terjadi perubahan warna. Secara sederhana beberapa strand solder akan kelebihan panas dan hal tersebut perlu dibersihkan dengan spon supaya kotoran yang melekat menjadi hilang. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa pucuk solder akan bertahan lama.

Sekarang ini solder semakin canggih, mulai dari yang berupa logam panas, uap panas (blower) bahkan ada yang menggunakan paduan blower dan ultrasonik yang dikendalikan dengan komputer untuk mendapat temperatur yang tepat dan solderan yang rapi dan akurat.

Solder yang banyak digunakan adalah solder dengan ujung besi atau tembaga. Penggunaannya bergantung kepada jenis pekerjaan, karena ada beberapa pilihan ujung solder. Lihat contohnya pada gambar 2.5.



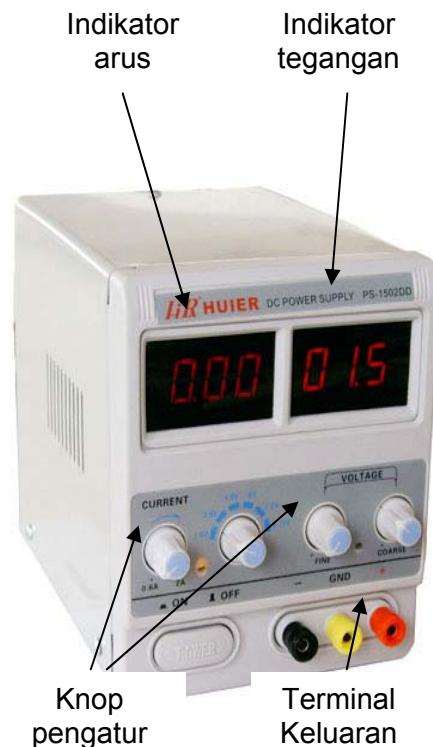
Gambar 2.4. Solder Uap (Blower)



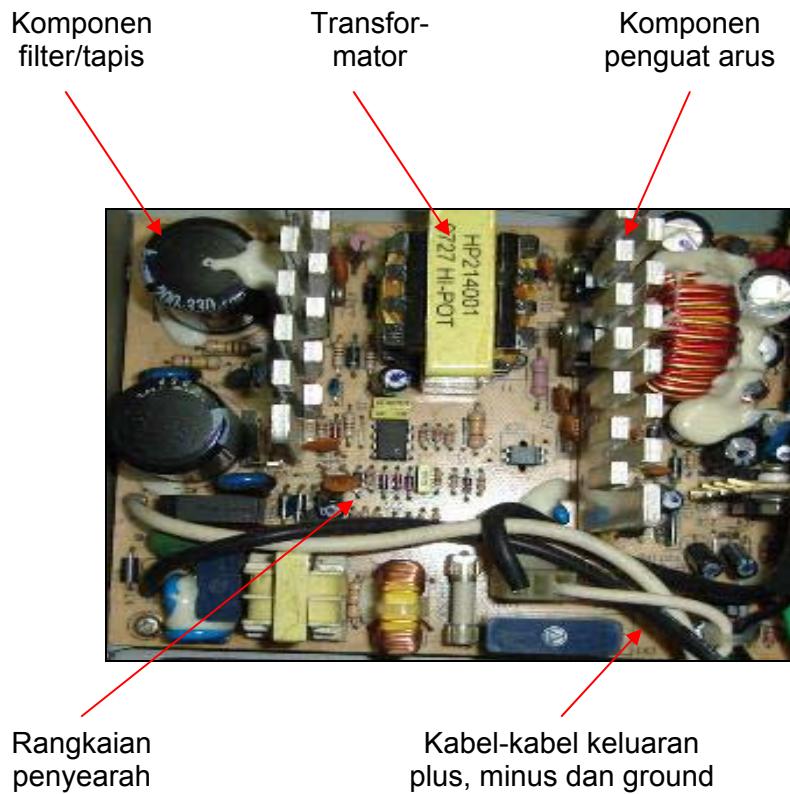
Gambar 2.5. Iron Solder dengan beberapa pilihan ujung dan penyedot timah

### 2.3.2. Power Supply

Selain komponen-komponen tersebut di atas, dalam melakukan pengujian maupun perawatan sistem telekomunikasi diperlukan komponen yaitu power supply. Power supply ini sangat penting, karena jika tidak ada komponen ini, tidak mungkin pengujian bisa dilakukan. Power supply dapat diambil dari komponen yang terpisah, seperti adaptor atau baterai, tetapi juga dapat diambil dari komponen lain seperti pada socket USB pada komputer PC. Dalam pengujian maupun perawatan sistem telekomunikasi tentunya harus memilih power supply yang digunakan. Pemilihan ini biasanya berdasarkan terhadap kebutuhan arus. Gambar sebuah power supply dapat dilihat seperti di samping ini.



Gambar 2.6. Power Supply



Gambar 2.7. Rangkaian dalam power supply

#### 2.4. Piranti-Piranti Ukur

Sistem telekomunikasi banyak terkait dengan penggunaan frekuensi tinggi. Frekuensi ini biasanya diterapkan pada komunikasi *line of sight* atau komunikasi nirkabel. Hal ini akan membawa kenyataan pada instrumen yang digunakan untuk merancang, menguji maupun untuk memperbaiki sistem telekomunikasi yang harus sesuai dengan sistem tersebut. Instrumen atau piranti ukur yang digunakan dalam bidang telekomunikasi mempu-

nyai tampilan analog atau digital. Beberapa piranti atau instrumen untuk pengujian dalam sistem telekomunikasi juga banyak ragamnya. Instrumen-instrumen itu adalah :

- [Oscilloscopes](#) (osiloskop)
- [Power Supplies](#) (catu daya)
- [Spectrum Analyzers](#)  
(penganalisis spektrum)
- [Network Analyzers](#)  
(penganalisis jaringan)
- [RF Measurement](#) (pengukur frekuensi tinggi)

- [Signal Generators](#) (pembangkit sinyal/gelombang)
- [Multimeter](#)
- [Data Acquisition](#) (akuisisi data)
- [LCR/Impedance](#) (pengukur impedansi atau LCR)
- [Logic Analyzer](#) (penganalisis rangkaian logika)
- [Power Sources](#) (sumber daya)
- [Pulse Generator](#) (pembangkit pulsa)
- [Electronic Load](#) (beban elektronik)
- [Frequency Counter](#) (pencacah frekuensi)
- [AC Power Analyzer](#) (penganalisis daya AC)
- [Audio Analyzer](#) (penganalisis rangkaian audio)
- [Hipot/Electrical Safety](#) (keselamatan terhadap tegangan tinggi)
- [Precision Sources](#) (sumber-sumber daya akurat)
- [TV and Video](#) (pengukuran televisi dan video)
- [RF Accessories](#) (perlengkapan frekuensi tinggi)
- [Connectivity/Software, Fiber Optic, Semiconductor](#) (sambungan-sambungan atau perangkat lunak untuk serat optik dan semikonduktor)
- [RF Signal Generators](#) (pembangkit sinyal frekuensi tinggi)

Uraian di bawah ini akan menjelaskan berbagai macam instrumen yang digunakan dalam sistem telekomunikasi baik pengujian maupun perbaikan.

#### **2.4.1. Multimeter**

Multimeter banyak digunakan untuk mengukur arus dan tegangan. Alat ukur ini sangat penting dalam menguji dalam pembuatan rangkaian. Selain digunakan untuk mengukur arus dan tegangan juga dapat digunakan untuk mengetahui sambungan penghantar apakah putus ataukah tidak.

Alat ini juga digunakan untuk mengetahui besarnya nilai tahanan sebuah resistor, menguji diode maupun transistor. Karena banyaknya fungsi dari alat ini maka sangat dibutuhkan dalam merancang rangkaian elektronika khususnya rangkaian yang akan dikomunikasikan dengan komputer baik dengan komunikasi secara serial maupun secara paralel.



Gambar 2.8. Multimeter analog SP10D

Selektor pada multimeter analog dipakai untuk memilih ragam besaran yang akan diukur, yaitu tegangan atau arus searah atau bolak-balik, dan tahanan.

Multi-meter ada juga yang dapat dipakai untuk mengukur kuat bunyi atau desibel.

Piranti ini harganya juga tidak terlalu mahal dan dipasaran banyak tipe dan ragamnya tergantung dari kualitas serta industri pembuatnya. Harga sebuah alat ukur ditentukan oleh spesifikasi alat tersebut seperti ketelitian ukur maupun kwalitasnya.

Alat ukur ini dipasaran ada yang menggunakan tampilan analog maupun digital. Alat ukur analog adalah multimeter yang hasil pengukurannya ditampilkan dengan jarum dan angka, sedangkan multimeter digital tampilannya dapat dilihat secara langsung dalam bentuk angka yang dapat dibaca secara langsung. Gambar 2.8. dan 2.9. adalah salah satu contoh multimeter digital dan analog yang banyak dijumpai di pasaran.



Gambar 2.9. Multimeter digital

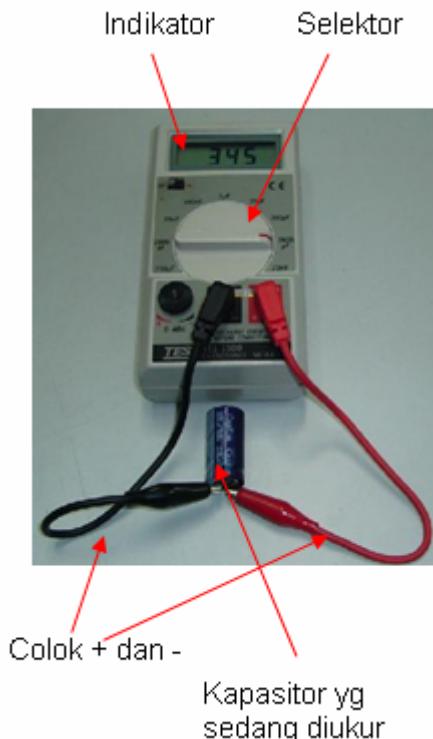
Dalam penggunaan multimeter perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Perhatikan besaran yang akan diukur.
2. Pemindahan selektor penunjuk besaran dan batas ukur, harus dilakukan saat perangkat tidak terhubung pada rangkaian.
3. Pembacaan hasil ukur pada multimeter analog, dapat dilakukan bila simpangan jarum melebihi setengah skala penuh.
4. Pada saat meter tidak dipakai, tempatkan selektor pada posisi batas ukur paling tinggi untuk tegangan bolak-balik

#### 2.4.2. Kapasistansi Meter

Kapasistansi meter sangat penting dalam sistem telekomunikasi. Instrumen ini digunakan untuk mengukur besar kapasitansi pada suatu bahan atau sebuah kapasitor. Kapasistor dalam sistem komunikasi biasanya berfungsi sebagai komponen osilator atau sebagai pembangkit frekuensi. Untuk mencapai tarap yang demikian, maka dibutuhkan kapasitor yang benar-benar sesuai nilai kapasitansinya. Hampir semua rangkaian membutuhkan komponen jenis ini sebagai pendukung yang sangat penting.

Metoda pengujian suatu kapasitor menggunakan kapasitansi meter sangat mudah dan sederhana. Penggunaan piranti tes ini memberikan hasil yang sangat cermat dibandingkan bila pengujian kapasitansi dengan menggunakan multimeter.



Gambar 2.10. Pengukur kapasitansi digital

Kapasitor yang akan diuji, kaki-kakinya tinggal disambungkan dengan colok meter. Cotoh apabila kapasitor mempunyai nilai 100 microfarad yang diukur, maka penunjukkan meter akan terbaca 90 microfarad hingga 110 microfarad. Ingat bahwa kapisitor juga mempunyai nilai toleransi sebagaimana resistor (tahanan). Sebelum menguji kapasitor perlu dilakukan lebih dahulu mengosongkan muatannya dengan cara menghubung singkatkan kaki-kakinya.

Dalam contoh yang diutarakan ini, bila kapasitor terukur 60 mikrofarad, maka dapat dipastikan kapasitor tersebut

dalam keadaan bocor dan harus dilakukan penggantian.

Metoda pengukuran yang lebih akurat lagi adalah menggunakan ESR meter. ESR singkatan Equivalent Series Resistance. Alat ini merupakan hasil teknologi baru yang dipakai untuk menguji kapasitor. Alat ini hanya mengecek kondisi elektrolit pada kapasitor. Keuntungan yang diperoleh adalah kemampuannya menguji kapasitor meskipun masih dalam rangkaian (in circuit). Kecermatan pengukuran yang dihasilkan dapat mencapai 99%. Contoh dari alat ini adalah Sencore LC103 Capacitor and Inductor Analyzer. Di samping alat ini dapat menganalisis kapasitor, juga dapat dipakai untuk menguji suatu induktor. Perhatikan gambar 2.11. di bawah ini.



Gambar 2.11. Capacitor dan Inductor Analyzer

Instrumen ini penggunaannya lebih rumit. Karena itu untuk dapat menggunakannya harus dipahami buku manual dan petunjuk yang disertakan.

## 2.5. Piranti-piranti

## **pengukur frekuensi**

### **2.5.1. Frequency Counter**

Frequency counter atau yang lebih dikenal sebagai pencacah frekuensi mempunyai fungsi untuk mencacah frekuensi yang dihasilkan oleh suatu osilator atau oleh pembangkit frekuensi (*signal generator*). Dengan kata lain alat ini dipakai untuk mengetahui atau mengukur nilai frekuensi yang dihasilkan.



Gambar 2.12. Pencacah frekuensi dengan tampilan 8 digit merek Leader

Dalam sistem telekomunikasi piranti ukur ini sangat diperlukan terutama pada saat penepatan suatu frekuensi pada nilai tertentu. Instrumen ini biasanya digunakan pada laboratorium telekomunikasi dalam bentuk piranti digital, walaupun juga ada yang bekerja secara analog. Fungsi piranti ini digunakan untuk menghitung frekuensi kerja sistem telekomunikasi dalam bentuk angka-angka digital dan bukan berupa gambar atau bentuk grafik.

Pencacah frekuensi kadang-kadang mempunyai fungsi yang digabungkan. Fungsi tersebut adalah rangkaian pembangkit sinyal (*signal generator*), sehingga dalam satu alat atau piranti dapat melakukan dua fungsi sekaligus, yaitu sebagai pembangkit sinyal dan sebagai pencacah frekuensi. Dengan mudah pengalihan fungsi ini dilakukan hanya dengan cara memindahkan saklar pemilih dari satu fungsi ke fungsi yang lainnya.



Gambar 2.13. Pencacah frekuensi dengan tampilan 8 digit jenis berbeda

Sebagai pembangkit sinyal atau frekuensi, biasanya ditunjukkan dengan rentang (range) frekuensi yang bisa dihasilkan. Contohnya rentang frekuensi : 0.03 Hz hingga 3 Mhz dengan 7 step yaitu: 1 Hz, 10Hz, 100Hz, 1KHz, 10Khz, 100Khz, 1Mhz. Bentuk gelombang yang dibangkitkan: gelombang sinus, gelombang segitiga, gelombang kotak, gelombang gigi gergaji positive-going, gelombang gigi gergaji negative-going, gelombang pulsa

positive-going, gelombang pulsa negative-going, gelombang pulsa TTL.

Untuk pencacah frekuensi kebanyakan ditunjukkan dengan rentang pengukuran yang dapat dijangkau. Contohnya rentang pengukuran :

1Hz - 20 MHz, 5 digit dengan Impedansi input :  $>>1 \text{ M}\Omega/20\text{pF}$   
Kepakaan : 100mV rms

Ketepatan : 0.1Hz/1Hz/100Hz  
Kekeliruan ukur :  $<0.003\% \pm 1 \text{ digit}$

Tegangan input maksimum :  
150V (AC+DC) (dengan pelemahan)

1. Pastikan bahwa frekuensi yang akan dicacah (counter) sudah terhubung dengan input alat ukur.
2. Perhatikan tombol rentang frekuensi yang dicacah agar pembacaan mudah dilakukan.
3. Apabila pencacahan menunjukkan *overflow* (melebihi) dari yang seharusnya, maka pindahkan atau tekan tombol batas yang lebih tinggi.

## 2.5.2. Function Waveform Generator

Waveform generator merupakan sebuah instrumen dalam sistem telekomunikasi yang sangat penting untuk membangkitkan gelombang sebagai sinyal pengujian maupun perawatan sistem telekomunikasi.

Piranti ini biasanya mengeluarkan bentuk gelombang yang berbeda-beda seperti gelombang kotak, gergaji maupun sinus tergantung yang diinginkan. Semakin besar range frekuensi yang dihasilkan oleh piranti maka akan semakin mahal pula harganya. Biasanya mampu mengeluarkan besar frekuensi 15 MHz dengan bentuk gelombang kotak, sinus maupun gigi gergaji, *noise*, *ramp* (segitiga) dan sebagainnya.

Selain menghasilkan gelombang-gelombang sebagaimana yang disebutkan itu, instrumen ini dapat pula menghasilkan sinyal dalam bentuk yang sudah temodulasi dengan frekuensi audio.



Gambar 2.14. Pencacah frekuensi dan pembangkit sinyal dalam satu alat.

Harga piranti itu cukup mahal apalagi jika rentang frekuensi yang terukur dapat mencapai tataran giga hertz. Biasanya frekuensi kerjanya antara 10 Hz sampai 3 GHz. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan :



Gambar 2.15. Function Waveform Generator seri HP 33120A

Bentuk sinyal termodulasi yang biasa dihasilkan adalah modulasi amplitudo, modulasi frekuensi, *frequency shift keying* dan modulasi *burst*. Untuk menunjukkan besaran sinyal yang dapat dibangkitkan, dari keterangan panel dapat dibaca ketentuan tersebut. Misalnya untuk keluaran 50 milivolt hingga 10 volt puncak ke puncak (Volt peak to peak) dengan impedansi keluaran 50 Ohm dan resolusi 3 digit.



Gambar 2.16. Function Generator seri HP 3314A

Pembangkit gelombang yang lebih baik dapat menghasilkan rentang frekuensi dari 0,001 Hz hingga 19,99 Mhz.

Tegangan sinyal keluaran yang dapat dihasilkan pun dapat lebih kecil lagi yaitu 0,01 milivolt puncak ke puncak hingga 10 volt puncak ke puncak dengan impedansi keluaran 50 Ohm. Tambahan lain yang dapat disertakan di antaranya adalah pengunci fasa (*phase lock*), *phase offset*, *sweep linear* atau *logaritmik* dan lain-lain.

Pemilihan generator fungsi untuk keperluan piranti telekomunikasi :

1. Perhatikan kebutuhan rentang frekuensi yang diperlukan. Apakah untuk frekuensi rendah atau tinggi.
2. Perhatikan kebutuhan gelombang yang ingin dihasilkan. Apakah sinus, kotak atau segitiga.
3. Perhatikan pula level (aras) tegangan yang dikehendaki.

Penggunaannya:

1. Sebagai sumber pembangkit gelombang.
2. Sebagai sumber gelombang dapat dipakai untuk pengujian sistem, seperti untuk menghitung penguatan, respon (tanggap) penguat, untuk pemicuan dan sebagainya.

Tugas :

Coba gambarkan bagaimana memasangkan pembangkit gelombang ini dalam sistem pengujian penguat frekuensi tinggi.

### 2.5.3. Analog RF Signal Generator

Analog RF signal generator merupakan sebuah peralatan yang dapat membangkitkan sinyal RF analog. Peralatan ini sering digunakan dalam berbagai pengujian khususnya pada laboratorium sistem telekomunikasi. Sinyal RF yanghasilkan oleh peralatan ini seperti halnya sinyal yang dipancarkan oleh pemancar dengan frekuensi tinggi yang biasanya mempunyai rentang keluaran antara 250 KHz sampai 3 atau 6 GHz. Dengan frekuensi sebesar ini merupakan spektrum frekuensi radio, sehingga jika ingin menguji sebuah sistem akan dapat lebih mudah dalam membangkitkan frekuensi tinggi.

Peralatan ini juga dapat membangkitkan sinyal modulasi RF analog dengan frekuensi 6 GHz baik modulasi AM maupun FM serta modulasi fasa serta modulasi pulsa yang dapat diatur sesuai kebutuhan.

### 2.5.4. Oscilloscope

Oscilloscop merupakan alat ukur yang dapat digunakan untuk melihat bentuk gelombang listrik yang ada pada rangkaian yang telah dirancang. Dari bentuk gelombang itu dapat dijadikan sebagai dasar bagi pengukuran tegangan gelombang. Di samping itu oscilloscope dapat digunakan untuk mengukur periode suatu gelombang.

Dengan diketahui nilai periode, maka dengan rumus  $T=1/f$  selanjutnya bisa diketahui besarnya frekuensi yang terukur

Baik pengukuran tegangan gelombang atau periode gelombang, yang selalu menjadi acuan adalah besarnya kotak pada layar oscilloscope atau biasa disebut sebagai divisi. Oleh karena itu, satuan pengukuran yang dibaca adalah volt/divisi atau time/divisi.

Untuk mengetahui gambar peralatan osciloskop, perhatikan gambar 2.18.



Gambar 2.17. Analog RF signal generator



Gambar 2.18. Oscilloscope digital

Oscilloscope digital mempunyai keunggulan dibandingkan dengan oscilloscope analog adalah terletak pada mudahnya hasil pengukuran dibaca pada layar LCD. Osciloskop ini juga dilengkapi dengan kanal ganda (*dual*) dengan lebar bidang (*bandwidth*) yang dapat mencapai 200 MHZ. Hasil pengukuran dapat disimpan untuk masing-masing kanal. Salah satu jenis oscilloscope digital adalah merek GAO PS1202CA Portable Digital Oscilloscope.

([www.gaotek.com/.../news/CATV-Instrument-DS1191/](http://www.gaotek.com/.../news/CATV-Instrument-DS1191/)).

Beberapa spesifikasi yang ditawarkan meliputi :

- Advanced triggering function from edge, video, pulse and delay.
- +, -, ×, ÷ mathematic Functions.
- FFT spectrum analysis: hanging, hamming, blackman, rectangular.
- Automatic parameter measurements: Vpp, Vamp, Vrms, Vmax, Vmin, Vtop, Vbase, Vavg, Freq, Period,

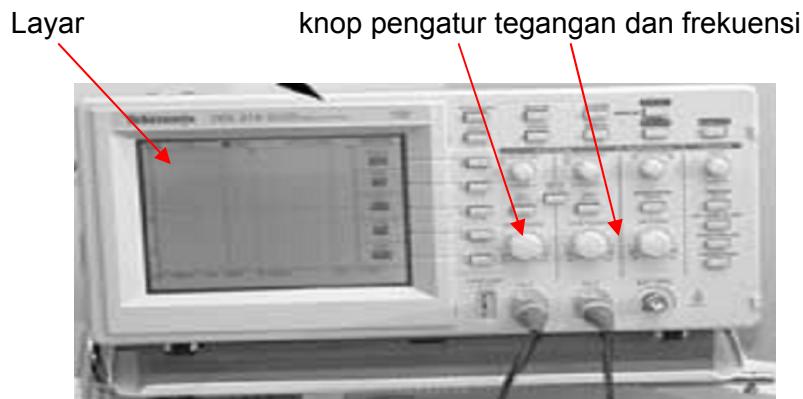
Risetime, Falltime, +Width, -Width, Overshoot, Preshoot, +Duty, -Duty, etc.

- 10 Waveforms parameter.
- Vertical scale: 2mV/div ~ 5V/div
- Sweep time: 1ns/div ~ 50s/div
- Rise time: 1.8ns.
- Power supply: 100 ~ 240V, 45 ~ 65Hz,<30W.
- Standard configuration: USB interface on the rear panel
- Front panel of USB host (support USB storage device) is Optional
- Dimensions: 120mm (D) × 285mm (W) × 158mm (H)

Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui kesalahan dari rancangan dengan melihat bentuk gelombang keluaran pada titik ukur tertentu. Osciloskop di pasaran mempunyai range mulai dari yang murah dengan model lama sampai yang harganya mahal dan canggih. Dalam merancang sebuah rangkaian elektronika, piranti ini dibutuhkan untuk mendapatkan keakuratan, tetapi untuk peralatan yang dibuat hanya untuk hobby tidak perlu menggunakan alat ukur ini karena terlalu mahal harganya. Alat ukur ini biasanya digunakan oleh laboratorium sebagai pendukung penelitian.

#### Penggunaan :

Osciloskop digital berbeda dengan osciloskop konvensional. Kelebihannya adalah kemampuan untuk merekam gambar hasil pengukuran



Gambar 2.19. Oscilloscope

Jika hanya untuk menguji rangkaian yang digunakan untuk berkomunikasi secara paralel maupun serial dengan komputer PC maka dapat digunakan osiloskop yang mempunyai bandwith untuk melihat sinyal data komputer. Osiloskop ini bisa menggunakan kemampuan ukur maksimal 20 MHz dianggap sudah bisa memenuhi kebutuhan. Jika sistem yang diujinya berupa piranti sistem telekomunikasi, maka osiloskop ini harus mempunyai frekuensi yang di atas piranti yang diukurnya.

Piranti ini khususnya yang mempunyai range pengukuran frekuensi yang tinggi, sangat mahal harganya, sehingga sangat perlu diperhatian dalam penggunaan maupun perawatannya, dan dalam penggunaanya pun harus lebih hati-hati

## 2.6. Perangkat Uji Lainnya

### 2.6.1. Logic Analyser

Logic Analyser digunakan untuk memonitor maupun untuk mendiagnose sinyal digital lebih dari satu titik dan terus-menerus. Piranti ukur ini biasanya digunakan untuk pengembangan rangkaian elektronika yang komplek dan membutuhkan ketelitian tinggi, khususnya *data bus* data pada komputer.

Sebagaimana namanya, logic analyzer diapakai untuk menganalisis rangkaian digital. Fungsi yang dapat dilakukan adalah seperti oscilograf yang real-time (waktu yang sama) dengan kemampuan frekuensi 100 MHz. Piranti semacam logic analyzer dapat bekerja tidak hanya dalam penyimpanan standar, tetapi juga pada kondisi *real-time*.

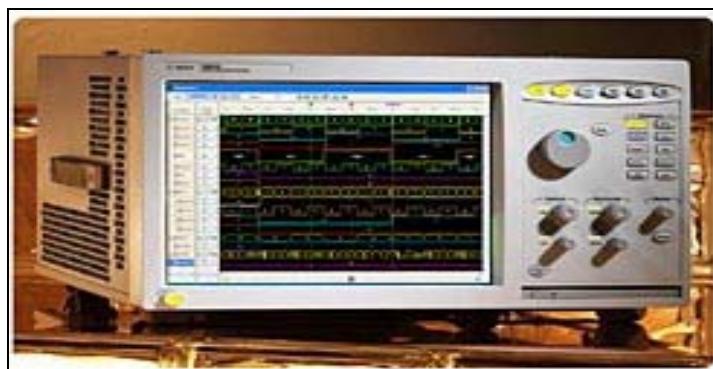
Piranti logic analyzer ini cocok untuk mengamati sinyal periodik seperti pada oscilloscope dan *plug and play*. Biasanya dilengkapi pula dengan perangkat lunak yang dapat tersambung dengan windows, serta USB 2.0 agar dapat berkomunikasi dengan komputer.



Gambar 2.20. Logic analyzer tampilan kompak

Spesifikasi yang ditawarkan oleh L-100-T Logic Analyzer ([www.gaotek.com/.../news/CATV-Instrument-DS1191/](http://www.gaotek.com/.../news/CATV-Instrument-DS1191/)) adalah:

- Size: 99mm × 89mm × 14mm (L×W×H)
- Weight: 300g
- Signal Port Pin: 2.54mm high-quality connector
- Protection: All pins can stand electrostatic surge up to 8KV and voltage power surge up to ±30V
- Signal Input: 2 banks, individual and adjustable 1.2V-5.0V level each
- Sampling Frequency: 1Hz-800MHz internal clock/synchronic sampling/condition sampling
- Signal Channels: 24
- Sampling Depth: 32K
- Delay Function: 0-32K sampling cycle
- Main Counter: 32bit (1T)
- Trigger Condition: 8 Group, 24 bit
- Software for Win XP, Win 2000, and Win 98
- Support USB 2.0 communications with computer



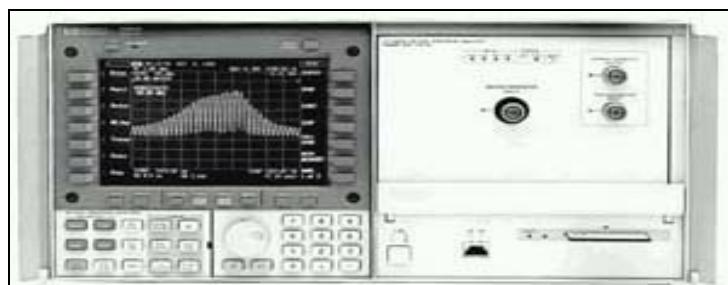
Gambar 2.21. Logic Analyzer yang lebih canggih

### **2.6.2. Optical Spectrum Analyzer**

Optical spectrum analyser merupakan sebuah instrumen yang digunakan untuk mengukur defraksi sebuah sinyal yang dihasilkan dari berbagai komponen optik, penguatan, lampu LED, DFB laser, dan Fabry-Perot laser. Optical spectrun analyser menyediakan pengukuran daya optic berbanding dengan panjang gelombang serta fungsi lanjut dari hasil pengukuran dan karakteristik optik itu sendiri.

### **2.6.3. GSM Test**

GSM test merupakan piranti yang digunakan untuk menguji sinyal radio GSM. Piranti ini sangat berguna untk menguji adanya kesalahan pada gelom-bang modulasi GSM pada sebuah piranti komunikasi GSM seperti Handphone, maupun piranti lainnya. Instrumen ini dapat juga digunakan untuk meng-analisis yang sekaligus untuk mengetahui daya yang dipancarkannya.



Gambar 2.22. Optical Spectrum Analyzer seri HP 71450B



Gambar 2.23. GSM test

#### **2.6.4. CDMA Mobile Test**

CDMA mobile test juga seperti halnya pada GSM test merupakan piranti yang berfungsi untuk mengukur sinyal CDMA yang dihasilkan oleh sebuah piranti komunikasi mobile. Piranti ini harus mempunyai akurasi yang tinggi dengan kemampuan pengujian sistem yang tinggi. Selain itu harus kompatibel dengan sistem yang ada seperti phone CDMA analog dan IS95. Selain itu juga piranti ini harus bisa menguji telephone mobile AMPS, NAMPS dan TAC yang merupakan telepon analog.

#### **2.7. Penguji kabel dan antena (Cable and Antenna Tester)**

Piranti untuk menguji kabel dan antena biasanya dalam bentuk yang dapat dijinjing. Sebagaimana namanya, alat ini mampu untuk mengukur berbagai karakteristik

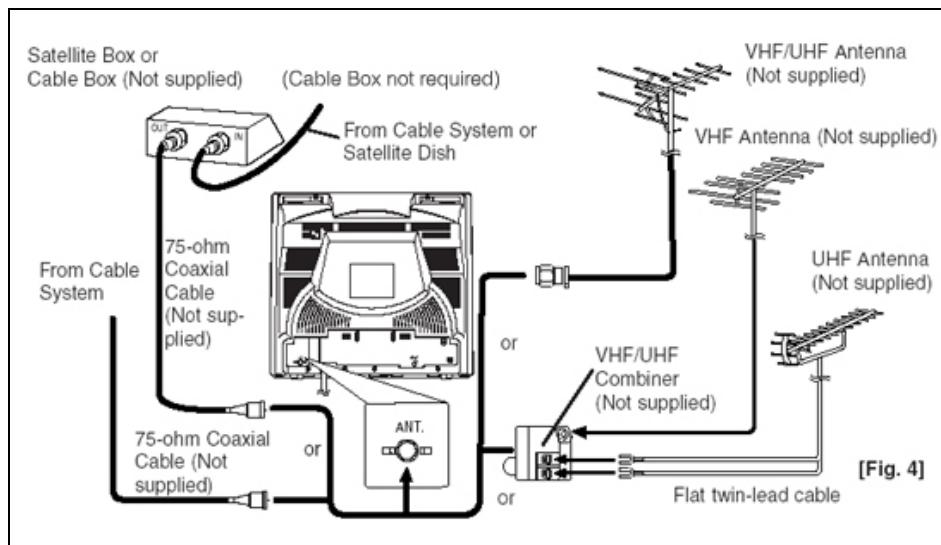
yang berkaitan dengan kabel terutama pada saat dialiri sinyal listrik. Piranti jenis ini ideal untuk pengukuran nisbah gelombang tegak (*standing wave ratio=SWR*), kerugian kabel, dan melokasi titik-titik pada kabel di mana terjadi kerusakan. Di samping itu piranti ini sekaligus dapat dipakai untuk pengukuran antena.

Untuk dapat menjangkau pengukuran yang memadai, maka piranti dirancang agar bisa mempunyai rentang 25 MHz sampai dengan 4 GHz. Dengan frekuensi setinggi ini dapat meliput rentang frekuensi GSM, CDMA, bluetoth dan sebagainya.

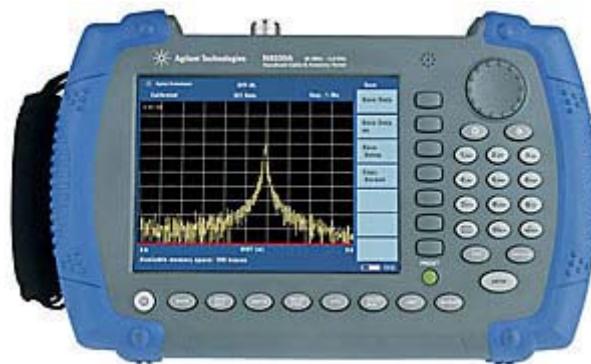
Dalam kenyataannya, piranti yang dirancang ini sangat cocok untuk pelayanan *wireless*, perancang dan pengelola jaringan sehingga bisa digunakan untuk memelihara dan mencari kerusakan sistem komunikasi *wireless*.



Gambar 2.24. CDMA Mobile test



Gambar 2.25. Sistem pemasangan kabel dan antena



Gambar 2.26. Penguji kabel dan antena sistem jinjing Agilent N9330A

## 2.8. Mini PABX

Mini PABX adalah alat untuk membuat percabangan beberapa *extension* dalam 1 atau lebih line telepon, dimana setiap *extension* dapat saling berkomunikasi dan juga setiap *extension* dapat di-set sesuai dengan kebutuhan, seperti

*call restriction*, blokir, membatasi waktu bicara, dan lain-lain.

Perangkat komunikasi telepon ini terletak atau berada di sisi pelanggan, misalnya di gedung-gedung perkantoran yang memerlukan percabangan sambungan telepon. Secara umum perangkat PABX terhubung ke

penyedia layanan telekomunikasi publik.

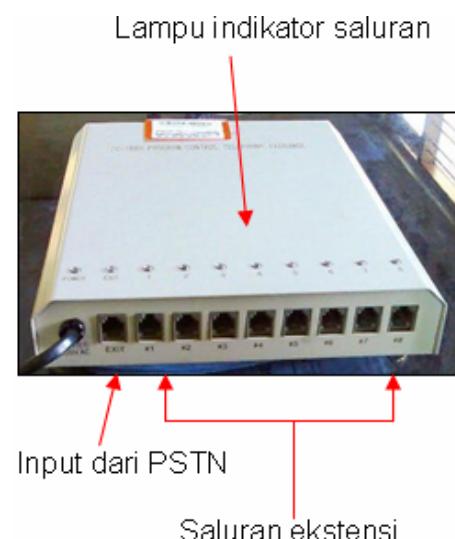
Alat ini juga sudah dilengkapi dengan DISA (*Direct Inward System Acses*) Dan OGM / Operator Otomatis ("Terimakasih Anda Telah menghubungi PT X silahkan tekan extension tujuan atau tekan 0 u/ bantuan operator", dsb).

Pemasangan alat ini sangat mudah. Cocok untuk digunakan di rumah tempat tinggal, tempat kost, toko atau perkantoran kecil. Alat ini terdiri dari beberapa tipe, dengan kapasitas 8 dan 16 extension.

IP PBX atau Internet Protocol Private Branch Exchange adalah PABX yang menggunakan teknologi IP. IP PBX adalah perangkat switching komunikasi telepon dan data berbasis teknologi Internet Protocol (IP) yang mengendalikan ekstension telepon analog (TDM) maupun ekstension IP Phone. Fungsi-fungsi yang dapat dilakukan antara lain penyambungan, pengendalian, dan pemutusan hubungan telepon; translasi protokol komunikasi; translasi media komunikasi atau transcoding; serta pengendalian perangkat-perangkat IP Teleponi seperti *VoIP Gateway*, *Access Gateway*, dan *Trunk Gateway*.

Solusi berbasis IP PBX merupakan konsep jaringan komunikasi generasi masa depan atau dikenal dengan istilah NGN (Next Generation Network) yang dapat mengintegrasikan jaringan telepon konvensional (PSTN/ POTS), jaringan telepon bergerak

(GSM/CDMA), jaringan telepon satelit, jaringan Cordless (DECT), dan jaringan berbasis paket (IP/ATM).



Gambar 2.27. Contoh Mini PABX

IP PBX membawa kemampuan multi layanan di jaringan IP ke dunia komunikasi telepon, sehingga akan memungkinkan semakin banyak layanan komunikasi yang dapat berjalan di atas jaringan IP. Multi layanan tersebut adalah *Voicemail & Voice Conference*, *Interactive Voice Response* (IVR), *Automatic Call Distribution* (ACD), *Computer Telephony Integration* (CTI), *Unified Messaging System* (UMS), *Fax Server & Fax on Demand*, *Call Recording System*, *Billing System*, serta *Web-based Management System*.

## 2.9. Voice Changer

### (Alat Pengubah Suara)

Voice Changer adalah alat untuk merubah suara kita di telepon atau handphone, terdapat 2 pilihan suara, yaitu suara laki-laki dan perempuan, sehingga kita dapat dengan mudah untuk merubah identitas kita dalam pembicaraan lewat telepon ataupun handphone.

Alat ini bisa digunakan sebagai *hands-free* biasa apabila fasilitas voice changer-nya dimatikan (off).

#### Cara Penggunaan :

1. Untuk penggunaan pada telepon rumah

Cabut kabel gagang telepon, dan kemudian sambungkan kabelnya pada alat ini. Nyalakan voice changer, kemudian pilih mode suara yang diinginkan (geser switch ke posisi *male / female* ).

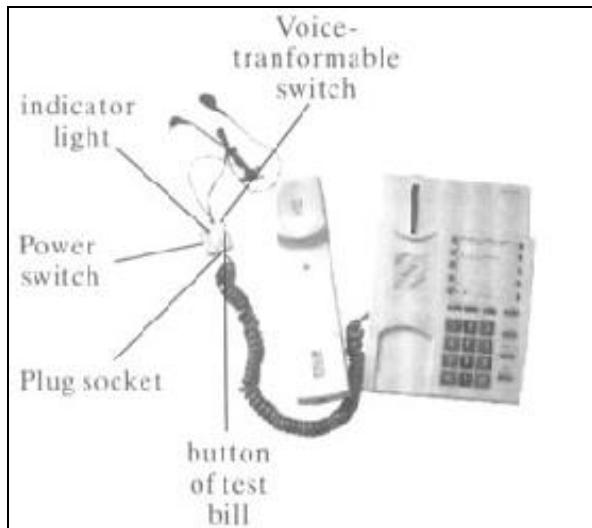
Alat ini akan berfungsi sebagai *hands-free* seperti pada telepon di rumah kita.

2. Untuk penggunaan pada handphone.

Pasangkan alat ini seperti menggunakan *hands-free* biasa saja. Kemudian nyalakan voice changer-nya, lalu pilih mode suara yang diinginkan (geser switch ke posisi *male / female* ).



Gambar 2.28. Voice Changer



Gambar 2.29. Bagian-bagian Voice Changer

## 2.10. LAN Tester (kabel tester)

LAN TESTER digunakan alat untuk memeriksa benar tidaknya sambungan kabel. Untuk tipe straight jika benar maka lampu LED (*Light Emitting Diode*) 1 sampai 8 berkedip. Pada gambar di samping ditunjukkan satu jenis penguji kabel LAN.

Dalam gambar dari bawah dari ujung kabel UTP yang sudah dipasangi konektor dan berhasil dengan baik (urutan pewarnaan pinnya ikut standar) menunjukkan saatu keadaan bahwa urutan pin tersebut adalah standar. Apabila ada penunjukan yang tidak standar, coba perhatikan urutan warna pinnya. Untuk urutan yang sangat tidak standar, tapi tetap saja bisa atau dapat dilihat

bagaimana urutan tersebut, yang penting korespondensinya satu satu (khusus tipe *straight*) :



Gambar 2.30. Kabel LAN tester

## 2.11. Tang Amper (*Multi Function Clamp Meter*)

Tang Amper ini mempunyai beberapa fungsi yaitu : Untuk mengukur arus listrik tanpa memutus rangkaian (kabel) juga bisa difungsikan untuk mengukur tegangan listrik dan tahanan listrik.



Gambar 2.31. Tang Amper (*Multi Function Clamp Meter*)

## 2.12. SW (*Standing Wave Ratio*) Meter

*Standing wave ratio* disingkat SWR kadang-kadang disingkat dengan nama VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*). Bila impedansi saluran transmisi tidak sesuai dengan transceiver maka akan timbul daya refleksi (*reflected power*) pada saluran yang berinterferensi dengan daya maju (*forward power*). Interferensi ini menghasilkan gelombang berdiri (*standing wave*) yang besarnya tergantung pada besarnya daya refleksi.

### Pengukuran SWR

Kadang-kadang SWR meter tidak menunjukkan harga standing wave ratio yang sebenarnya, terutama bila SWR jauh dari 1 : 1. Ini akibat rugi-rugi pada saluran transmisi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.32.

SWR meter diletakkan dekat pemancar. Misalkan tegangan maksimum yang keluar dari TX adalah 10 volt. Karena rugi-rugi saluran, tegangan yang sampai di antena adalah 9 volt. Tegangan pantul dari antena 3 volt. Tegangan ini disalurkan ke TX yang juga mengalami redaman. Sampai di TX tinggal 2,7 volt. SWR yang terbaca :

$$SWR = \frac{V_f + V_r}{V_f - V_r}$$

$$SWR = \frac{10 + 2,7}{10 - 2,7} = 1,73$$

Namun bila SWR diletakkan di dekat antena, SWR yang terbaca adalah :

$$SWR = \frac{9 + 3}{9 - 3} = 2,0$$

Ternyata kedua pengukuran berbeda. Hasil yang benar

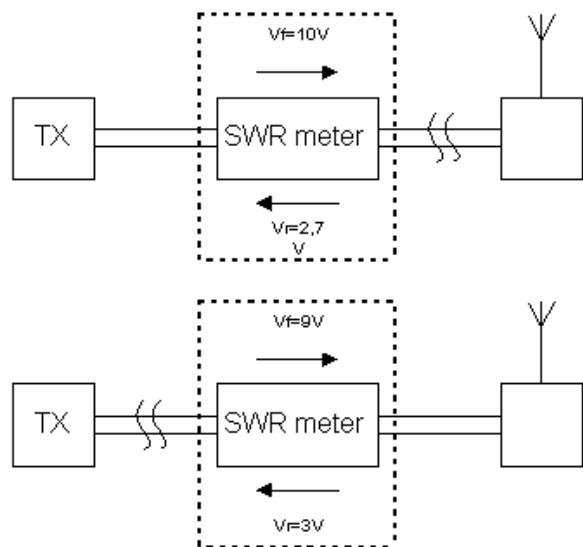
adalah 1:2,0. Jadi bila SWR meter diletakkan dekat TX SWR yang sesungguhnya lebih besar daripada yang terukur. Kesalahan akan bertambah besar bila saluran transmisinya panjang.

Dalam praktik cara pertama boleh dipakai bila SWR menunjukkan nilai rendah (SWR

1:1,1) karena penambahannya sedikit. Tetapi bila penunjukan menjadi 1:1,0 atau lebih segeralah pindahkan SWR meter ke dekat antena agar penunjukannya tidak terlalu banyak meleset. Apalagi bila kabel koaxialnya panjang sekali (20 meter atau lebih) atur kembali matching antena anda.



Gambar 2.32. SWR Meter



Gambar 2.33. Prinsip Pengukuran SWR

### 2.13. E-Fieldmeter (Pengukur Medan Listrik)

E-Fieldmeter TYPE 704 ini digunakan untuk mengukur muatan elektrostatik pada suatu obyek, dimana hasil pengukuran tegangan potensialnya dinyatakan dalam ukuran volt. Jarak antara obyek yang diukur dengan sensor head (ujung sensor) dapat diatur, sehingga memungkinkan hubungan konversi dari tegangan potensial yang diukur dengan muatannya. Lokalisasi dan pengukuran muatan elektrostatik serta medan dari kedua polaritas memungkinkan cara ini. Operator dapat memilih di antara jarak yang telah ditetapkan yaitu mulai dari

pengukuran 1 cm, 2,5 cm, 5 cm, 10 cm dan 20 cm.

Didalamnya terdapat mikroprosesor yang secara otomatis mengkonversi kuat medan yang terukur melalui jarak yang dipilih menjadi muatan dengan potensial yang setara dalam ukuran volt. Bila tegangan lebih dari 1000V, maka pembacaan display pada posisi kV.

Penggunaan :

1. Meter digunakan untuk mengetahui medan listrik atau elektromagnetik yang dipancarkan oleh pemancar.
2. Dengan diketahui kuat medan dapat diperkirakan jarak pancaranya, seperti sinyal televisi.



Gambar 2.34. Bentuk E-Fieldmeter

## 2.14. Switch Jaringan

Switch jaringan (atau *switch* untuk singkatnya) adalah sebuah alat jaringan yang melakukan bridging transparan (penghubung segementasi banyak jaringan dengan *forwarding* berdasarkan alamat MAC).

Port uplink adalah sebuah port dalam sebuah HUB atau (switch jaringan) yang dapat digunakan untuk menghubungkan HUB/switch tersebut dengan HUB

lainnya di dalam sebuah jaringan berbasis teknologi Ethernet. Dengan menggunakan *uplink port*, HUB-HUB pun dapat disusun secara bertumpuk untuk membentuk jaringan yang lebih besar dengan menggunakan kabel *Unshielded Twisted Pair* yang murah. Jika memang hub yang digunakan tidak memiliki *port uplink*, maka kita dapat menggunakan kabel UTP yang disusun secara *crossover*.



Gambar 2.35. Switch jaringan

## 2.15. Modem

Modem berasal dari singkatan Modulator Demodulator. Modulator merupakan bagian yang mengubah sinyal informasi kedalam sinyal pembawa (*Carrier*) dan siap untuk dikirimkan, sedangkan Demodulator adalah bagian yang memisahkan sinyal informasi (yang berisi data atau pesan) dari sinyal pembawa (*carrier*) yang diterima sehingga informasi tersebut dapat diterima dengan baik. Modem merupakan penggabungan kedua-duanya, artinya modem adalah alat komunikasi dua arah.

Setiap perangkat komunikasi jarak jauh dua-arah umumnya menggunakan bagian yang disebut "modem", seperti

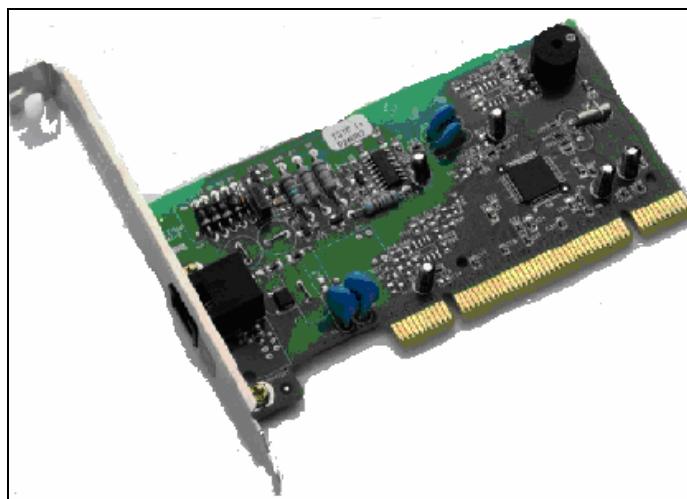
VSAT, Microwave Radio, dan lain sebagainya, namun umumnya istilah modem lebih dikenal sebagai Perangkat keras yang sering digunakan untuk komunikasi pada komputer.

Data dari komputer yang berbentuk sinyal digital diberikan kepada modem untuk diubah menjadi sinyal analog. Sinyal analog tersebut dapat dikirimkan melalui beberapa media telekomunikasi seperti telepon dan radio.

Setibanya di modem tujuan, sinyal analog tersebut diubah menjadi sinyal digital kembali dan dikirimkan kepada komputer. Terdapat dua jenis modem secara fisiknya, yaitu modem eksternal dan modem internal.



Gambar 2.36. Modem eksternal 28.8kbps serial-port  
(modem dari Motorola)



Gambar 2.37. Modem Internal 56kbps (PCI slot modem)

## 2.16. Wi-Fi

Wifi merupakan kependekan dari *Wireless Fidelity*, memiliki pengertian yaitu sekumpulan standar yang digunakan untuk Jaringan Lokal Nirkabel (*Wireless Local Area Networks* atau WLAN) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11. Standar terbaru dari spesifikasi 802.11a atau b, seperti 802.16 g, saat ini sedang dalam penyusunan, spesifikasi terbaru tersebut menawarkan banyak peningkatan mulai dari luas cakupan yang lebih jauh hingga kecepatan transferya.

Awalnya Wi-Fi ditujukan untuk penggunaan perangkat nirkabel dan Jaringan Area Lokal (LAN), namun saat ini lebih banyak digunakan untuk mengakses internet. Hal ini memungkinkan seseorang dengan komputer

dengan kartu nirkabel (*wireless card*) atau personal digital assistant (PDA) untuk terhubung dengan internet dengan menggunakan titik akses (atau dikenal dengan *hotspot*) terdekat.

Secara teknis operasional, Wi-Fi merupakan salah satu varian teknologi komunikasi dan informasi yang bekerja pada jaringan dan perangkat WLANs (*wireless local area network*). Dengan kata lain, Wi-Fi adalah sertifikasi merek dagang yang diberikan pabrikan kepada perangkat telekomunikasi (internet) yang bekerja di jaringan WLANs dan sudah memenuhi kualitas kapasitas interoperasi yang dipersyaratkan.

Teknologi internet berbasis Wi-Fi dibuat dan dikembangkan sekelompok insinyur Amerika Serikat yang bekerja pada Institute of Electrical and Electronics

Engineers (IEEE) berdasarkan standar teknis perangkat bernomor 802.11b, 802.11a dan 802.16. Perangkat Wi-Fi sebenarnya tidak hanya mampu bekerja di jaringan WLAN, tetapi juga di jaringan Wireless Metropolitan Area Network (WMAN).



Gambar 2.38. Wi-Fi dan antena



Gambar 2.39. Wi-Fi bentuk lain

Karena perangkat dengan standar teknis 802.11b diperuntukkan bagi perangkat WLAN yang digunakan di frekuensi 2,4 GHz atau yang lazim disebut frekuensi ISM (Industrial, Scientific dan Medical). Sedang untuk perangkat yang berstandar teknis 802.11a dan 802.16 diperuntukkan bagi perangkat WMAN atau juga disebut Wi-Max,

yang bekerja di sekitar pita frekuensi 5 GHz.

## 2.17. Auto Telephone Recorder

Auto Telephone Recorder adalah alat untuk merekam pembicaraan pada telepon ke dalam kaset (kaset standard C-60). Alat ini memiliki pengaturan untuk mengkompresi suara hasil rekaman sehingga kapasitas kaset seolah-olah menjadi 2 kali lipat dari kapasitas sebenarnya. Recorder ini dapat digunakan untuk telepon rumah ataupun telepon yang melalui sistem PABX pada kantor-kantor.

Alat ini juga dilengkapi dengan built-in microphone, sehingga dapat juga digunakan :

1. Untuk menyadap telepon dengan tanpa diketahui oleh pemakai telepon yang akan disadap.
2. Dipasangkan antara line telepon dan pesawat telepon yang direkam. Pemasangan seperti ini biasa digunakan untuk kantor yang meng-gunakan PABX. Cocok digunakan untuk merekam pembicaraan penting yang memerlukan bukti, seperti dalam transaksi saham, atau keperluan lainnya.

Gambar 2.40. merupakan contoh alat perekam pembicaraan telepon.



Gambar 2.40. Auto Telephone Recorder

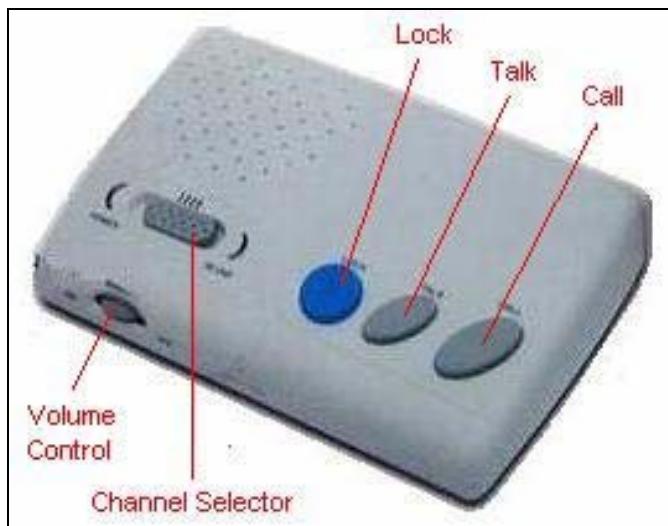
## 2.18. Wireless Intercom

Wireless Intercom adalah alat komunikasi tanpa kabel dan tentunya tanpa pulsa (biasanya untuk komunikasi antar ruangan di lingkungan rumah atau kantor atau toko kita). Alat ini meng-gunakan jaringan listrik sebagai penghubungnya. Sehingga alat ini sangat praktis sekali, jadi terserah mau dipasangkan pada stop kontak dimana saja asalkan masih berada dalam satu meteran yang sama (1 fase). Alat ini bisa digunakan sampai 4 unit channel terpisah. Alat ini Menggunakan jaringan listrik 1 fasa sebagai media transmisi. Tombol LOCK,

untuk monitoring secara kontinu (tanpa harus ditekan terus)

Cara Pemakaian :

1. Pasangkan wireless intercom ini pada stopkontak, kemudian sesuaikan pilihan channel dengan pasangan yang akan dituju (wireless intercom yang berada di ruangan lain). Dengan demikian sudah siap untuk berkomunikasi.
2. Tombol CALL, untuk memanggil.
3. Tombol TALK, harus ditekan untuk berbicara. atau aktifkan tombol LOCK agar tidak perlu menekan tombol TALK secara terus-menerus pada saat berbicara.



Gambar 2.41. Wireless Intercom

## 2.19. Telephone Protector

Telephone Protector merupakan perangkat anti petir untuk memproteksi line telepon (telephone protector) digital, untuk proteksi jaringan DSL, LAN, dan telepon. Saluran yang diproteksi adalah saluran 1-8 RJ45.

Untuk lebih aman, Telephone Protector harus digabungkan dengan proteksi jaringan listrik AC. Sistem listrik harus menggunakan kabel berisi tiga utas dan memiliki arde yang baik. Untuk lebih aman, instalasi listrik pada perangkat internet dapat memakai surge protector.

Surge Protector adalah perangkat yang dapat melindungi perangkat elektronik dari perubahan tegangan yang tinggi



Dari sambungan telepon

Gambar 2.42. Telephone protector

dan sangat cepat saat terjadi petir. Modem, router, hub atau switch akan lebih aman dari efek petir dengan menggunakan perangkat ini. Piranti bentuk lain untuk melindungi pesawat telepon dapat dipilih sesuai dengan keinginan

dan kebutuhan peng-guna. Salah satu contoh pe-lindung pesawat telepon dapat dilihat pada gambar 2.43. di bawah ini.



Gambar 2.43. Bentuk-bentuk telephone protector

## 2.20. Rangkuman

Dari uraian tersebut di atas maka dapat ambil inti pembahasan pada bagian ini adalah sebagai berikut :

1. Multimeter digunakan untuk mengukur arus dan tegangan, alat ukur ini sangat penting dalam menguji dalam pembuatan rangkaian. Selain digunakan untuk mengukur arus dan tegangan juga dapat digunakan untuk mengetahui sambungan penghantar apakah putus ataukah tidak. Alat ini juga digunakan untuk mengetahui besarnya tahanan sebuah resistor, menguji diode maupun transisitor.
2. Kapasistansi meter sangat penting dalam sistem telekomunikasi. Instrumen ini digunakan untuk mengukur besar kapasistansi pada suatu bahan atau sebuah Kapasitor.
3. Frekuensi counter dalam sistem telekomunikasi sangat dibutuhkan dalam berbagai pengukuran besar frekuensi. Instrumen ini biasanya digunakan pada laboratorium telekomunikasi dalam bentuk piranti digital, walaupun juga ada ada yang bekerja secara analog.

4. Waveform generator merupakan sebuah instrumen dalam sistem telekomunikasi yang sangat penting untuk membangkitkan gelombang sebagai sinyal pengujian maupun perawatan sistem telekomunikasi.
5. Analog RF signal generator merupakan sebuah piranti yang dapat membangkitkan sinyal RF analog. Piranti ini sering digunakan dalam berbagai pengujian khususnya pada laboratorium sistem telekomunikasi.
6. Oscilloscope merupakan alat ukur yang dapat digunakan untuk melihat bentuk gelombang listrik yang ada pada rangkaian yang telah dirancang. Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui kesalahan dari rancangan dengan melihat bentuk gelombang keluaran pada titik ukur tertentu.
7. Logic Analyser digunakan untuk memonitor maupun untuk mendiagnose sinyal digital lebih dari satu titik dan terus-menerus.
8. Optical spectrum analyser merupakan sebuah instrumen yang digunakan untuk mengukur defraksi sebuah sinyal yang dihasilkan dari berbagai komponen-komponen optik, penguatan, lampu LED, DFB laser, dan Fabry-Perot laser.
9. GSM test merupakan piranti yang digunakan untuk menguji sinyal radio GSM.
10. CDMA mobile test juga seperti halnya pada GSM test merupakan piranti yang berfungsi untuk mengukur sinyal CDMA yang dihasilkan oleh sebuah piranti komunikasi mobile.
11. Untuk mengukur (mengetes) suatu kabel lebih tepat digunakan Cable and Antenna Tester dibandingkan menggunakan multimeter (misalnya ohmmeter). Hal ini dikarenakan suatu kabel memiliki efek induktansi yang sangat berpengaruh pada sinyal-sinyal berfrekuensi tinggi.
12. Untuk melakukan reparasi dibutuhkan *Tool kit* atau alat bantu reparasi yang terdiri dari bermacam-macam obeng, tang dan lain-lain sesuai dengan peralatan elektronik yang akan diperbaiki.
13. Solder uap sangat diperlukan untuk menyolder komponen-komponen yang berukuran kecil. Selain itu, unjuk kerja solder uap (*blower*) juga lebih cepat dibandingkan dengan solder biasa (solder besi).
14. Power supply merupakan suatu bagian yang sangat penting pada sebuah sistem elektronika, karena semua komponen-komponen memerlukan sumber listrik untuk bisa bekerja. Secara umum, sistem elektronika hanya membutuhkan tegangan dan daya yang relatif kecil.
15. Mini PABX berfungsi untuk membuat percabangan beberapa *extension* dalam satu atau lebih line telepon. Bahkan perkembangan terbaru, PABX telah menggunakan jaringan internet (Internet protokol) sehingga bisa memberikan multi layanan.

16. Voice changer mampu merubah suara orang ketika menelpon, dimana suara wanita akan terdengar seperti suara pria. Selain itu alat ini juga bisa berfungsi sebagai hands-free.
17. LAN tester merupakan alat pengetes kabel tetapi lebih spesifik untuk mengetes kabel LAN (kabel UTP) karena bentuk konektornya telah disesuaikan.
18. Tang amper berfungsi untuk mengukur besarnya arus pada suatu penghantar tanpa harus memutus kabel (rangkaian). Biasanya untuk arus-arus yang besar.
19. Untuk mengukur kesesuaian impedansi (*match impedance*) antara penguat RF dan antena, diperlukan SWR meter. Hal ini sangat penting karena antena memiliki pengaruh besar pada sistem telekomunikasi.
20. Peralatan komunikasi jarak jauh dua-arah umumnya menggunakan suatu modem untuk mengirim data melalui sebuah proses modulasi.
21. Sistem komunikasi wireles merupakan solusi ketika jaringan dengan menggunakan kabel menjadi kurang fleksibel. Untuk mewujudkan hal ini, diperlukan komponen komunikasi yaitu Wi-Fi.
22. Auto Telephone Recorder sangat berguna untuk merekam hasil pembicaraan yang dapat digunakan pada telepon rumah ataupun telepon yang melalui sistem PABX.
23. Wireless Intercom memiliki tingkat fleksibilitas yang cukup tinggi tetapi masih perlu dipertimbangkan masalah keamanan pada saat berkomunikasi karena bisa untuk disadap. Hal ini dikarenakan intercom menggunakan sistem analog.

## 2.21. Soal Latihan

Kerjakan soal-soal di bawah ini dengan baik dan benar !

1. Sebutkan dan jelaskan berbagai macam instrumen yang digunakan dalam sistem telekomunikasi.
2. Sebutkan fungsi berbagai macam instrumen sistem telekomunikasi yang telah diuraikan di atas.
3. Dari instrumen-instrumen di atas, identifikasilah instrumen manakah yang termasuk peralatan sistem digital dan peralatan yang bekerja menggunakan sistem analog.

# BAGIAN 3

## DASAR-DASAR SISTEM KOMUNIKASI

### Tujuan

Setelah mempelajari bagian ini diharapkan dapat :

1. Menyebutkan elemen dasar sistem komunikasi dengan diagramnya
2. Membedakan antara bentuk komunikasi analog dan komunikasi digital
3. Menjelaskan pentingnya keberadaan jaringan yang dapat menjembatani sistem komunikasi

### 3.1. Dasar Komunikasi

#### 3.1.1. Elemen Dasar

Suatu sistem telekomunikasi dapat berlangsung apabila memenuhi prinsip yang melibatkan tiga perangkat dasar. Perangkat dasar itu adalah pemancar, penerima dan media untuk memancarkan sinyal. Penjelasan untuk ketiga perangkat yang membentuk keberlangsungan sistem telekomunikasi dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Pemancar, perangkat ini berfungsi menerima informasi dari masukan atau yang berupa pesan kemudian mengubah masukan tersebut menjadi sinyal (isyarat) listrik.

Selanjutnya untuk dipancarkan atau ditransmisikan.

- b. Media transmisi, merupakan sarana atau sebagai jalan untuk memancarkan isyarat listrik dari pemancar.
- c. Penerima, perangkat ini berfungsi menerima kembali isyarat listrik yang dipancarkan melalui suatu media dan mengubahnya kembali menjadi bentuk informasi seperti semula yang dapat digunakan sesuai dengan keperluannya.

Informasi sebagai masukkan pada pemancar merupakan segala sesuatu yang dapat mempunyai makna. Misalnya suatu maksud atau keinginan yang ada dalam benak seseorang dapat dikatakan sebagai suatu informasi. Informasi

ini bila diterjemahkan menjadi suara (voice), maka suara itu lah yang menjadi masukkan pada pemancar. Bila informasi-informasi diwujudkan dalam gambar, maka gambar itu yang menjadi masukkan bagi pemancar.

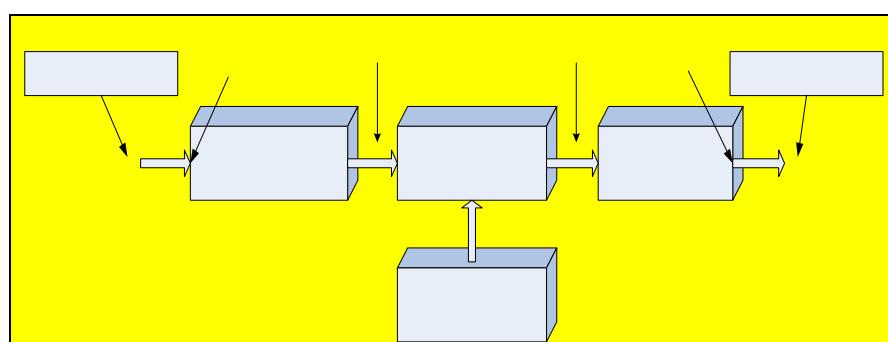
Dalam sistem telekomunikasi, informasi diubah menjadi pesan. Keluaran atau *output* dari pemancar harus berupa isyarat atau sinyal listrik. Karena itu pada bagian pemancar ada prinsip pengubahan sinyal. Pengubahan yang sering digunakan bergantung kepada masukkan sinyalnya. Apabila sinyal berbentuk analog, maka prinsip *modulasi* harus ada pada pemancar. Apabila sinyal berbentuk digital, maka prinsip *encoding* atau pengkodean harus ada pada pemancar. Dengan demikian alat yang ada pada pemancar salah satunya adalah *modulator* (untuk sinyal analog) dan *encoding* (untuk sinyal digital).

Prinsip yang berkebalikan atau *komplementen* dengan pemancar tentu harus ada pada bagian penerima. Oleh karena itu bagian penerima selalu ada rangkaian yang disebut *demodulator* (untuk

sinyal analog) dan *decoding* (untuk sinyal digital). Pemancaran sinyal listrik yang telah diubah tadi dilewatkan melalui suatu media transmisi.

Seringkali terjadi dalam pemancaran sinyal termodulasi atau sinyal yang telah terkodekan sinyal mengalami perubahan bentuk. Hal ini dimungkinkan karena selama proses yang berlangsung sinyal mengalami gangguan. Gangguan bisa terjadi pada perangkat sistemnya atau pada media transmisi yang dilaluinya. Gangguan yang berasal dari perangkat sistem biasanya disebut sebagai gangguan internal, sedangkan yang berasal dari luar sistem atau berasal dari medianya disebut sebagai gangguan eksternal. Gangguan-gangguan pada sinyal tersebut dikategorikan menjadi tiga yaitu derau atau *noise*, *interferensi* dan *distorsi*.

Gambar 3.1. menunjukkan blok diagram sistem telekomunikasi pada umumnya. Dalam gambar tidak dinampakkan secara rinci prinsip modulasi dan encoding.



Gambar 3.1. Blok diagram sistem telekomunikasi

Gangguan dalam sistem telekomunikasi dikategorikan menjadi tiga macam, yaitu:

- Derau (noise) : berupa tambahan sinyal yang muncul secara acak menumpang pada sinyal aslinya.
- Interferensi : gangguan pada sinyal asli sebagai akibat adanya freknsi lain yang besarnya hampir berdekatan.
- Distorsi : adanya kecacatan sinyal karena sistem tidak bekerja sebagaimana mestinya.

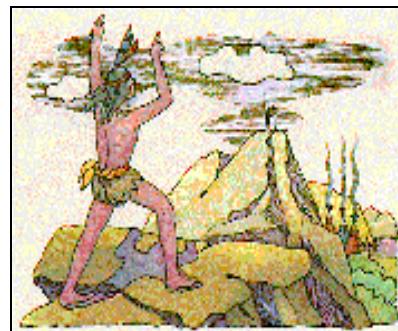
### 3.1.2. Komunikasi Model Awal

Jauh sebelum bentuk komunikasi atau telekomunikasi yang dapat kita saksikan seperti sekarang ini, sebenarnya pada masa silam sudah dikenal cara-cara menyampaikan "pesan". Sesuai dengan jamannya pesan disampaikan untuk memberi tahu atau memberikan pemahaman dari satu orang kepada orang yang lain. Media untuk menyampaikan pesanpun juga beragam. Berikut ini sedikit dikutipkan tahap-tahap perkembangan telekomunikasi.

#### 3.1.2.1 Maraton

Boleh jadi salah suatu peristiwa yang sangat terkenal dari "telekomunikasi" yaitu yang disebut *lari maraton*. Pada September 490 BC suatu balatentara terlibat dalam peperangan yang sangat mengerikan terjadi dekat teluk laut Aegean dekat dengan kota Marathon. Tentara Yunani yang kecil bertempur dengan tentara Persia yang sangat kuat dalam jumlah besar. Namun demikian tentara Yunani mendapat kemenangan. Komandan pasukan kemudian mengirimkan utusan

dengan pesan kemenangan kembali ke Athena. Setelah utusan berlari sejauh kurang lebih 40 kilometer dan mencapai jalan di Athena, utusan itu sekarat dengan mengucapkan :"Bergembiralah ! Kita dalam kemenangan", kemudian meninggal. Ini adalah berita yang telah dikirimkan dengan cepat melalui utusan. Sementara itu dilakukan penyederhanaan yaitu dengan menempatkan orang pada jarak yang berjauhan. Dengan menggerakkan tangan dan lengan sebagai tanda-tanda, maka komunikasi untuk menyampaikan pesan dapat dipahami antar orang tersebut.



Gambar 3.2. Penyampaian pesan dengan lambaian tangan

### **3.1.2.2. Telegraf Drum**

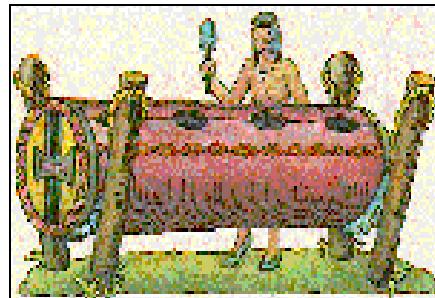
Pada daerah hutan, tentu akan sangat terbatas pandangan kita, maka diciptakan telegraf drum (seperti kaleng besar tetapi dari kayu) sebagai bentuk alat "telekomunikasi". Hal seperti ini banyak ditemui di banyak pedalaman Afrika. Dan daerah tropis lainnya, termasuk Indonesia. Di banyak perkampungan daerah Indonesia, selalu digunakan kentongan sebagai alat telekomunikasi. Pesan dikirim melalui kentongan dengan nada-nada dan jumlah pukulan yang sudah tertentu.



Gambar 3.3. Kentongan sebagai alat komunikasi

Di negara China, masyarakatnya menggunakan "tamtam" sebagai alat telekomunikasi, dengan bentuk besar tergantung bebas terbuat dari logam dan bulat melingkar. Suara yang dikeluarkan

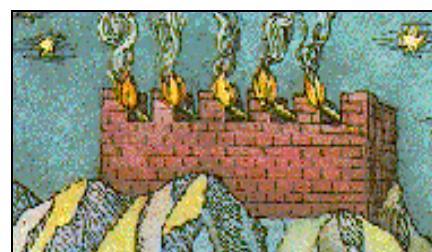
dapat didengar dan menjangkau jarak yang cukup jauh.



Gambar 3.4. Penyampaian pesan dengan drum

### **3.1.2.3. Sinyal Api**

Penggunaan sinyal api sebagai bentuk telekomunikasi, telah dilakukan pada masa kerajaan Yunani dan Romawi dulu. Alat komunikasi ini begitu sistematisnya dikelola sebagai bentuk penyampaian pesan telegraf. Sinyal api ditempatkan pada satu perbukitan terhadap perbukitan yang lain atau dari satu menera ke menara yang lain. Komunikasi dengan sinyal api ini merupakan bentuk transmisi langsung sejauh pandang (line of light transmission) pertama di dunia.



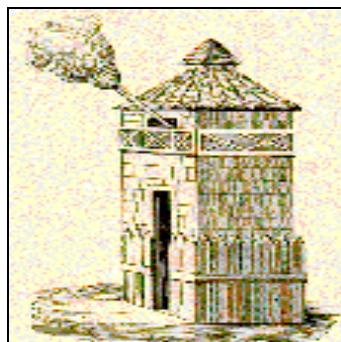
Gambar 3.5. Sinyal api sebagai bentuk komunikasi

Dengan sistem ini kejatuhan benteng Troja dapat dilaporkan segera kepada raja. Tanda-tanda itu dapat dibaca dari sinyal api yang dikirimkan.

Stasiun pemancar dan penerima dibangun pada dinding-dinding yang ada di atas bukit pada jarak yang jauh. Untuk mengetahui pesan yang dikirimkan, maka penerima paesan menerjemahkan dari jumlah api yang dinyalakan. Penyampaian pesan ini tidak lebih dari setengah jam.

#### 3.1.2.4. Sinyal Asap

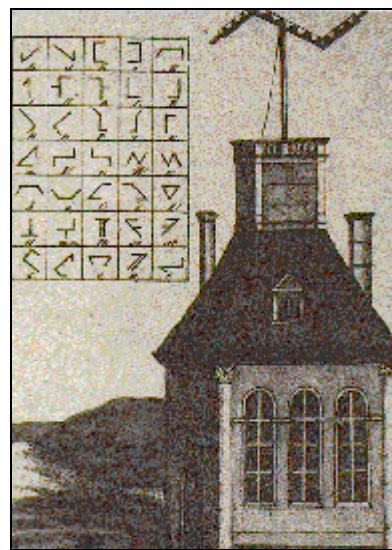
Penggunaan asap sebagai bentuk pertukaran informasi dalam telekomunikasi sudah lama digunakan oleh masyarakat Indian dan Romawi pada jaman itu. Isyarat asap dapat dibaca sebagai pesan yang disampaikan. Dengan asap ini jangkauan bisa mencapai kurang lebih beberapa kilometer. Asap dihembuskan pada suatu menara yang dapat dilihat dengan jarak pandang yang masih memungkinkan satu sama lain.



Gambar 3.6. Komunikasi dengan isyarat asap

#### 3.1.2.5. Bentuk-bentuk lain

Bentuk-bentuk komunikasi lain dengan alat-alat yang diciptakan secara sederhana yang dipakai pada waktu itu adalah penggunaan cahaya obor. Pengiriman pesan dengan cara ini merupakan pesan tulisan yang diterjemahkan. Karena itu sistem ini disebut telegraf mekanik-optik. Bentuk dari komunikasi ini berupa kolom-kolom dengan cahaya lampu yang dapat digerakkan. Dengan susunan aneka lampu yang diatur sedemikian, maka itu akan munjukkan suatu tanda gambar atau sinyal tertentu. Inilah yang dijadikan sebagai simbol pesan. Secara estafet melalui beberapa menara, tentu jarak ratusan kilometer dapat dicapai dengan komunikasi ini dalam waktu yang relatif cepat.



Gambar 3.7. Simbol dengan lampu sebagai pesan untuk komunikasi

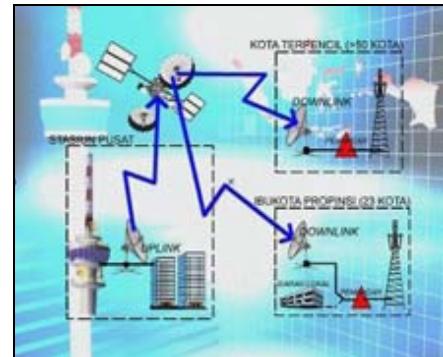
Dari uraian yang telah dijelaskan di depan menunjukkan bahwa sebenarnya dalam komunikasi selalu ada tiga prinsip dasar. Pertama, adanya pesan yang akan disampaikan melalui peralatan pemancar. Kedua, adanya media untuk menyampaikan pesan tersebut dan ketiga adalah tersedianya peralatan penerima untuk menerjemahkan pesan yang dikirim sebagai mana bentuk aslinya. Tentu saja pesan yang akan dikirim dan yang akan diterima mempunyai simbol-simbol yang sama.

Dengan memperhatikan bentuk-bentuk komunikasi model awal itu, sekarang coba tentukan mana yang dikatakan sebagai pesan, pemancar dan penerima !

### 3.1.3. Komunikasi dengan Gelombang Radio

Komunikasi dengan gelombang radio sekarang ini menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dengan kehidupan modern. Hampir semua peralatan komunikasi memanfaatkan gelombang radio sebagai media transmisinya. Perbedaan jenis komunikasi dengan gelombang radio ini ditentukan oleh spektrum frekuensi yang digunakan. Oleh karena itu dalam komunikasi ini ada yang disebut sebagai sistem komunikasi frekuensi tinggi, komunikasi frekuensi sangat tinggi, komunikasi frekuensi gelombang mikro dan sebagainya. Ada bentuk komunikasi untuk navigasi dan ada bentuk komunikasi untuk komersial atau dijual. Biasanya ini

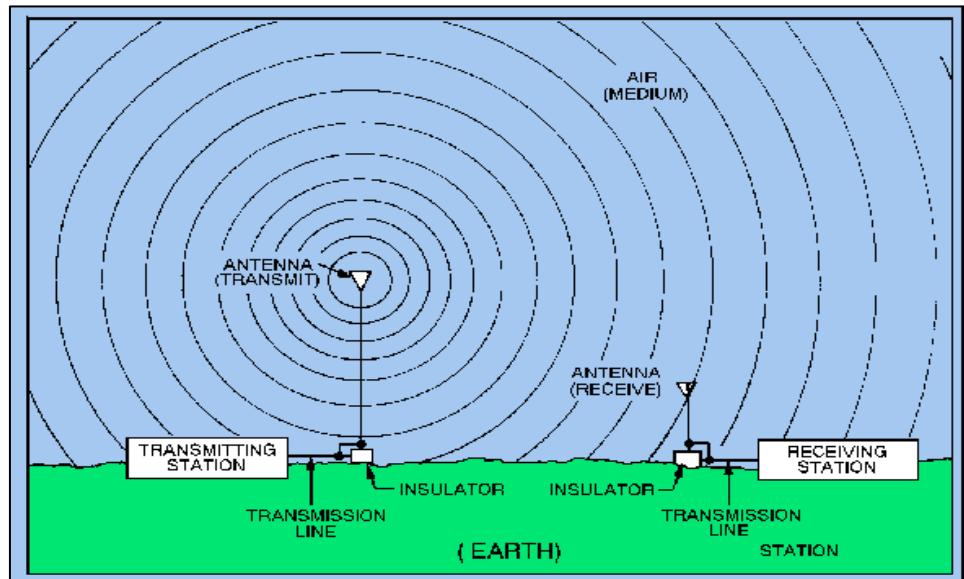
diistilahkan dengan komunikasi *broadcast*.



Gambar 3.8. Pemancaran sinyal dari menara antena

Pemancaran sinyal radio merupakan satu bentuk komunikasi *broadcast*. Dalam hal ini yang dapat kita lihat menara pemancar bisa dikatakan sebagai pemancar dan antenanya, sedangkan radio dapat dikatakan sebagai pesawat penerima. Sementara itu sebagai media transmisinya adalah udara bebas (*free space*). Sering kali dalam sistem telekomunikasi merupakan dua arah, maka piranti pemancar dan penerima disebut sebagai pancarima (*transceiver*).

Di samping itu, telekomunikasi melalui saluran telepon umumnya disebut sebagai komunikasi titik ke titik (*point to point communication*) karena komunikasi terjadi antara satu pemancar dan satu penerima. Untuk pemancar radio yang biasa kita lihat, orang sering mengatakan sebagai *broadcast*, sebab satu pemancaran sinyal dengan kekuatan tinggi dapat diterima oleh beberapa pesawat penerima.



Gambar 3. 9. Sistem komunikasi gelombang radio

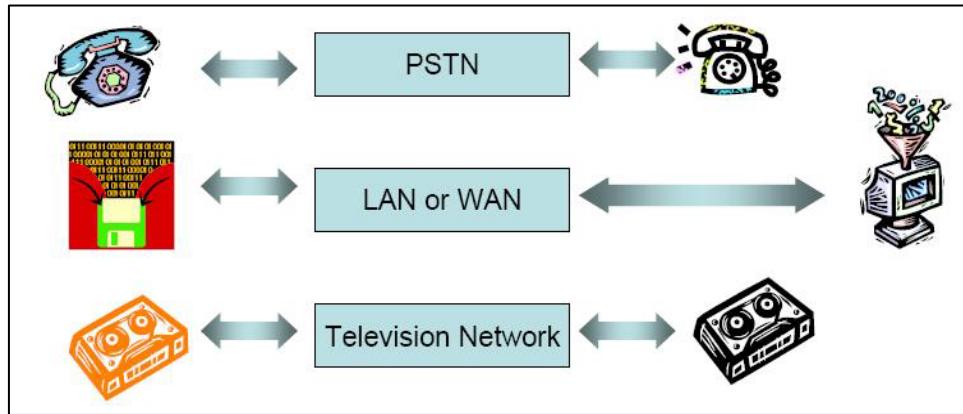
### 3.2. Komunikasi Analog

Teknik komunikasi pada awalnya dikembangkan menggunakan teknik pemancaran sinyal analog. Dalam pemancaran masing-masing jenis informasi digunakan teknologi dan cara-cara yang berbeda. Contohnya adalah pemancaran atau transmisi suara berbeda saluran dengan peman-caran data atau gambar. Perhatikan gambar 3.10 yang menunjukkan perbedaan masing-masing jalur untuk pemancaran. Penyaluran suara melalui jaringan telefon atau dalam bahasa Inggrisnya disebut PSTN (*Public Service Telephone Network*) khusus hanya diperuntukkan bagi suara itu sendiri. Demikian juga untuk menyalurkan data, hanya dapat dilewatkan pada jaringan yang sudah tersedia. Sinyal-sinyal

televisi pun harus dipancarkan sesuai dengan jalur frekuensi yang digunakan untuk suatu jenis frekuensi.

Kebanyakan transimisi sinyal pada awal pengembangan dikenal sebagai transmisi analog. Untuk menggambarkan keadaan ini da-pat diambil contoh dalam memahaminya yaitu adanya jaringan telepon yang hanya dapat digunakan untuk menyalurkan layanan suara. Hal ini berarti bahwa jaringan yang dibangun tersebut digunakan untuk menyambungkan pembicaraan tele-pon antara dua titik dari satu tempat ke tempat yang lain.

Sekalipun arsitektur jaringan dibuat sangat bagus untuk tranmisi suara, itupun tidak akan pernah dapat digunakan untuk transmisi layanan data atau faksimil bahkan video.

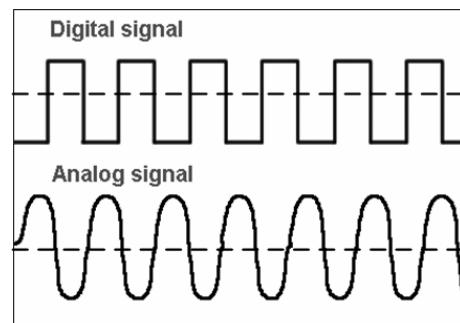


Gambar 3.10. Cara pemancaran yang berbeda untuk berbagai jenis informasi

Banyak hambatan yang akan ditemukan berkaitan dengan jaringan analog.

Pada intinya saluran untuk sambungan telepon dan komunikasi data mempersyaratkan perbedaan jalur atau rangkaian. Sistem telepon mempunyai saluran yang saling terikat pada sentral telepon, lebih-lebih bila untuk hubungan ke luar. Pada komunikasi data yang menggunakan komputer diperlukan sistem perangkat analog kecepatan tinggi atau rangkaian digital, sedangkan sistem sambungan video selalu digunakan rangkaian *broadband* atau sistem dengan kecepatan tinggi. Masing-masing sistem tersebut juga menghadapi masalah yang berbeda, yakni terkait dengan instalasi, daya dukung dan pemeliharaannya. Dalam banyak hal pengelola sambungan telepon menghadapi masalah kualitas suara, lebih-lebih bila jarak sambungan terlalu jauh.

Pemancaran sinyal analog dan penguatannya mempunyai keterbatasan karena derau (*noise*) biasanya ikut dikuatkan bersama-sama dengan penguatan sinyal itu sendiri. Hal ini menandakan bahwa betapa banyaknya penguatan yang dibutuhkan dan cara-cara mendapatkan sinyal yang terbebas dari derau, juga kendala terhadap kesulitan dalam pengujian sinyal dan pelayanannya.



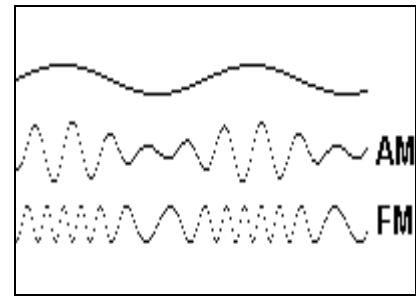
Gambar 3.11. Sinyal digital dan analog

Sinyal analog dipancarkan atau diterima kembali menjadi

bentuk semula selalu menggunakan perangkat analog. Sinyal analog adalah suatu sinyal yang berubah-ubah secara kontinyu atau terus menerus terhadap waktu.

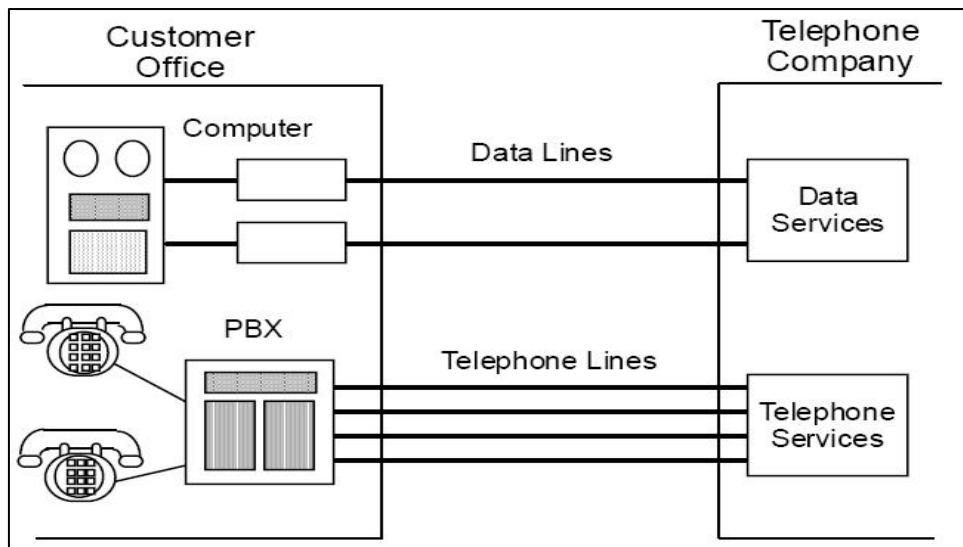
Dengan demikian pada komunikasi analog mempunyai input gelombang analog. Selanjutnya input tersebut diubah dengan cara ditumpangkan dan dibawa oleh sinyal lain yang disebut sinyal pembawa, frekuensinya disebut frekuensi pembawa (carrier).

Modulasi amplitudo (AM) menyebabkan perubahan amplitudo frekuensi pembawa oleh amplitudo sinyal analog.



Gambar 3.12. Sinyal analog original dan sinyal analog yang dimodulasi

Modulasi frekuensi (FM) adalah terjadinya perubahan frekuensi pembawa oleh karena perubahan amplitudo sinyal analog



Gambar 3.13. Saluran layanan telepon dan data saling terpisah

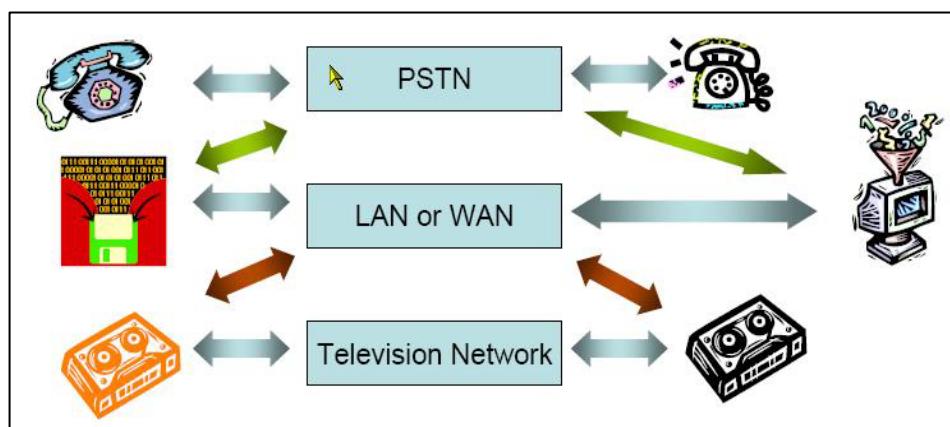
Contoh komunikasi analog pada gambar 3.13. di atas tampak bahwa saluran layanan telepon yang merupakan komunikasi analog terpisah dengan saluran data. Data disalurkan dalam bentuk digital.

### 3.3. Komunikasi Digital

Komunikasi yang berkembang sekarang ini dicirikan dengan adanya penggabungan beberapa fungsi secara bersama-sama. Bentuk baru pemancaran sinyal adalah menggunakan sistem digital. Dengan sistem semacam ini sangat dimungkinkan sinyal analog standar dapat diproses dan diubah ke dalam

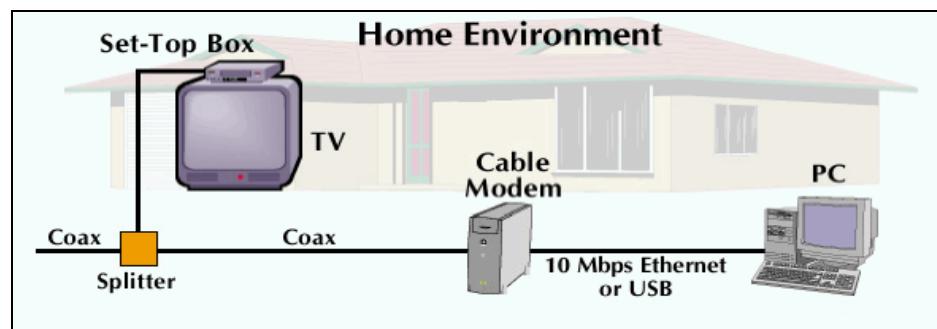
bentuk digital yang selanjutnya dipancarkan sekalipun dalam jarak yang cukup jauh dan jaringan luas. Secara umum pemancaran yang telah mengalami proses perubahan ini disebut *sistem transmisi digital*.

Keuntungan yang diperoleh dapat dirasakan pada penggunaan telepon sebab sistem digital akan mengurangi transmisi dan murahnya biaya pemeliharaan.



Gambar 3.14. Beberapa jenis informasi saling digabungkan

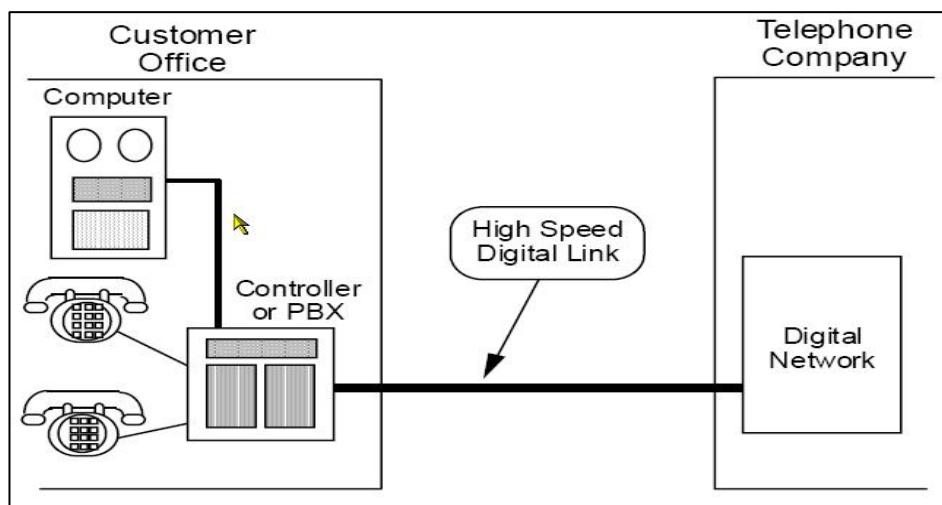
Suatu kenyataan yang dihadapi dengan penggunaan sinyal analog untuk pemancaran digital yakni diperlukannya peralatan tambahan. Peralatan ini dikenal dengan *modem*, singkatan dari modulator-demodulator.



Gambar 3.15. Peralatan telekomunikasi tergabung melalui modem

Dengan peralatan ini pemancan sinyal analog diubah ke dalam bentuk pemancaran digital. Dalam pandangan penyelenggara telekomunikasi dan pelanggan, adanya pengubahan sinyal analog menjadi digital dan sebaliknya dari digital ke analog menjadi sangat

tidak efisien untuk pemancaran informasi. Hal ini dapat dilihat bahwa modem mempunyai kecepatan tertinggi dibatasi pada 19,2 kilobit per detik, sementara sinyal kenyataannya dapat dibawa dengan kecepatan 64 kilobit per detik.



Gambar 3.16. Satu jenis sambungan untuk berbagai layanan

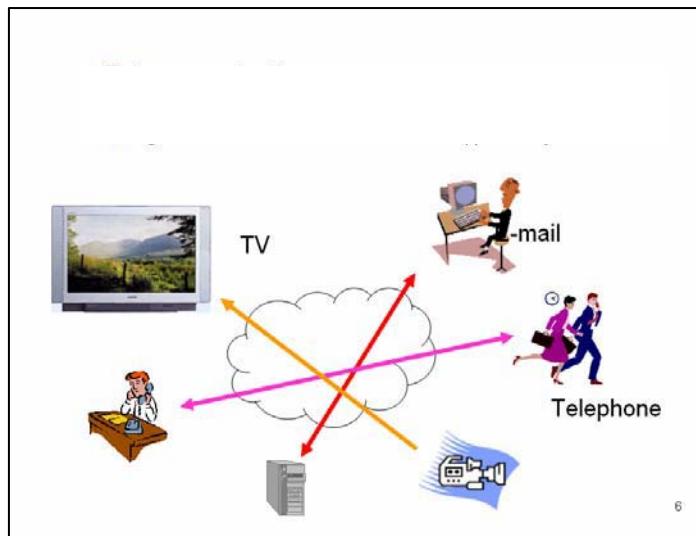
Pada tahun 1980-an, perusahaan telekomunikasi telepon mulai memperluas pelayanan digital terhadap pelanggan dengan pengubahan pada sistem analog menjadi digital pada pelanggan. Dengan pengubahan ini, maka perusahaan telekomunikasi tersebut dapat menyediakan hanya satu jenis sambungan (*link*) dan pelanggan dapat memanfaatkannya untuk berbagai jenis layanan. Ini berarti pelanggan hanya mempunyai satu sambungan dan perusahaan hanya melakukan satu jenis pemeliharaan. Perhatikan gambar 3.16. penggunaan layanan digital me-

mungkinkan satu sambungan dapat dipakai baik untuk layanan suara maupun data. Ini berbeda dengan pemancaran sistem analog yang telah dibicarakan sebelumnya. Pada sisi pelanggan, sinyal itu berasal dari data komputer atau suara dari telepon dapat diteruskan pada jaringan melalui pengendali atau disebut PBX (*Private Branch Exchange*) atau semacam pengendali komunikasi digital.

Keluaran dari pengendali dihubungkan ke salah satu atau lebih rangkaian digital kecepatan tinggi menuju penyelenggara layanan. Model sinyal masukan ini yang

berbentuk suara, data, video atau gambar akan diterjemahkan ke dalam format digital secara umum

yang selanjutnya diteruskan pada jaringan digital secara luas.



Gambar 3.17. Pemancaran digital melayani berbagai layanan komunikasi

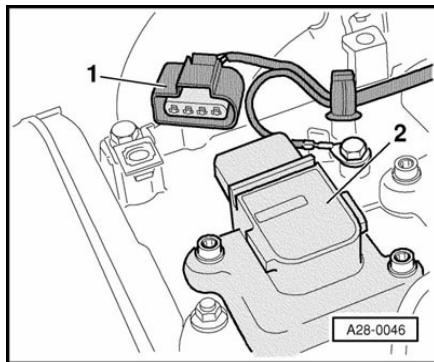
### 3.4. Jaringan Komunikasi

Jaringan dapat dibayangkan untuk menggambarkan bagaimana hubungan atau koneksi antar beberapa saluran, misalnya telepon pada sentral lokal, dapat terjadi. Jika hanya terdapat tiga atau empat saluran telepon, maka dengan mudah dapat diketahui hubungan satu dengan lainnya atau hubungan secara keseluruhan. Sebaliknya hal itu akan menjadi sulit dilakukan bila terdapat ribuan saluran yang harus disambungkan. Metoda yang dipakai untuk mengatasi hal itu adalah dengan cara menyatukan mekanisme dengan membentuk

penyaklaran (switching) hubungan tersentralisasi di suatu kantor. Ini biasa disebut sebagai sentral telepon (central office) atau sentral lokal (local office). Penyaklaran dapat dengan mudah dilakukan



Gambar 3.18. Plug dan soket kabel listrik



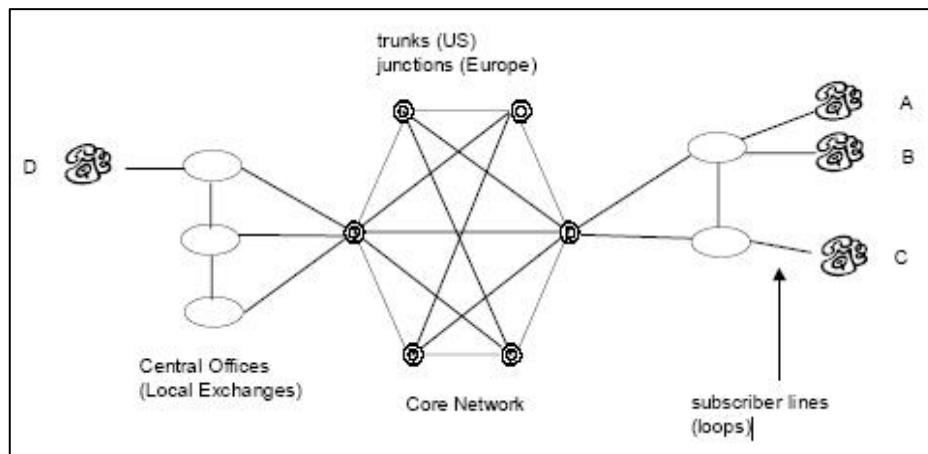
Gambar 3.19. Plug dan soket dengan banyak terminal

dengan cara kerja yang sederhana menggunakan *plug* dan *soket* atau kalau secara listrik digunakan piranti elektromekanik atau secara elektronik dengan penggunaan relai.

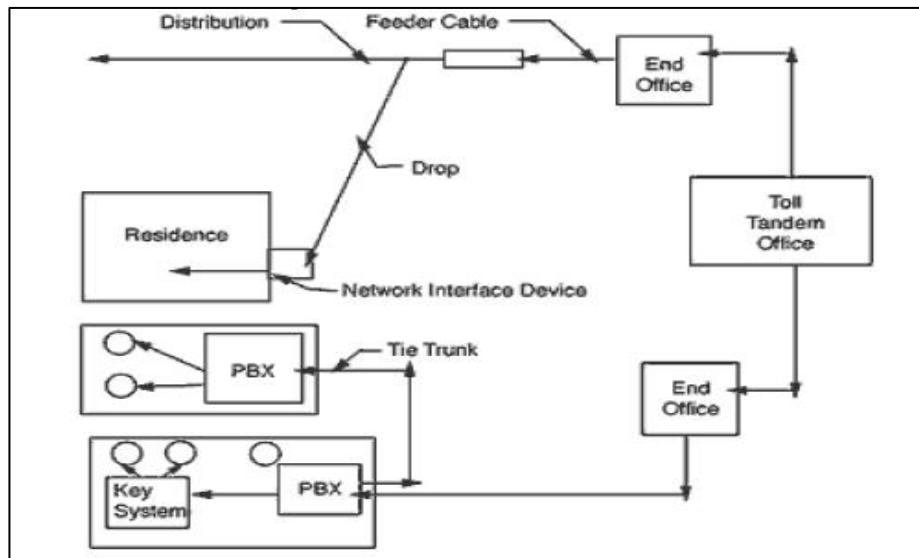
Perhatikan gambar 3.18 dan 3.19. Keterangan: Nomor 1 adalah soket dan nomor 2 adalah plug. Piranti ini dipakai untuk menghubungkan banyak terminal yang saling terpisah salurannya.

Selain jaringan yang digambar di atas sebagai jaringan telepon, sebenarnya ada banyak lagi jaringan yang dapat disusun dalam hierarki sambungan. Jaringan-jaringan tersebut adalah :

1. Jaringan dengan luasan lokal (*LAN* = *local area network*), merupakan jaringan dengan jarak terbatas menghubungkan terminal-terminal yang sudah ditentukan. Contoh jaringan ini adalah sambungan *workstation* pada kantor, bangunan atau kampus.

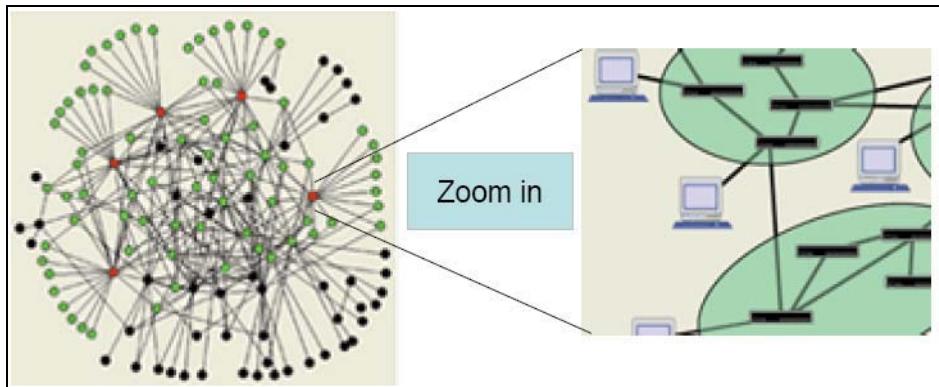


Gambar 3.20. Jaringan yang menggambarkan hubungan antar telepon



Gambar 3.21. Contoh lain jaringan yang menggambarkan hubungan telepon

2. Jaringan dengan luasan lebar (*WAN = wide area network*), merupakan sambungan metropolitan atau antar jaringan lokal, biasanya menggunakan fasilitas pembawa bersama (*common carrier*).
3. Jaringan cerdas, merupakan suatu konsep yang memusatkan sejumlah sentral lokal cerdas. Contohnya adalah sentral lokal yang dapat mengetahui adanya hubungan jarak jauh pada sentral lokal tertentu.
4. Jaringan dengan optik serempak (*SONET = synchronous optical network*), merupakan lingkaran sambungan optik yang mengijinkan adanya hubungan dua arah.
5. Internet, jaringan ini sedikit berbeda dengan jaringan yang dibicarakan di atas. Jaringan ini lebih merupakan sebagai jaringan paket, tidak jaringan rangkaian tersaklar.
6. Jaringan sinyal kanal bersama (*common channel signaling*), jaringan ini lebih dekat pada PSTN (*public service telephone network* = jaringan telepon umum). Ada suatu contoh yang dapat disebutkan yaitu CATV (*cable television*). Sistem ini menggunakan teknologi pohon percabangan. Dalam kasus ini, *head-end* semacam kantor sentral menerima program dari satelit yang selanjutnya mengirimkan semua sinyal keluar sesuai dengan tujuan. Jadi di sini tentu ada pembagian sebelum diteruskan melalui suatu media transmisi sekaligus mengadakan penguatan.



Gambar 3.22. Jaringan yang nampak ruwet  
namun tersusun secara sistematis

### 3.5. Rangkuman

Sistem telekomunikasi biasanya dibangun dari elemen-elemen dasar yang terdiri dari :

1. Pemancar, perangkat ini berfungsi memberikan informasi dan mengubahnya menjadi sinyal (isyarat) listrik untuk dipancarkan atau ditransmisikan.
2. Media transmisi, merupakan saran untuk memancarkan isyarat listrik dari pemancar
3. Penerima, perangkat ini berfungsi menerima kembali isyarat listrik yang dipancarkan melalui suatu media dan mengubah sinyal kembali menjadi informasi yang dapat digunakan.
4. Teknik komunikasi pada awalnya dikembangkan menggunakan teknik pemancaran sinyal analog. Kemudian terus dikembangkan hingga menghasilkan teknologi komunikasi digital.
5. Dalam pemancaran sinyal ada suatu gangguan yang dapat dikategorikan dalam tiga jenis, yaitu derau, interferensi dan distorsi.
6. Komunikasi analog mempunyai masukan yang akan dipancarkan yaitu berupa sinyal analog.
7. Komunikasi digital mempunyai masukan yang akan dipancarkan yaitu berupa sinyal digital.

### **3.6. Soal Latihan**

Kerjakan soal-soal dibawah ini dengan baik dan benar

1. Jelaskan bagaimana sistem komunikasi dibangun ? Gambarkan blok diagramnya !
2. Jelaskan apa perbedaan antara komunikasi analog dengan komunikasi digital !
3. Apakah peranan media transmisi dalam sistem telekomunikasi ?
4. Deskripsikan gangguan yang ada saat berlangsungnya komunikasi sinyal !
5. Dengan cara komunikasi seperti apa agar antara sinyal suara telepon dapat disalurkan bersama dengan data dari komputer ?

## BAGIAN 4

# PROPAGASI GELOMBANG RADIO

### Tujuan

Setelah mempelajari bagian ini diharapkan dapat :

4. Menyebutkan prinsip umum dari propagasi gelombang
5. Membedakan antara propagasi ruang bebas, propagasi antar dua titik di bumi, propagasi ionosfir, dan propagasi troposferik

#### 4.1. Prinsip Umum

Propagasi gelombang radio atau gelombang elektromagnetik pada umumnya dipengaruhi oleh banyak faktor dalam bentuk yang sangat kompleks. Di antara sekian banyak pengaruh adalah adanya kondisi yang sangat bergantung pada keadaan cuaca dan fenomena luar angkasa yang tidak menentu. Dengan melihat kondisi yang demikian, maka sangat sulit diperkirakan sebaran radiasi medan elektromagenitik secara pasti dari suatu jarak terhadap kedudukan suatu pemancar. Namun, hal itu masih memungkinkan untuk mempropagasi gelombang tetapi kita harus memperhatikan setiap pengamatan cuaca yang

disampaikan oleh lembaga meteorologi dan geofisika.

Makna inti dari propagasi suatu gelombang radio adalah menyebarkan (transmisi) gelombang elektromagnitik di udara bebas. Oleh karena itu kualitas hasil penerimaan sinyal sedikit maupun banyak juga dipengaruhi oleh kejadian-kejadian di luar angkasa. Cuaca yang sangat baik tentu akan sangat membantu dalam menaikkan kualitas sinyal yang dapat ditangkap oleh antena penerima.

#### 4.2. Propagasi Ruang Bebas

Seperti kita ketahui bahwa permukaan bumi dapat mengubah propagasi suatu gelombang,

dengan demikian kondisi yang ideal dari ruang bebas di mana gelombang elektromagnetik dipancarkan dapat kita asumsikan. Dengan kita anggap bahwa daya sebesar  $P$  watt diradiasikan atau dipancarkan dari suatu antena pemancar di udara bebas ke segala penjuru dalam bentuk yang seragam. Pada jarak yang sangat jauh, medan gelombang yang teradiasikan dapat dianggap menjadi gelombang datar yang mempunyai kuat medan listrik ( $E$ ). Besarnya kuat medan itu dirumuskan sebagai berikut :

$$E = \frac{(30P)^{1/2}}{d} \text{ volt / meter}$$

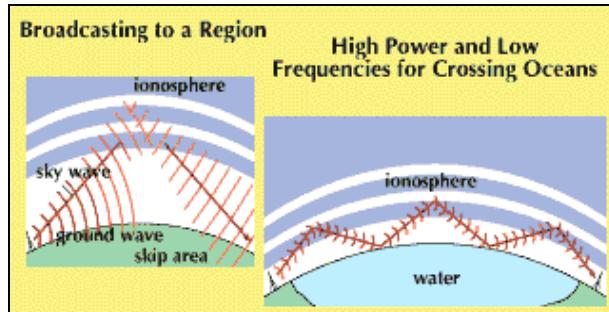
$d$  adalah jarak terhadap suatu pemancar. Bagaimana rumus itu berubah bila kita anggap  $P$  mempunyai nilai sebesar 1 kilo Watt ?

#### 4.3. Propagasi Antar Dua Titik di Bumi

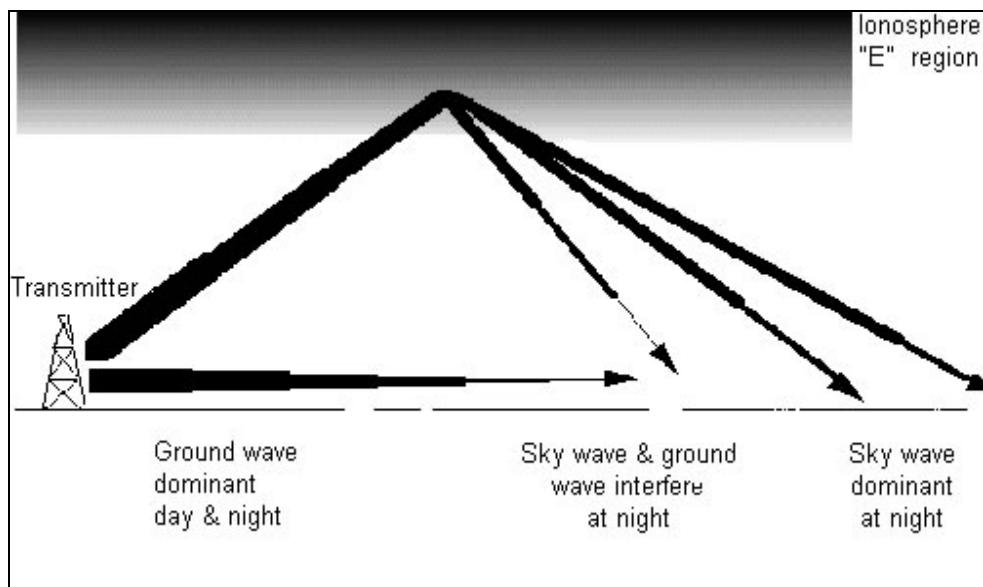
Bila kita deskripsikan, jenis-jenis gelombang yang ada dapat

dibedakan menjadi empat macam. Penjelasan untuk jenis gelombang itu adalah sebagai berikut :

1. Gelombang terarah antara dua titik. Propagasi gelombang yang demikian biasa disebut dengan propagasi segaris pandang (*line of sight*).
2. Gelombang terpantul, yakni merupakan gelombang yang datang setelah adanya pantulan pada suatu titik antara di permukaan bumi.
3. Gelombang permukaan, yakni merupakan gelombang yang merampat pada permukaan bumi mengikuti kelengkungan yang ada.
4. Gelombang ionosferik atau gelombang langit merupakan gelombang yang mengarah ke atas langit meninggalkan pemancar kemudian bengkok karena ada lapisan konduksi dari lapisan pada atmosfer yang lebih tinggi, setelah itu kembali ke permukaan bumi.



Gambar 4.1. Berbagai jenis gelombang dan pantulannya



Gambar 4.2. Antena pemancar memancarkan berbagai jenis gelombang

Gelombang terarah, gelombang terpantul dan gelombang permukaan bersama-sama muncul, maka gabungan gelombang ini disebut sebagai gelombang tanah (*ground wave*). Sementara itu yang disebut gelombang ruang (*space wave*) merupakan gabungan antara gelombang terarah dan gelombang yang dipantulkan oleh permukaan bumi.

Lapisan ionosfer berada pada ketinggian antara 50 hingga 400 kilometer di atas permukaan bumi. Sementara itu, troposfer hanya pada ketinggian 10 kilo-meter di atas permukaan bumi. Propagasi pada lapisan ini disebut sebagai propagasi troposferik. Di antara lapisan troposfer dan ionosfer ada suatu lapisan lagi yaitu stratosfer. Pada lapisan ini gelombang langit dan gelombang permukaan menjalar. Mekanisme propagasi biasanya

bergantung pada frekuensi. Tabel 4.1. di bawah ini menunjukkan hubungan tersebut.

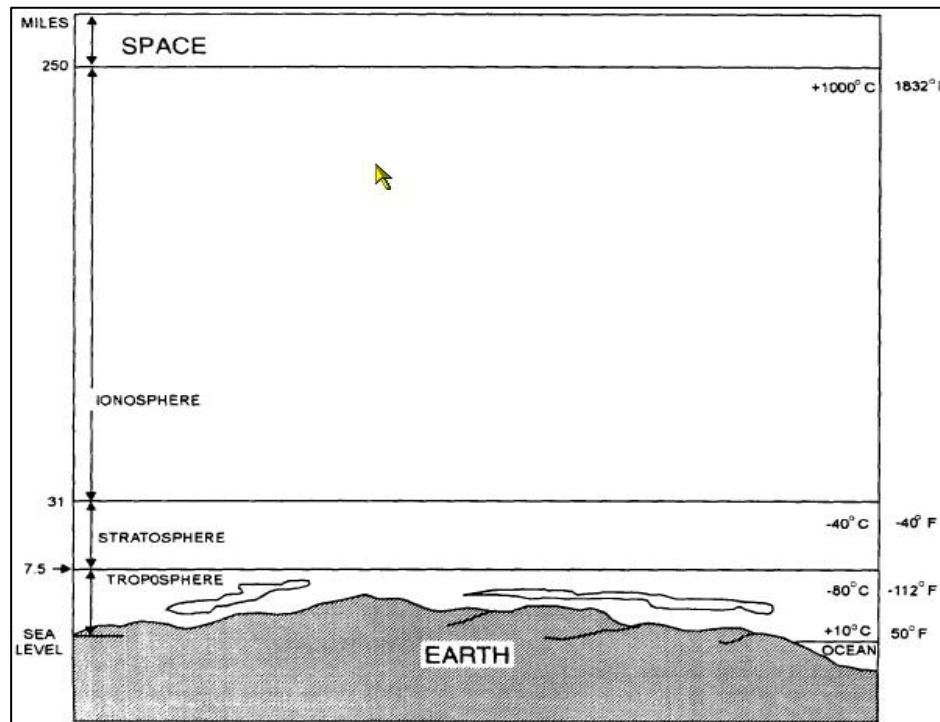
Gelombang tanah dan gelombang langit (Perhatikan gambar 4.1. bagian kiri) digunakan untuk pemancahan frekuensi-frekuensi rendah dan telegrafi daya besar. Sementara pada frekuensi menengah dan frekuensi tinggi dipakai untuk *broadcasting* suara. Gelombang dengan daya besar dapat dipantulkan beberapa kali untuk dapat melintasi benua. Perhatikan gambar 4.1. sebelah kanan.

Sinyal gelombang tanah dan langit dapat diterima tetapi tidak begitu baik, bergantung pada kuat sinyal pancaran dan distorsi yang ditimbulkan. Di lain pihak, gelombang langit sangat dipengaruhi oleh *fading* sebagai hasil dari adanya perubahan karakteristik ionosfer yang terus menerus.

Hubungan antara besar frekuensi dan jenis gelombang propagasinya ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hubungan antara propagasi dan frekuensi

Frekuensi	Propagasi umumnya
<500 KHz	Gelombang permukaan
500 KHz s.d. 1,5 MHz	Gelombang permukaan untuk jarak pendek dan gelombang ionosferik untuk jarak yang lebih panjang
1,5 MHz s.d. 30 MHz	Gelombang ionosferik
> 30 MHz	Gelombang ruang dalam arah segaris pandang



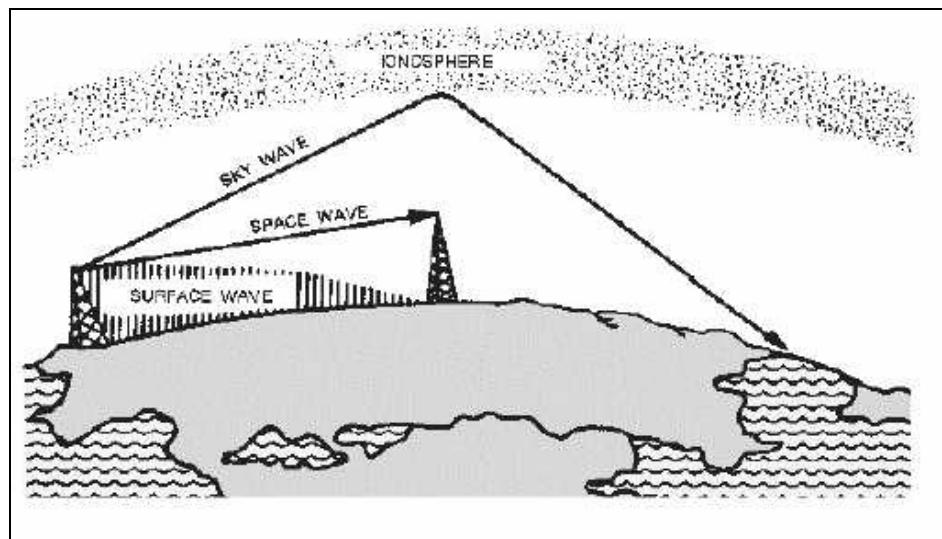
Gambar 4.3. Ketinggian lapisan-lapisan atmosfir di atas bumi

#### 4.4. Gelombang Permukaan

Sudah dijelaskan bahwa gelombang tanah pada prinsipnya dibentuk dari dua komponen gelombang yang terpisah. Komponen gelombang itu adalah gelombang permukaan (*surface wave*) dan gelombang ruang (*space wave*). Untuk menentukan apakah komponen gelombang tersebut diklasifikasikan sebagai gelombang permukaan atau gelombang ruang cukuplah sederhana. Pengertian dari gelombang permukaan adalah gelombang yang menjalar sepanjang permukaan bumi, sedangkan gelombang ruang adalah gelombang yang menjalar di atas permukaan bumi. Antara kata "sepanjang" dan di atas ada sedikit perbedaan. Menjalar di atas artinya penjalanan gelombang beberapa puluh meter di atas permukaan bumi pada keting-

gian antena. Coba perhatikan Gambar 4.4.

Gelombang permukaan mencapai bagian penerima dengan cara menjalar sepanjang permukaan tanah. Gelombang permukaan dapat mengikuti kontur (liku-liku) permukaan tanah di atas bumi karena mengalami proses difraksi (penyebaran). Pada saat gelombang permukaan menemukan obyek penghalang yang ukurannya lebih besar besar dari panjang gelombang, maka gelombang tersebut cenderung akan melengkung atau berbelok ke arah obyek. Untuk obyek yang lebih kecil, penjalanan gelombang tidak menjadi masalah karena akan mengalami difraksi.

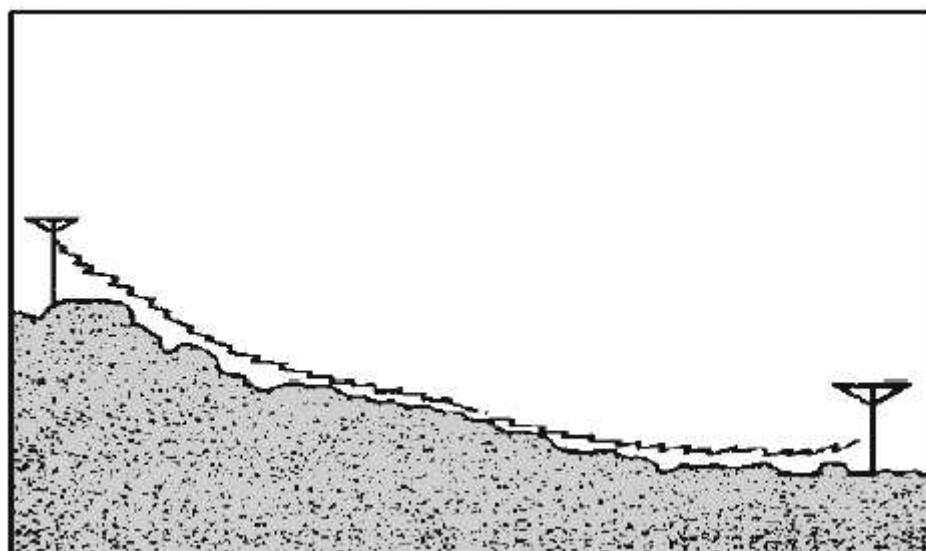


Gambar 4.4. Gelombang permukaan dan gelombang ruang

Gelombang permukaan yang menjalar di atas tanah akan menyebabkan berkurangnya energi atau daya pancar sebagai akibat adanya pelemahan. Akibat ini tentu sinyal penerimaan menjadi lebih lemah atau kecil. Untuk menghindari hal ini, maka penghalang harus dihilangkan atau dengan membuat gelombang terpolarisasi vertikal untuk mengurangi gelombang ber-

singgungan dengan permukaan bumi.

Gelombang permukaan biasanya dialami oleh gelombang dengan frekuensi di bawah 500 KHz. Gelombang ini akan mengalami perubahan propagasi sebab dipengaruhi oleh ketidaksempurnaan konduktivitas atau daya hantar di permukaan bumi.



Gambar 4.5. Gelombang permukaan menjalar di atas tanah

Pelemahan yang dialami oleh gelombang ini sebagai fungsi dari konduktivitas dan permitivitas bumi. Penetrasi gelombang pada lapisan tanah, bergantung pada frekuensi dan nilai konstanta bumi relatif. Nilai konstanta relatif permitivitas ( $\mu_r$ ) berkisar antara 80 hingga 4,

sedangkan konduktivitas ( $\sigma$ ) ber variasi dari 5 hingga 0,001 mho/m.

Kalau kita cermati adanya gelombang menjalar di atas permukaan laut dan tanah kering, maka akan ditemui suatu fenomena yang berbeda. Dalam hal ini propagasi gelombang permukaan akan menjadi paling baik bila berada di atas

permukaan laut, sementara menjadi paling buruk bila berada di atas tanah kering pada frekuensi-frekuensi yang masih dalam rentangnya.

Dengan demikian dapat dipahami bahwa perbedaan antara propagasi di permukaan laut dan di atas tanah kering untuk frekuensi-frekuensi rendah menjadi tidak begitu berarti. Perbedaan yang cukup tajam akan muncul apabila terjadi peningkatan frekuensi untuk daya pemancar tertentu terjadi penurunan tajam pada frekuensi tinggi.

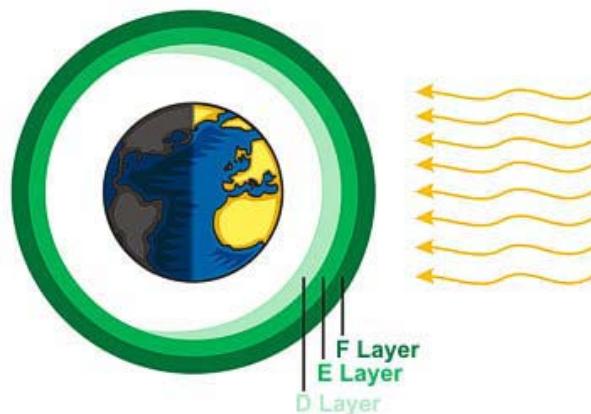
#### 4.5. Efek ketinggian antena dengan kuat sinyal

Antena pemancar dan penerima yang dengan ketinggian rendah, maka gelombang langsung dan gelombang pantulan hampir mempunyai besaran amplitudo yang sama, tetapi bisa berbeda fasa dan berkecenderungan saling meniadakan satu sama lainnya.

Dengan bertambahnya ketinggian antena, jalur yang berbeda, maka fasa yang berkaitan dengan itu akan berbeda antara dua gelombang dan bertambah sehingga tidak dapat menjadi saling meniadakan. Keadaan ini diistilahkan dengan pernyataan yang dikenal sebagai faktor *high-gain* ( $f_h$ ) yang merupakan fungsi frekuensi dan konstanta tanah.

#### 4.6. Atmosfir Bumi

Gelombang radio yang menjalar dalam ruang bebas mempunyai sedikit pengaruh terhadap gelombang itu sendiri. Demikian pula bila gelombang radio yang menjalar di bumi, maka banyak pengaruh yang diakibatkan terhadap gelombang itu. Pengalaman menunjukkan bahwa masalah-masalah yang dialami oleh gelombang radio disebabkan oleh kondisi atmosfir tertentu yang sangat kompleks. Kondisi yang menyebabkan ini adalah sebagai hasil dari berkurangnya tingkat keseragaman udara atmosfir.



Gambar 4.6. Bumi diliputi oleh lapisan ionosfir

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kondisi atmosfir, baik secara positif maupun negatif. Di antara pengaruh itu adalah variasi ketinggian secara geografis, perbedaan lokasi di bumi, dan perubahan waktu seperti siang hari, malam, pergantian musim dan tahun. Untuk memahami propagasi gelombang ini kita perlu paling tidak mengetahui dasar-dasar atmosfir bumi.

Atmosfir bumi dibagi menjadi tiga bagian secara terpisah yaitu yang disebut lapisan-lapisan atmosfir. Tiga lapisan itu adalah troposfir, stratosfir, dan ionosfir. Lapisan tersebut adalah yang paling berguna dalam bidang telekomunikasi. Secara lebih luas, para ahli menggambarkan atmosfir dengan tambahan lapisan lain selain yang telah disebutkan itu, yaitu mesosfir, termosfir dan eksosfir.

Serapan radiasi dilakukan oleh lapisan ionosfir. Letak ionosfir yang dekat dengan termosfir, maka lapisan ini termuat partikel gas secara listrik atau disebut terionisasi. Ketinggian ionosfir dari 60-300 kilometer dari permukaan bumi. Lapisan ini dibagi menjadi tiga kawasan atau lapisan-lapisan lagi yaitu lapisan F, lapisan E dan lapisan D. Pada siang hari lapisan F terpisah menjadi dua lapisan lagi dan lapisan itu akan kembali menyatu pada malam hari

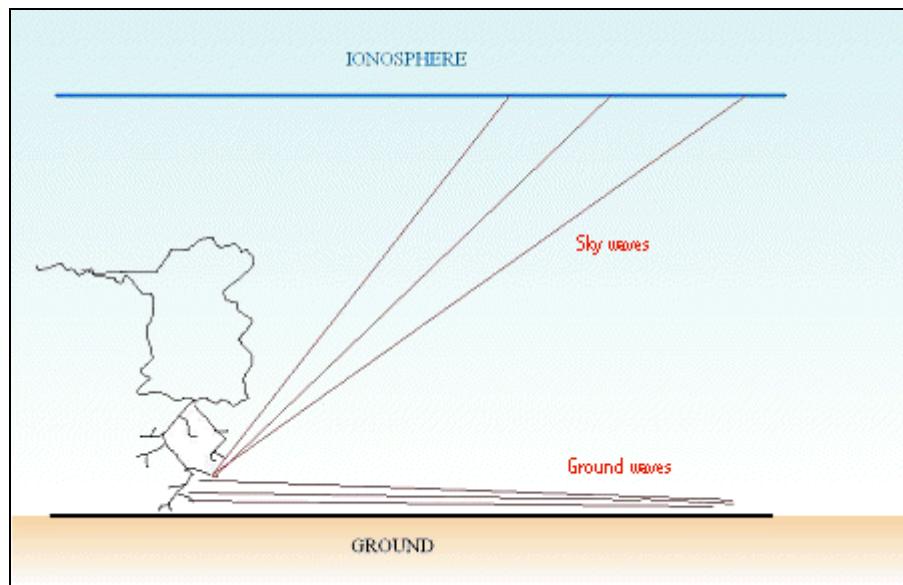
Lapisan E adalah lapisan yang pertama kali ditemukan. Pada tahun 1901, Guglielmo Marconi memancarkan sinyal antara Eropa dan Amerika Utara dan kemudian menemukan suatu keadaan bahwa

ada semacam pantulan pada lapisan konduksi listrik pada ketinggian 100 kilometer. Pada tahun 1927 Sir Edward Appleton memberi nama lapisan penghantar tersebut dengan nama lapisan E. Huruf E singkatan dari Elektrik. Kemudian setelah itu penemuan lapisan berikutnya secara mudah dinamai lapisan D dan lapisan F.

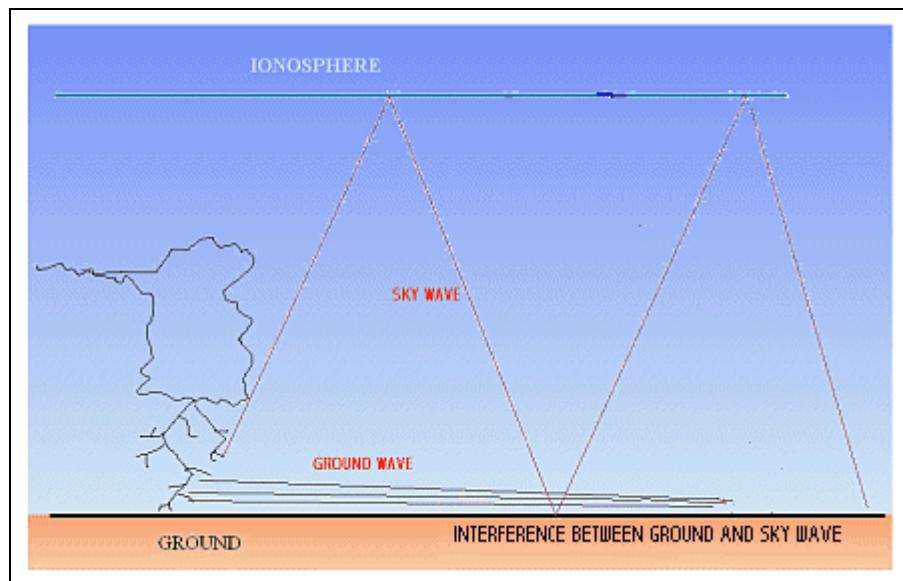
Kondisi siang hari dengan adanya matahari menyebabkan adanya perubahan kepadatan muatan pada lapisan-lapisan. Muatan pada semua lapisan mengalami penambahan ketebalan. Pada malam hari kepadatan muatan menurun lebih-lebih pada lapisan D. Pada malam hari itu lapisan D menjadi hilang. Lapisan ionosfir mempunyai kualitas yang baik untuk memancarkan atau memantulkan sinyal radio dari permukaan bumi. Oleh karena itulah hampir semua pemancar radio memanfaatkan laisan ini.



Gambar 4.7. Antena memancarkan sinyal pada lapisan ionosfir



Gambar 4.8. Propagasi gelombang pada kondisi siang hari



Gambar 4.9. Propagasi gelombang pada kondisi malam hari

#### 4.6.1. Troposfir

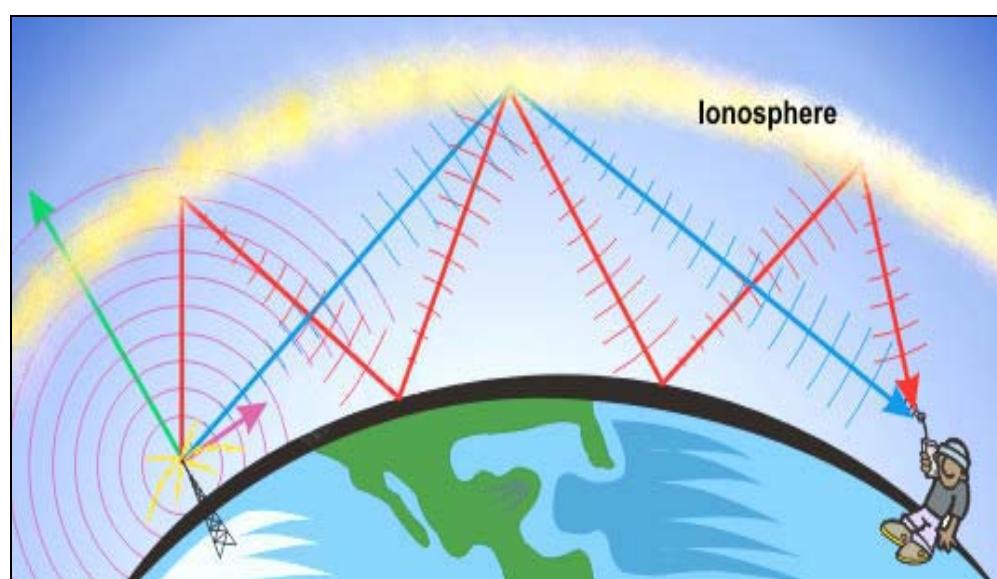
Hampir semua fenomena cuaca terjadi pada lapisan ini. Temperatur (suhu) pada daerah ini secara cepat menurun sejalan dengan bertambahnya ketinggian. Terjadinya awan dan turbulensi angin disebabkan oleh berubahnya suhu, tekanan dan kepadatan udara. Kondisi ini sangat mempengaruhi dalam propagasi gelombang radio, karena akan menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan pada komponen gelombang

#### 4.6.2. Stratosfir

Stratosfir terletak di antara lapisan troposfir dan ionosfir. Suhu pada lapisan ini hampir pasti tetap dan sangat sedikit uang air yang ada. Karena kondisi lapisan ini yang cukup stabil, tenang, maka daerah ini tidak banyak memberi akibat yang jelek pada propagasi gelombang radio.

#### 4.6.3. Ionosfir

Lapisan ini adalah lapisan terpenting yang ada di angkasa di atas permukaan bumi. Lapisan ini sangat baik untuk medium komunikasi jarak jauh dan komunikasi titik ke titik (*point to point*). Keadaan ionosfir dan kondisinya berkaitan langsung dengan radiasi yang dipancarkan oleh matahari, pergerakan bumi terhadap matahari atau perubahan aktivitas matahari akan menyebabkan berubahnya ionosfir. Perubahan itu secara umum ada dua jenis, yaitu (1) kejadian siklus yang dapat diprediksikan secara akurat dan rasional, (2) kejadian yang tidak teratur sebagai hasil tidak normalnya matahari dan karena itu tidak dapat diprediksikan. Kedua perubahan yang teratur dan tidak teratur ini membawa akibat dalam propagasi gelombang radio. Oleh karena itulah hal ini perlu diperhatikan.



Gambar 4. 10. Jenis-jenis propagasi gelombang mengenai lapisan ionosfir

Sebagaimana diketahui bahwa sinyal radio yang ditransmisikan, beberapa sinyal akan keluar dan lepas dari permukaan bumi menuju lapisan ionosfer (ditunjukkan tanda panah warna hijau pada gambar 4.10.). Gelombang tanah (tanda panah ungu) merupakan sinyal langsung yang dapat didengar dalam keadaan normal. Gelombang ini secara cepat akan melemah dan akan didengar kembali sebagai “fading”. Gelombang yang lain (tanda panah merah dan biru) merupakan gelombang langit. Gelombang-gelombang ini dapat memantul pada lapisan ionosfer dan pemantulan itu dapat beberapa ribu kilometer bergantung kepada kondisi atmosferik.

#### 4.6.4. Propagasi atmosferik

Dalam atmosfer, gelombang radio dapat dibiaskan, dipantulkan dan disebarluaskan. Perubahan sifat gelombang radio tersebut tentu saja akan membawa pengaruh dalam hal propagasi. Akibat perubahan ini, maka perlu diperhatikan gejala-gejalanya, sehingga dalam penentuan atau pemilihan frekuensi untuk media transmisi dapat dilakukan

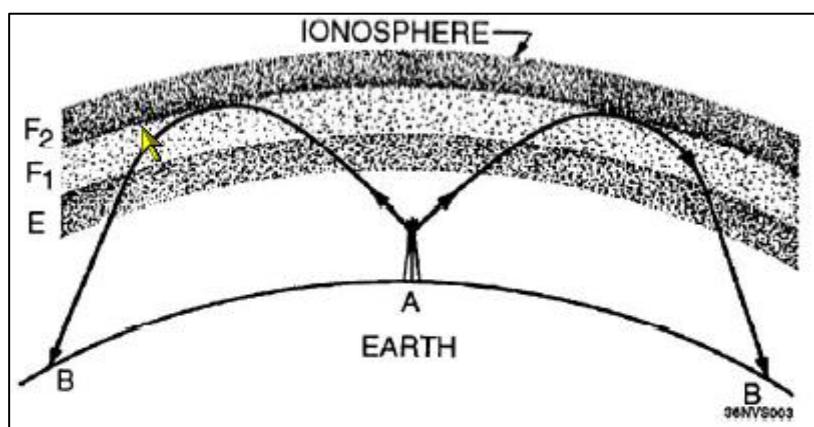
secara efektif dan efisien. Berikut ini akan dijelaskan mengenai gejala-gejala itu.

Saat gelombang memasuki lapisan yang lebih padat dari muatan ion, bagian atas mempunyai kecepatan yang lebih daripada dibawahnya. Kecepatan yang diserap ini menyebabkan terjadinya pembengkokan gelombang dan kembali ke bumi.

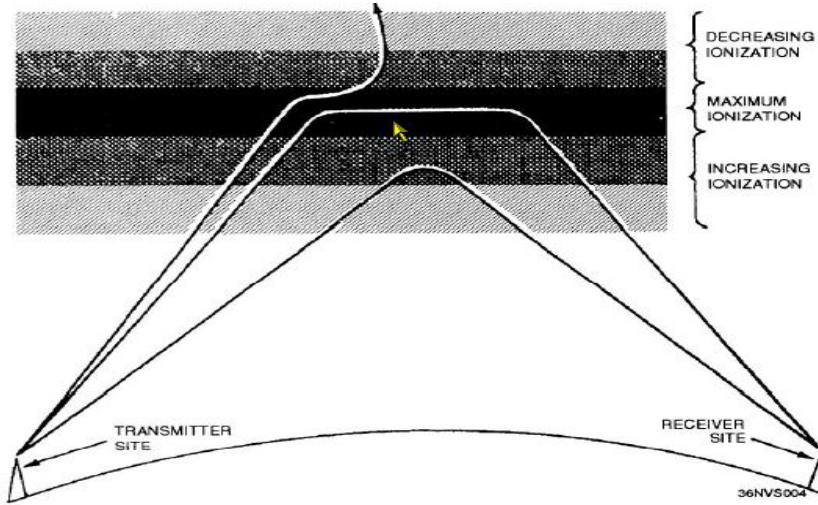
Ada tiga faktor penting terhadap refraksi gelombang radio ini, yaitu :

1. Kepadatan ionisasi lapisan
2. Frekuensi gelombang radio
3. Sudut datang gelombang radio menuju lapisan.

Perhatikan pula gambar 4.12., sinyal yang dipancarkan dari pemancar melalui lapisan-lapisan mengalami pembengkokan yang tidak sama. Pada daerah yang sangat kurang ionisasinya gelombang radio mengalami pembengkokan keluar. Sementara daerah yang lebih padat gelombang radio akan dibelokkan ke bumi hingga sinyal dapat ditangkap lagi oleh antena penerima.



Gambar 4.11. Refraksi gelombang radio



Gambar 4.12. Pembelokan gelombang radio oleh lapisan ionosfir

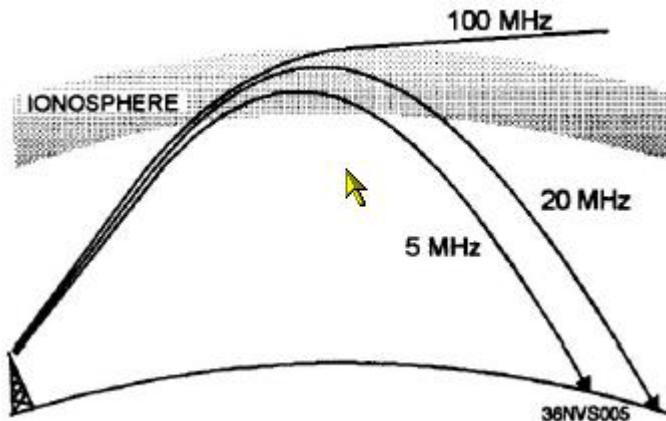
Pada gambar 4.13. dapat dilihat suatu fenomena frekuensi yang berbeda mengalami pembengkukan yang tidak sama. Semakin tinggi frekuensi arah beloknya semakin jauh.

#### 4.6.4.1. Pantulan (Refleksi)

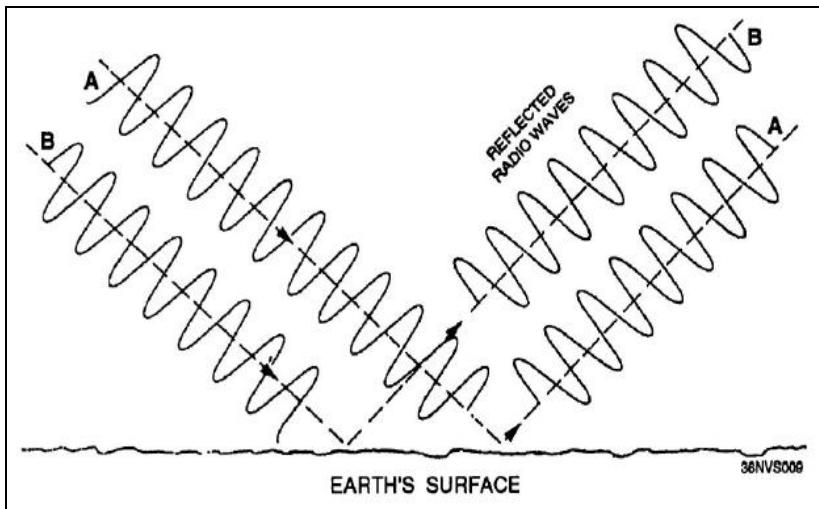
Pantulan terjadi bila gelombang radio tersimpul pada bidang/permukaan datar. Pada

dasarnya ada dua jenis pantulan yang terjadi di atmosfir yaitu pantulan bumi dan pantulan ionosfir. Pada gambar 4.14. di bawah ini dapat ditunjukkan adanya dua gelombang yang mengalami pantulan oleh permukaan bumi.

Perhatikan bahwa dua gelombang tersebut mengalami perubahan fasa antara gelombang yang satu dengan gelombang lainnya.



Gambar 4.13. Pengaruh frekuensi terhadap arah pembelokan gelombang radio



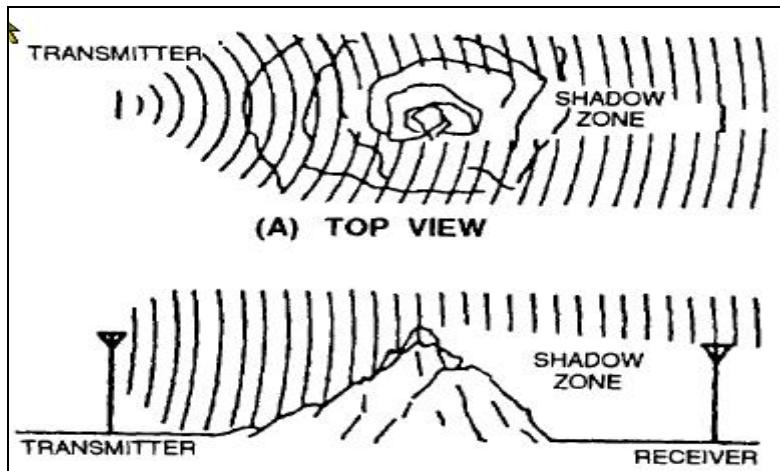
Gambar 4.14. Gelombang pantulan oleh permukaan bumi

#### 4.6.4.2. Defraksi

Defraksi adalah kemampuan gelombang radio untuk berputar pada sudut yang tajam dan membelok disekitar penghalangnya. Perhatikan gambar 4.15. berikut ini, defraksi menghasilkan perubahan arah dari energi gelombang radio di sekitar tepi penghalang. Gelombang radio dengan panjang gelombang panjang dibandingkan dengan diameter suatu penghalang, maka

dengan mudah dipropagsikan disekitar penghalang itu.

Namun demikian, bila panjang gelombang turun akan terjadilah pelemahan, hingga frekuensi-frekuensi sangat tinggi membentuk daerah bayangan (*Shadow zone*). Daerah bayangan pada dasarnya adalah daerah kosong dari sisi berlawanan datangnya gelombang dalam arah segaris pandang dari pemancar terhadap penerima.



Gambar 4.15. Defraksi gelombang radio pada sekitar penghalang

#### **4.7. Daerah dan jarak lompatan (Skip)**

Ingin kembali tentang adanya jenis-jenis gelombang radio, yakni gelombang langit dan gelombang tanah. Untuk itu di sini akan dijelaskan tentang jarak skip dan daerah skip.

##### **4.7.1 Jarak Skip**

Perhatikan gambar 4.16 di bawah ini tentang hubungan jarak skip, daerah skip dan gelombang tanah. Jarak skip adalah jarak dari pemancar hingga ke titik di mana gelombang langit pertama kali kembali ke bumi. Jarak skip bergantung kepada frekuensi gelombang radio dan sudut datangnya, serta tingkat ionisasi pada lapisan itu

##### **4.7.2. Daerah skip**

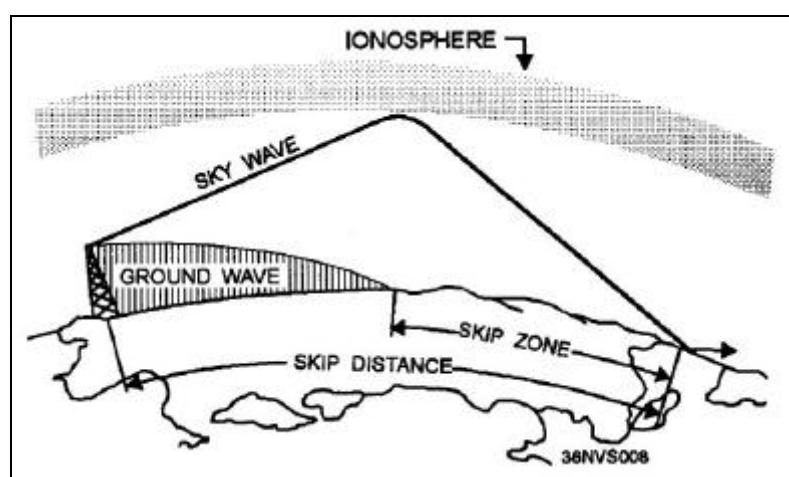
Daerah skip adalah daerah tenang antara 2 titik di mana gelombang tanah terlalu lemah untuk dapat diterima oleh antena penerima dan titik dimana ge-

lombang langit pertama kali kembali ke bumi. Batas luar daerah skip bervariasi bergantung pada frekuensi kerja, kapan terjadinya (hari), musim, aktivitas matahari dan arah pancaran.

Pada frekuensi rendah dan sangat rendah, daerah skip tidak kelihatan, tetapi untuk frekuensi tinggi dapat diketahui daerah skip tersebut. Apabila frekuensi kerja semakin tinggi, maka daerah skip menjadi semakin lebar terhadap titik di mana batas luar daerah skip dapat mencapai beberapa ribu kilometer jauhnya.

#### **4.8. Pengaruh atmosfir pada propagasi**

Sebagaimana telah disebutkan di depan bahwa perubahan yang terjadi pada ionosfer akan membawa perubahan yang sangat mengherankan ketika seseorang melakukan komunikasi. Untuk kasus-kasus tertentu, jarak komunikasi akan terkurangi atau bahkan hilang. Fenomena ini timbul karena suatu kejadian yang disebut fading.



Gambar 4.16. Hubungan daerah skip dan jarak skip

#### 4.8.1. Fading

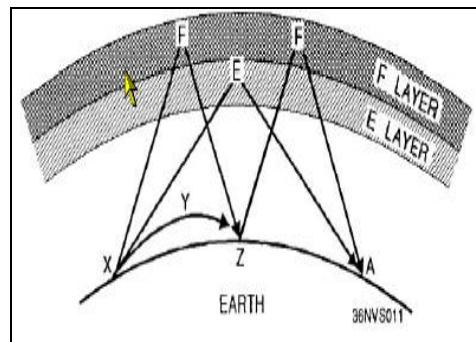
Masalah yang sangat menggangu dan membuat orang frustasi dalam mengatur penerimaan sinyal radio adalah berubah-ubahnya kuat sinyal. Keadaan ini sering disebut sebagai efek fading. Beberapa kondisi dapat menghasilkan fading. Bila gelombang radio dibengkokkan oleh lapisan ionosfer atau dipantulkan dari permukaan bumi, maka perubahan acak dalam polarisasi gelombang akan terjadi. Secara vertikal atau horizontal pengaturan antena penerima dirancang agar dapat menangkap gelombang terpolarisasi baik secara vertikal atau horizontal bergantian.

Perubahan polarisasi menyebabkan perubahan level tangkapan sinyal sebab ketidakstabilan antena untuk menerima perubahan polarisasi sinyal penerimaan itu. Fading juga dihasilkan oleh adanya serapan energi frekuensi radio (RF) dalam atmosfer. Banyak *absorpsi ionosferik* terjadi pada daerah

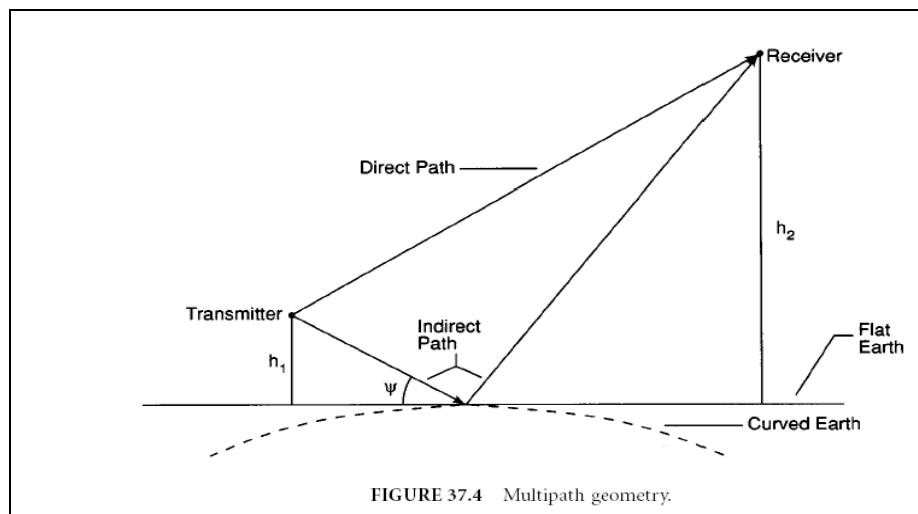
rendah ionosfer di mana kepadatan ionisasi lebih besar.

##### 4.8.1.1. Multipath Fading

Fading jalur jamak merupakan istilah sederhana untuk menggambarkan jalur-jalur berganda suatu gelombang radio bisa melewati antara pemancar dan penerima. Jalur propagasi seperti ini meliputi gelombang tanah, refraksi ionosferik, radiasi kembali oleh lapisan ionosferik, pantulan dari permukaan bumi atau lebih dari satu lapisan ionosfer dan seterusnya.

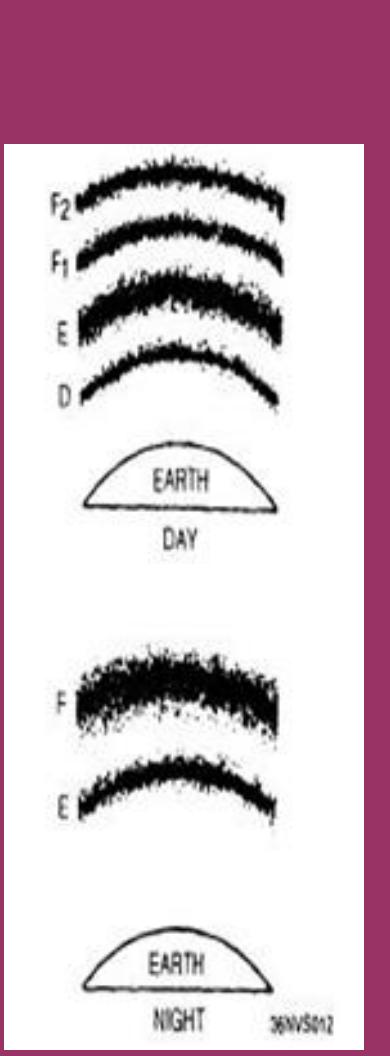


Gambar 4.17. Transmisi multijalur



Gambar 4.18. Sinyal pancaran diterima dari beberapa jalur

Tabel 4.1. Karakteristik lapisan-lapisan pada ionosfir

<p><b>Lapisan D :</b> Memantulkan gelombang frekuensi sangat rendah untuk komunikasi jarak jauh; menyebar atau refraksi frekuensi rendah dan frekuensi menengah untuk komunikasi jarak pendek, mempunyai pengaruh kecil terhadap frekuensi sangat tinggi, hilang di malam hari.</p> <p><b>Lapisan E :</b> Bergantung pada sudut datang matahari, menyebar gelombang frekuensi tinggi pada siang hari untuk frekuensi di atas 20 MHz dengan 1200 mil, berkurang sangat besar pada malam hari.</p> <p><b>Lapisan F :</b> Struktur dan kepadatannya bergantung pada waktu siang hari dan sudut datang matahari, terdiri satu lapisan di malam hari dan terpisah menjadi dua pada siang hari.</p> <p><b>Lapisan F1 :</b> Kepadatan bergantung pada sudut datang matahari, pengaruh utama adalah menyerap gelombang frekuensi tinggi yang melintasinya hingga sampai lapisan F2.</p> <p><b>Lapisan F2 :</b> Diperuntukkan bagi komunikasi frekuensi tinggi jarak jauh, sangat berubah-ubah, perubahan ketinggian dan kepadatan ditentukan waktu siang hari, musim, dan keberadaan sinar matahari.</p>	 <p>DAY</p> <p>NIGHT</p> <p>30N50E</p>
--	---

#### 4.9. Rangkuman

Propagasi gelombang radio atau gelombang elektromagnetik pada umumnya dipengaruhi oleh banyak faktor dalam bentuk yang sangat kompleks. Di antara sekian banyak pengaruh adalah adanya kondisi yang sangat bergantung pada keadaan cuaca dan fenomena luar angkasa yang tidak menentu. Dengan melihat kondisi yang demikian, maka sangat sulit diperkirakan sebaran radiasi medan elektromagenitik secara pasti dari suatu jarak terhadap kedudukan suatu pemancar. Namun, hal itu masih me-mungkinkan untuk mempropagasi gelombang tetapi harus diperhatikan setiap pengamatan cuaca yang disampaikan oleh lembaga meteorologi dan geofisika.

Jenis-jenis gelombang yang ditransmisikan dapat dibedakan menjadi empat macam.

1. Gelombang terarah antara dua titik. Propagasi gelombang yang demikian biasa disebut dengan propagasi segaris pandang (line of sight).
2. Gelombang terpantul, yakni merupakan gelombang yang datang setelah adanya pantulan pada suatu titik antara di permukaan bumi.
3. Gelombang permukaan, yakni merupakan gelombang yang merampat pada permukaan bumi mengikuti kelengkungan yang ada.
4. Gelombang ionosferik atau gelombang langit merupakan gelombang yang mengarah ke atas langit meninggalkan pemancar kemudian bengkok karena ada lapisan konduksi dari lapisan pada atmosfir yang lebih tinggi, setelah itu kembali ke permukaan bumi.

Gelombang permukaan adalah gelombang yang menjalar sepanjang permukaan bumi, sedangkan gelombang ruang adalah gelombang yang menjalar di atas permukaan bumi. Antara kata "sepanjang" dan "di atas" ada sedikit perbedaan. Menjalar di atas artinya penjalaraan gelombang beberapa puluh meter di atas permukaan bumi pada ketinggian antena.

Lapisan ionosfer mempunyai kualitas yang baik untuk memancarkan atau memantulkan sinyal radio dari permukaan bumi. Sinyal radio yang ditransmisikan, beberapa sinyal akan keluar dan lepas dari permukaan bumi menuju lapisan ionosfer. Gelombang tanah merupakan sinyal langsung yang dapat didengar dalam keadaan normal. Gelombang ini secara cepat akan melemah dan akan didengar kembali sebagai "fading".

Gelombang yang lain merupakan gelombang langit. Gelombang-gelombang ini dapat memantul pada lapisan ionosfir dan pemantulan itu dapat beberapa ribu kilometer bergantung kepada kondisi atmosfir.

#### 4.10. Soal Latihan

Kerjakan soal-soal di bawah ini dengan baik dan benar

1. Apa yang disebut dengan propagasi ? Berilah penjelasan singkat !
2. Sebutkan jenis-jenis gelombang yang ditransmisikan dalam ruang ionosfir ! Gambarkan pola pemantulan atau persebarannya !.
3. Apa yang disebut gelombang permukaan dan gelombang ruang ?
4. Mengapa propagasi gelombang pada siang hari berbeda dengan malam hari ?. Jelaskan secara singkat !.
5. Jelaskan efek dari ketinggian antena dengan kuat sinyal !
6. Apa yang anda ketahui dengan istilah *fading* ? Berilah penjelasan !
7. Lapisan pada ionosfir yang manakah, bila siang hari terpisah dan malam hari menyatu kembali ? Mengapa bisa terjadi demikian ?

# BAGIAN 5

## MEDIA TRANSMISI

### Tujuan

Setelah mempelajari bagian ini diharapkan dapat:

1. Mengetahui fungsi dan peran media transmisi dalam sistem telekomunikasi.
2. Memahami media transmisi yang digunakan dalam sistem telekomunikasi.
3. Memahami media transmisi guided beserta sifat-sifatnya.
4. Memahami media transmisi unguided beserta sifat-sifatnya.

### 5.1. Pendahuluan

Ada dua hal yang harus dipenuhi supaya mendapatkan akses komunikasi. Hal yang pertama adalah adanya kesamaan dalam pemahaman antara pemancar dan penerima. Bagian pemancar dan penerima harus mempunyai bahasa yang sama, hal ini tidak memperdulikan apakah hal tersebut dalam bentuk text, voice, gambar maupun kode-kode tertentu. Apabila antara pemancar dan penerima tidak menggunakan bahasa yang sama maka keduanya tidak akan dapat menyampaikan pesan yang akan kirimkannya. Dengan adanya masalah tersebut maka antara kedua titik tersebut tidak akan terjadi komunikasi. Dalam beberapa kasus yang terdapat pada sistem komunikasi, beberapa penerima sudah

dilengkapi dengan penterjemah bahasa atau kode yang disampaikan oleh pemancar. Penterjemah tersebut dapat berupa perangkat lunak maupun perangkat keras. Dengan adanya penterjemah tersebut maka antara pemancar dan penerima dapat melakukan komunikasi. Dengan uraian tersebut diatas maka dapat dikatakan bahwa arti pemahaman yang sama antara pemancar dan penerima adalah bukan pada kode atau data yang berbeda, tetapi lebih diutamakan pada adanya kesesuaian maksudnya (*understandability*).

Hal yang kedua adalah kemampuan untuk mengetahui adanya kesalahan serta cara memecahkan kesalahan tersebut pada saat terjadi pengiriman data. Kesalahan seperti ini biasanya disebabkan oleh derau yang timbul

saat terjadi pengiriman pada sebuah media transmisi. Jika komunikasi antara kedua sistem tersebut mengalami kesalahan, dan penerima tidak memperbaikinya maka yang akan timbul adalah kesalahan atau kerusakan informasi.

Dengan adanya kerusakan informasi maka yang terjadi adalah adanya data sampah yang tidak berguna atau bahkan dapat merusak suatu sistem yang lain. Penerima yang baik akan dapat mendeteksi adanya kesalahan yang terjadi dan kemudian memperbaikinya menjadi data yang benar. Cara memperbaiki kesalahan atau kerusakan data adalah dengan cara memperbaiki data tersebut dengan filter atau meminta data kembali dari pengirim sebagai mengganti data yang telah rusak. Kesalahan dalam pengiriman biasanya banyak terjadi pada sistem komunikasi analog. Pada komunikasi yang menggunakan data digital biasanya kesalahan atau kerusakan yang timbul sangat kecil.

Kesalahan atau kerusakan informasi yang telah diuraikan diatas merupakan kerusakan dalam sistem komunikasi yang dapat dihilangkan ataupun dibuat sekecil-kecilnya. Dengan ketidak adanya kerusakan informasi, maka komunikasi akan dapat terjadi dengan baik. Untuk dapat melakukan komunikasi dengan kesalahan atau kerusakan yang kecil atau bahkan nol, maka sistem komunikasi sangat perlu direncanakan dengan sebaik-baiknya terutama pada pemilihan

media transmisi yang sesuai dengan data yang dikirim. Ada lima bagian penting pada media transmisi yang perlu diketahui yaitu: *circuit*, *channel*, *line*, *trunk*, dan *virtual circuit*, dimana kelima hal tersebut dapat dijelaskan dibawah. Berikut ini akan menguraikan bagian-bagian jalur transmisi secara detil.

## 5.2. Circuit

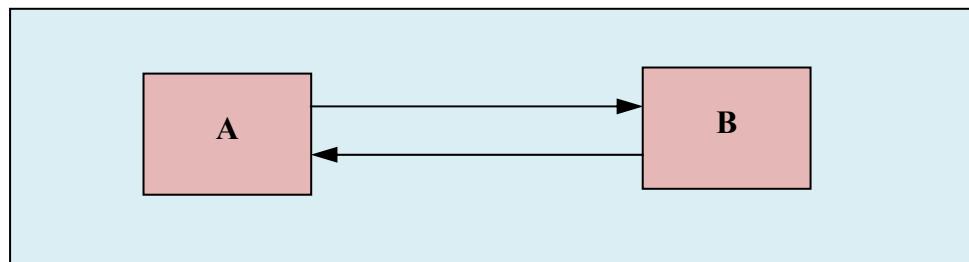
*Circuit* merupakan suatu jalur yang secara fisik menghubungkan antara dua titik sistem komunikasi atau lebih. Dalam menghubungkan titik-titik komunikasi tersebut dapat dilakukan secara elektrik melalui media kawat tembaga maupun secara optik dengan menggunakan cahaya. Titik tersebut berupa port yang menghubungkan sebuah komputer, switch, multiplexer, ataupun perangkat lainnya. Pada sebuah circuit tersebut akan terjadi pertukaran data maupun informasi antara titik sesuai dengan fungsi dan tujuan masing-masing. Misalnya pada sebuah rangkaian telephone sederhana, dimana rangkaian tersebut akan menghubungkan antara telephone satu dengan yang lain. Rangkaian telephone ini digunakan untuk mempertukarkan voice atau suara maupun data informasi lain. Pada sistem komunikasi ada dua jenis circuit yang biasa digunakan yaitu: komunikasi dengan penghantar dua kawat dan empat kawat

### 5.2.1. Pengantar Dua Kawat

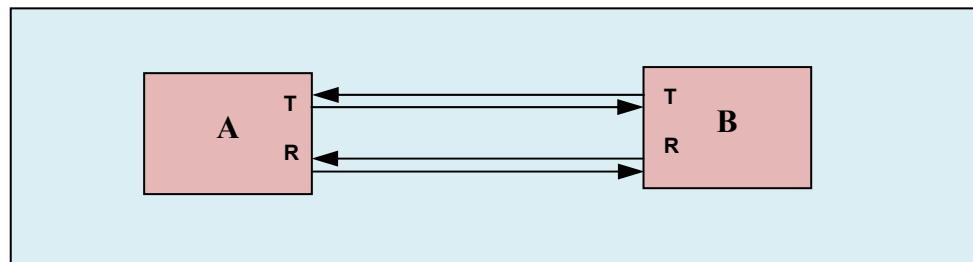
Pengantar dua kawat merupakan komunikasi dua kawat yang terisolasi sehingga tidak akan terjadi hubung singkat antara keduanya. Satu kawat digunakan untuk transmisi informasi, dan kawat yang lain sebagai ground sesuai rangkaian kelistrikan. Pengantar dua kawat secara umum digunakan pada komunikasi analog lokal, dimana hubungan pelanggan pada suatu titik langganan itu dapat diakses ke dalam jaringan. Gambar 5.1 dibawah menunjukan sebuah contoh dari suatu pengantar dua kawat.

### 5.2.2. Rangkaian pengantar empat kawat

Pengantar pada rangkaian empat kawat mempunyai dua pasang kawat yang terisolasi. Dua set dari jalur transmisi merupakan jalur yang searah, sedangkan satu jalur pada masing-masing arah dan satu jalur untuk melengkapi rangkaian listrik. Rangkaian empat kawat digunakan pada komunikasi yang jarak antara titik-titik terakhir memerlukan isyarat yang diperkuat pada waktu tertentu. Sebagai contoh, empat rangkaian kawat disambung pada berbagai saklar untuk membangun jaringan PSTN. Rangkaian empat kawat juga digunakan dijalur sewa, dimana pelanggan bisa menghubungkan lokasi yang dimilikinya dengan jarak yang cukup jauh. Selain itu semua rangkaian komunikasi digital menggunakan rangkaian empat kawat.



Gambar 5.1. Rangkaian Dua Kawat



Gambar 5.2. Rangkaian empat kawat

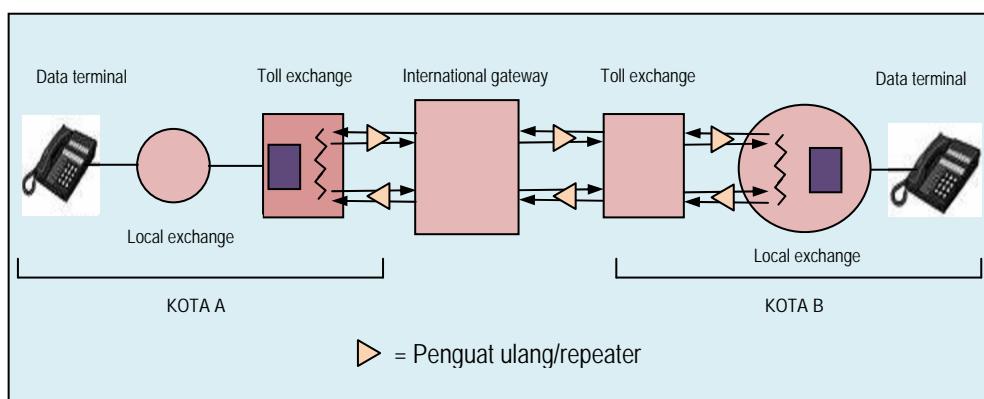
Pada sistem komunikasi rangkaian empat kawat terdapat dua jenis yaitu: rangkaian empat kawat yang secara fisik terpisah sehingga terlihat kawat sebanyak empat buah dan rangkaian empat kawat yang secara fisik hanya terlihat dua kawat. Dalam rangkaian komunikasi empat kawat terpisah karena dalam kawat tersebut terdapat pemisahan jalur frekuensi. Jalur frekuensi tersebut adalah separuh bidang frekuensi membawa untuk memancarkan informasi, dan selanjutnya yang separuhnya akan membawa untuk menerima informasi.

### 5.2.3. Pemilihan dua kawat atau empat kawat

Karena jarak komunikasi biasanya sangat jauh, maka dalam jaringan komunikasi dirancang untuk membawa data isyarat yang jauh pula, sehingga jaringan ini memerlukan piranti yang dapat memperbarui signal yang telah mengalami pelemahan. Pelemahan ini biasanya pada

isyarat-isyarat tertentu saat sinyal dalam perjalanan. Piranti ini disebut penguat ulang atau *repeater*. Penguat akan menaikkan tegangan isyarat yang mengalami pelemahan sesuai daya yang asli.

Adanya penguat tersebut maka sinyal isyarat akan dapat melanjutkan perjalanan ke jaringan yang dituju. PSTN merupakan komunikasi tradisional yang umumnya menggunakan kawat tembaga. Pada kawat tembaga, data isyarat akan mengalami pelemahan yang dikarenakan oleh tahanan jenis pada logam tembaga. Adanya tahanan jenis tersebut maka dalam sistem komunikasi yang menggunakan kawat tembaga ada suatu batasan jarak tertentu antara penguat satu dengan penguat berikutnya. Batasan jarak antara penguat-penguat tersebut pada umumnya sekitar 6.000 kaki. Adanya batasan tersebut maka dalam membangun jaringan komunikasi dengan media kawat tembaga perlu mempertimbangkan jarak tersebut.



Gambar 5.3. Penggunaan rangkaian dua kawat dan empat kawat

### **5.3. Channel**

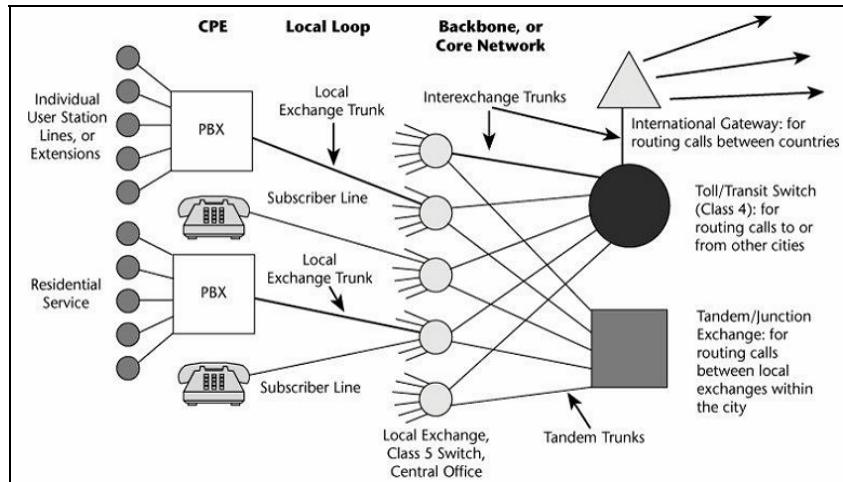
Channel atau saluran merupakan suatu yang menggambarkan sebuah jalur percakapan yang logis, dimana bidang frekuensi , ruang waktu, atau panjang gelombang dialokasikan pada percakapan tunggal. Dalam sebuah sistem telekomunikasi, saluran merupakan suatu jalan yang digunakan pada saat terjadi komunikasi. Dalam telekomunikasi memungkinkan adanya saluran ganda, dimana saluran ganda ini akan meningkatkan dukungan terhadap suatu rangkaian itu sendiri. Dalam telekomunikasi orang cenderung mengacu pada saluran (*channel*) dibandingkan dengan menyebut banyaknya rangkaian. Hal ini dapat disebabkan karena dalam satu rangkaian baik yang menggunakan 2 kawat maupun empat kawat bisa terdapat lebih dari satu channel.

### **5.4. Line dan Trunk**

Line dan trunk pada dasarnya merupakan hal yang sama, tetapi keduanya digunakan pada situasi yang berbeda. Line merupakan sambungan yang diatur untuk mendukung suatu pemanggilan normal, mengisi, memuat yang dihasilkan seseorang. Trunk merupakan rangkaian yang diatur untuk mendukung beban-beban pemanggil yang dihasilkan oleh

sekelompok pemakai. Trunk berupa fasilitas transmisi yang bersama-sama dalam menswitch sistem. *Switching system* adalah suatu alat yang menyambungkan dua jalur transmisi. Ada dua kategori umum tentang *switching system* yang digunakan dalam sistem telekomunikasi:

- CPE switches (*Customer Premises Equipment*) merupakan bentuk switch yang umum digunakan dalam peralatan dan bangunan pelanggan. Biasanya CPE ini menggunakan *private branch exchange* (PBX), dimana piranti ini sering disebut suatu *private automatic branch exchange* (PABX). PBX digunakan untuk menentukan koneksi antara dua titik. Piranti tersebut digunakan untuk membuat koneksi-koneksi antara telepon-telepon yang bersifat internal dalam suatu organisasi. Selain itu digunakan juga untuk membuat koneksi antara jaringan internal dan dunia luar (PSTN).
- Network switches secara hierarki terdiri dari saklar-saklar jaringan yang dapat meningkatkan penyambungan pada waktu tertentu, dan saklar tersebut disesuaikan dengan apa yang akan dilakukan oleh saklar tersebut, dimana semua tergantung pada kedua titik persambungan saklar tersebut.



Gambar 5.4. Lines, trunk, dan switch

Pada lingkungan pelanggan PSTN, titik pertama dapat diakses secara lokal yang juga dikenal sebagai Class 5 atau hal ini merupakan sebagai kantor atau kantor pusat. Pada komunikasi tradisional (electromechanical) pensaklaran lokal yang mampu ditangani adalah satu atau lebih pensaklaran, dengan tiap-tiap pensaklaran mampu menangani sampai dengan 10,000 bentuk langganan, yang dinomori mulai dari 0000 sampai 9999. Saklar elektronik, tersedia sejak tahun 1980, mampu menangani sampai dengan 50,000 langganan. Satu-satunya jenis panggilan pada pensaklaran lokal yang dapat menangani dirinya sendiri, tanpa menyentuh saklar yang lain dalam jaringan pada penomoran pensaklaran lokal yang sama tersebut.

PSTN melakukan switching lokal sehingga dapat berhubungan membentuk suatu hirarki. Suatu

pensaklaran lokal dapat memanggil titik lain yang berada pada jarak 16 km. Dimana penggilan tersebut dengan suatu nada yang mengkodekan nomer telepon dari suatu pensaklaran lokal yang berbeda. Koneksi antara dua pensaklaran yang berbeda tersebut tercapai melalui kedua bagian saklar yang disebut hirarki tandem switch atau disebut juga dengan sambungan simpangan. Tandem switch digunakan untuk melakuan sambungan pertukaran lokal pada daerah metropolitan. Pada saat akan membuat sambungan telepon interlokal, pusat pensaklaran lain akan melakukan permintaan ke dalam pusat yang juga disebut kantor Class 4, transit switch, atau trunk exchange. Pusat panggilan akan bertanggung jawab untuk membuat dan melengkapi komunikasi interlokal tersebut.

Hirarki yang tertinggi adalah gerbang internasional, dimana

pensaklaran dirancang untuk membuat sambungan panggilan antara negara-negara yang berbeda. Trunk disediakan untuk melakukan sambungan antara saklar-saklar di dalam PSTN, antara pelanggan yang memiliki PBX, atau antara PBX dan PSTN.

### 5.5. Virtual Circuit

Sekarang ini peningkatan pelanggan komunikasi yang sangat besar maka diperlukan paket switching, dimana banyak jaringan yang menggunakan virtual circuit. Hal ini berbeda dengan rangkaian yang secara fisik dapat dilihat dengan awal dan diakhiri oleh sebuah titik sambungan, virtual circuit adalah satu rangkaian koneksi logika antara piranti pengirim dan penerima. virtual circuit merupakan sebuah koneksi antara dua piranti yang secara langsung, tetapi sesungguhnya terdiri atas bermacam-macam rute yang berbeda. Rute-rute tersebut akan berubah setiap waktu, dan rute selanjutnya tidak belum tentu rute yang baik. Koneksi ini digambarkan masukan-masukan tabel dalam piranti paket pensaklaran. Suatu koneksi dibentuk setelah dua piranti tersebut melakukan persetujuan pada parameter penting pada pemeliharaan koneksi komunikasi serta bagaimana cara menyediakan kinerja yang tepat untuk aplikasi yang mendukung mereka.

Virtual circuit merupakan istilah yang sebagian besar

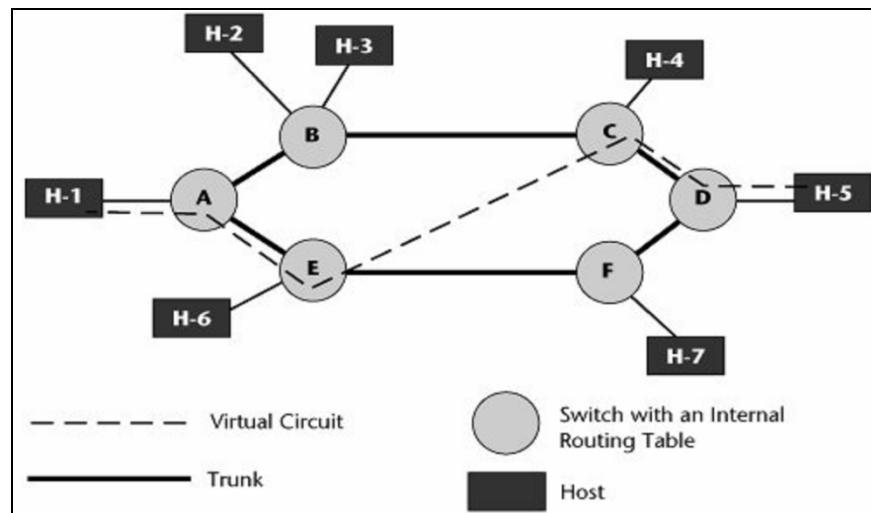
digunakan untuk menguraikan koneksi antara dua host dalam sebuah jaringan paket switching, dimana host keduanya dapat berkomunikasi seolah-olah mereka sebuah koneksi yang mempunyai tujuan, meskipun paket tersebut bisa mengambil rute yang sangat berbeda untuk sampai di tujuan mereka.

### 5.6. Media Transmisi

Media transmisi adalah suatu jalan yang secara fisik bersambungnya komputer, alat-alat komunikasi, ataupun orang-orang di sebuah jalan raya dan jalan-lintas super informasi. Masing-masing media transmisi memerlukan perangkat keras jaringan yang khusus dan harus kompatibel dengan media tersebut. Pada media transmisi, getaran sinyal pembawa itu harus disampaikan dari pemancar kepada penerima.

Proses penyampaian ini harus dilakukan melalui jalan raya atau media transmisinya. Hal ini bisa juga dianalogikan pada sebuah mobil truk yang tak akan dapat berjalan tanpa adanya jalan raya atau sebuah kapal yang tak akan dapat berjalan tanpa ada lautnya. Dalam hal penyampaian getaran maka jalan rayanya disebut media transmisi dan getaran pembawa termodulasi merambat (*propagate*) dalam media transmisi.

Di dalam media ini rambatan pembawanya disebut sebagai gelombang pembawa.



Gambar 5.5. Virtual curcuit

Media transmisi untuk menyampaikan sinyal gelombang elektromagnetik dibedakan menjadi dua yaitu *Guided* dan *Unguided*. Pada media guided, gelombang elektromagnetik dipandu dari transmitter menuju receiver dan media transmisinya secara fisik dapat dilihat secara langsung. Media guided misalnya: kabel tembaga twisted pair, kabel coaxial, serat optik dan lain-lain. Contoh media diatas merupakan media transmisi yang dapat dipegang maupun dilihat secara langsung. Lain halnya dengan media unguided yang tidak memerlukan kabel sebagai penghantarnya. Media unguided berupa gelombang radio yang tidak bisa dilihat oleh mata.

Karakteristik suatu transmisi data ditentukan oleh dua hal yaitu karakteristik media transmisi dan karakteristik sinyal komunikasi. Untuk media transmisi

unguided, karakteristik transmisi lebih ditentukan oleh kualitas sinyal yang dihasilkan oleh antena transmisi dibandingkan oleh medianya sendiri. Faktor-faktor dalam sistem telekomunikasi yang berkaitan dengan media transmisi dan sinyal dan sangat menentukan data rate dan jarak antara lain:

- Bandwidth, selama faktor lain mempunyai nilai konstan, maka semakin besar bandwidth sebuah sinyal komunikasi, akan semakin besar rate data yang diperolehnya.
- Gangguan transmisi, Gangguan seperti attenuasi akan membatasi jarak. Pada media transmisi guided, biasanya kabel twisted pair lebih sering mengalami gangguan apabila dibandingkan dengan kabel coaxial dan kabel coaxial akan lebih sering mengalami

- ganguan dibandingkan dengan fiber optik.
- Interferensi, sinyal Interferensi merupakan terjadinya sinyal yang tumpang tidi dalam sebuah band komunikasi sehingga hal tersebut dapat menghapuskan sinyal-sinyal informasi. Interferensi biasanya terjadi pada media unguided, walaupun terjadi juga pada media guided seperti pada kabel yang berdekatan sehingga medan magnetik akan saling mempengaruhi.
  - Jumlah receiver, media guided biasanya digunakan untuk membangun suatu hubungan antara titik, dimana pada kasus tertentu titik tersebut akan memunculkan atenuasi dan distorsi.

## 5.7. Media Transmisi Guided

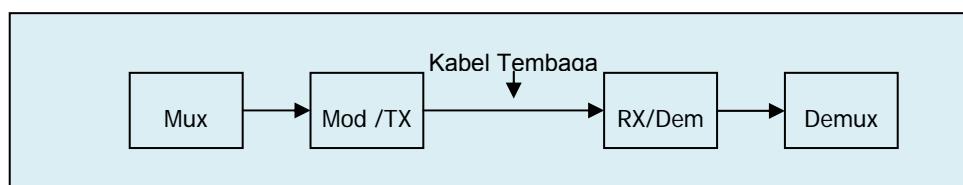
Media transmisi guided yang sering digunakan untuk transmisi data adalah twisted pair, kabel coaxial dan serat optik. Dibawah ini akan dijelaskan lebih detail mengenai media transmisi tersebut.

### 5.7.1. Kabel Tembaga

Kabel tembaga merupakan sebuah kabel yang berpasangan

dan yang banyak sekali yang menggunakannya khususnya pada kabel berpasangan untuk menghantar informasi dari pelanggan ke sentral. Pada umumnya frekuensi yang melewati adalah berupa frekuensi pembicaraan. Karena sinyal yang dibawanya adalah berupa arus bolak-balik dan arus searah sehingga karakteristik yang paling dominan sehingga perlu diperhatikan adalah redaman kabel dan perubahan phasa terhadap frekuensi. Dalam bagian ini hanya dibahas penggunaan kabel tembaga untuk menyalurkan gelombang pembawa dengan frekuensi tinggi. Seringkali terjadi adanya keterbatasan sambungan kabel lokal dari sentral ke suatu tempat sudah habis, sedangkan pelanggan masih banyak yang meminta. Untuk melayani kebutuhan pelanggan maka penyedia jasa layanan telephone menggunakan sistem konsentrator kabel. dua pasang kabel tembaga di sediakan untuk menyalurkan beberapa kanal suara.

Pada kedua ujung kawat tersebut ada sebuah multiplexer yang berfungsi menggabungkan beberapa sinyal suara tersebut, yang kemudian dikirimkan lewat kabel sesudah di perkuat oleh amplifier.



Gambar 5.6. Kabel tembaga sebagai penghubung

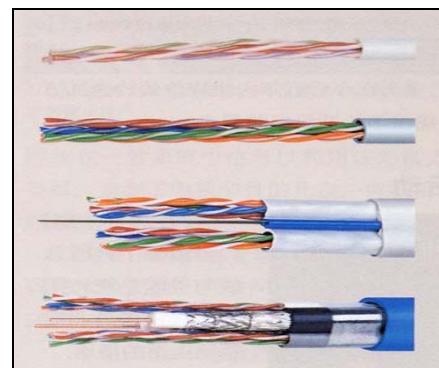
Frekuensi pembawa pada kabel tembaga biasanya 1200 KHz yang dimodulasi oleh output multiplexer. Hal tersebut sangat jelas bahwa dengan frekuensi tinggi tersebut maka gelombang pembawa akan mengalami redaman kabel yang cukup besar. Untuk jarak yang cukup jauh diperlukan penguat ulang atau repeater yang dipasang ditengah perjalanan. Biasanya kapasitas sistem ini maksimal hanya 12 bandwith sinyal suara analog.

Kabel tembaga juga sering digunakan untuk menghubungkan dua buah sentral menggunakan konsentrator. Biasanya kabel yang digunakan berdiameter lebih besar dari kabel untuk jaringan lokal. Untuk hubungan antara sentral, maka dapat juga digunakan penggabungan secara digital (PCM dengan datarate 2 Mbps) dengan kapasitas 30 kanal suara digital (64 KBPS). Dengan kecepatan aliran bit sebesar 2 Mbps maka dibutuhkan repeater tiap 3 sampai dengan 4 km. Catu daya untuk repeater disalurkan melalui kabel yang sama dari terminal yang didekatnya. Dengan menggunakan konsentrator ini, maka kebutuhan kabel menjadi sangat berkurang, disamping itu pemeliharaan juga menjadi lebih sederhana.

### 5.7.2. Twisted Pair

Twisted pair merupakan media transmisi yang paling banyak digunakan dan murah harganya. Sebuah kabel twisted pair terdiri dari dua kawat yang disekat dan tersusun dalam suatu

pola lilitan yang beraturan. Sepasang kawat yang dililitkan dapat digunakan sebagai jalur komunikasi tunggal. Biasanya beberapa pasang kawat (empat pasang) dibundel menjadi satu kabel dengan cara dibungkus dengan bungkus yang keras terbuat dari karet.



Gambar 5.7. Twisted-pair

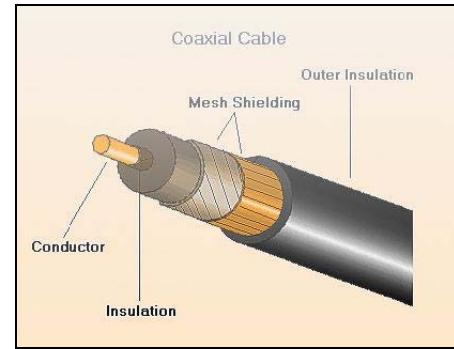
Pada jarak yang sangat jauh, lilitan yang ada pada kawat tembaga tersebut meningkatkan interferensi silang diantara kawat yang saling berdekatan. Besar frekuensi spektrum pada sambungan telephone yang menggunakan kabel twisted pair maksimum besarnya sekitar 1MHz. Standar terbaru untuk broadband DSL yang juga menggunakan kabel twisted pair yang bisa sampai sebesar 2,2 MHz.

Kehilangan pada saat translasi data menjadi bps diukur berdasarkan data yang dikirimkan, atau kapasitas saluran pada kabel twisted pair dapat menyediakan kecepatan 2 Mbps sampai 3 Mbps pada spektrum frekuensi 1 MHz.

Tetapi hal ini berbanding terbalik antara jarak dan data rate tersebut direalisasikan. Pada jarak yang sangat jauh, akan membawa pengaruh yang besar terhadap kesalahan dan kerusakan sinyal informasi. Pada kecepatan data tinggi ada dua teknik yang biasa digunakan: jarak loop dapat diperpendek dan menggunakan modulasi sinyal yang baik.

### 5.7.3. Kabel Coaxial

Kabel coaxial adalah sebuah kabel yang terdiri dari satu kawat dengan inti terletak ditengah yang dibungkus secara berlapis oleh plastik, kawat screen, plastik, aluminium foil dan terakhir adalah lapisan plastik lagi (*polyuthylene*). Kabel antena TV adalah kabel coaxial. Digunakan kabel ini karena redamannya jauh lebih kecil dari pada kabel tembaga biasa. Kabel ini dipergunakan untuk gelombang yang membawa sejumlah kanal multiplexing besar. Kabel bawah laut juga menggunakan kabel coaxial untuk menyalurkan sampai 4000 kanal, dengan tiap kanalnya sebesar 3 KHz dengan lebar pita frekuensi adalah sebesar 30 MHz. Untuk perentangan didasar laut, maka kabel tersebut akan mengalami perenggangan yang cukup besar. Karena itu perlu diberikan tambahan daya regang dengan menggunakan satu atau dua lapisan kawat baja yang kuat sebagai pelindung.



Gambar 5.8. Kabel Coaxial

Rangkaian penguat ulang (*repeater*) sangat diperlukan untuk kabel laut karena redaman yang cukup besar dan jarak yang panjang. Kesulitan pada kabel laut adalah penempatan repeater dan jarak antara repeater (10 km) hal ini dikarenakan :

- Membutuhkan catuan yang besar (dalam orde KV). Kesulitan lain adalah pemeliharaan jika terjadi gangguan, misal tertabrak kapal, binatang atau tekanan air laut.
- Harus dibuat kuat sekali.
- Untuk efisiensi maka dalam satu kabel 1 dipasang lebih dari satu coax, bisa saja sampai 10. Atau dapat lebih banyak lagi. Contoh: kabel transatlantik tahun 1976, kapasitas 400 @ 3 KHz bw, maks frek 28 MHz, 1 kabel dengan diameter 2.4 cm, repeater terbuat dari transistor berjarak 6 km.

Panjang kabel = 6400 km.

#### 5.7.4. Serat Optik

Kabel optik adalah kabel yang intinya terbuat dari kaca dan mampu melalukan cahaya. Tebal kabel kaca antara 8.3 sampai 10  $\mu\text{m}$  untuk jenis monomode dan 50 sampai 100  $\mu\text{m}$  untuk jenis multi mode. Sedangkan pembungkusnya 125  $\mu\text{m}$ . Bahan serat optik adalah bahan gelas dengan kemurnian sangat tinggi.

Sedikit saja ada unsur asing, yang kecil sekalipun, akan menimbulkan hamburan yang mengakibatkan redaman.

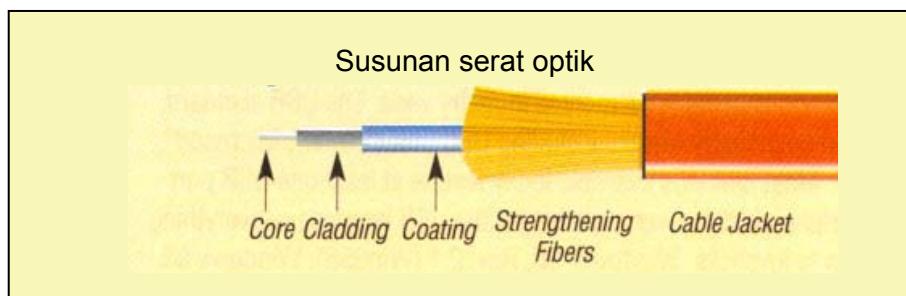


Gambar 5.9. Sejumlah Serat Optik

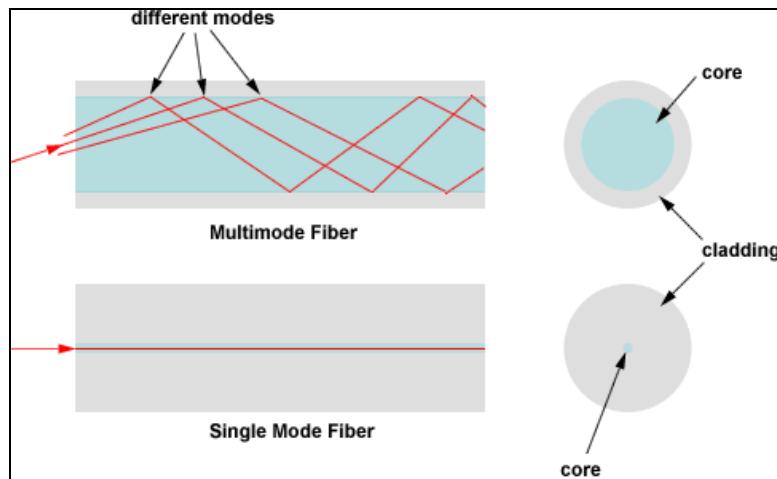
Dua jenis bahan gelas yang umum dipakai adalah gelas silika dan boros silika. Sekarang bahan plastik sudah pula dipakai untuk inti serat optik.

Beberapa serat Kabel optik dalam satu gulungan besar (isi minimal 6 serat). Serat optik mempunyai sifat sangat rapuh (mudah patah) oleh sebab itu harus diberi pelindung kabel untuk memperkuatnya. Pada tiap-tiap gulungan kabel dapat membawa fiber optik sampai 1 km panjangnya.

Kabel serat optik pada prinsipnya berupa kabel yang digunakan untuk memandu atau melewatkkan gelombang cahaya dalam bentuk bentuk yang jelas atau yang disebut mode. Mode menggambarkan suatu distribusi dari energi cahaya yang melewati sepanjang serat tersebut. Ketepatan dari bentuk cahaya tersebut tergantung pada panjang gelombang cahaya yang ditransmisikan dan pada indeks bias yang dibentuk pada saat kondisi cahaya dikirimkan melalui serat tersebut.



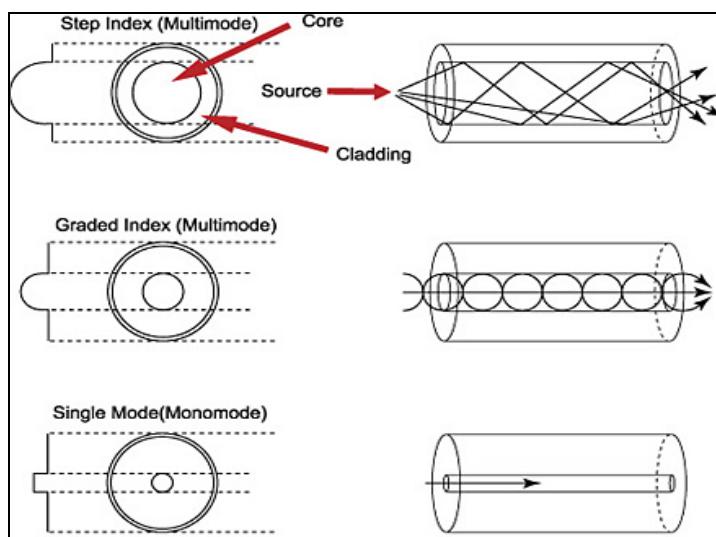
Gambar 5.10. Serat Optik



Gambar 5.11. Serat optik multimode dan singlemode

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa ada perbedaan antara serat optik multimode dengan singlemode. Pada singlemode mempunyai diameter inti yang sangat kecil sehingga hanya mampu membawa satu mode dimana pengiriman cahaya berupa garis lurus yang melalui inti. Pada serat optik multimode

mempunyai diameter inti yang lebih besar sehingga cahaya yang dikirimkan akan membentuk sudut cahaya yang berbeda dan membentur dinding serat atau disebut dengan multimode. Untuk lebih jelasnya mengenai perrambatan cahaya pada serat optik dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 5.12. Perambatan cahaya pada mode serat optik yang berbeda

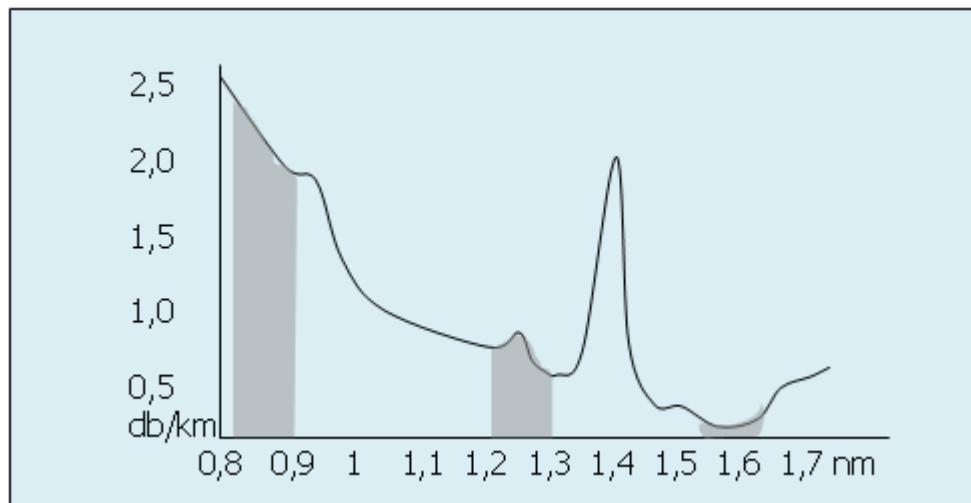
Cahaya ditimbulkan pada ujung pengirim dan diterima pada ujung terima. Sinyal ditumpangkan pada cahaya dengan sistem modulasi intensitas. Jika tegangan sinyal tinggi maka cahaya akan lebih terang.

Cahaya tersebar selama perjalannya, semakin tebal serat kaca semakin tersebar cahaya dalam perjalannya (dispersi). Disamping itu kecepatan rambat cahaya juga semakin lambat jika kaca semakin tebal. Jika index bias kaca adalah rata-rata 1,5 m/s maka kecepatan rambat lurusnya adalah

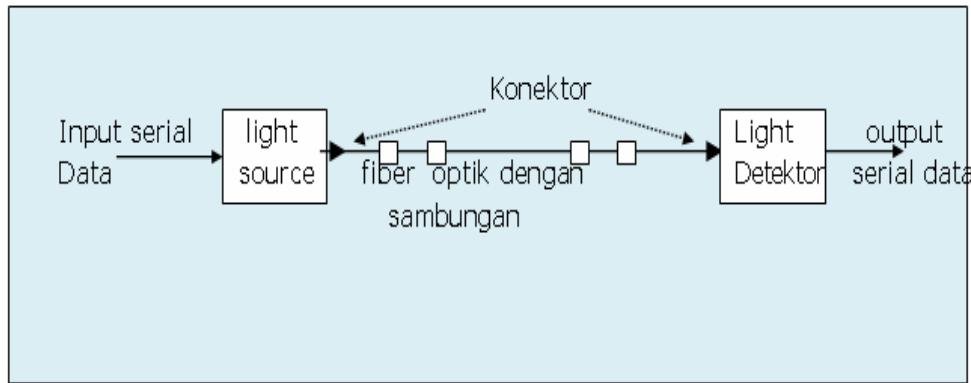
$$\frac{3 \cdot 10^8}{1,5} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Untuk berkas yang merambat dengan sudut pantul  $75^\circ$  maka kecepatan rambatnya berkurang lagi menjadi  $2 \cdot 10^8 \cos 75^\circ$  m/s .

Panjang gelombang cahaya yang digunakan berada pada daerah infra red dengan panjang gelombang 0,8 nm, 1,3 nm atau 1550 nm. Fiber optik dapat membawah informasi suara sampai 40.000 VBW atau sinyal-sinyal digital video dalam jumlah yang cukup besar.



Gambar 5.13. Redaman kabel optik pada berbagai panjang gelombang.



Gambar 5.14. Koneksi menggunakan serat optik

Output pemancar adalah 0 dBm dan minimal power dipenerima -37 dBm. Sebelum masuk pada detektor cahaya diperkuat dulu dengan amplifier optik sebesar 30dB. maka yang boleh hilang ditengah jalan adalah  $30 + 37$  dB sehingga menjadi 67dB. Kehilangan power terjadi beberapa hal yang dikarenakan

adanya beberapa permasalahan seperti dapat dilihat pada tabel di bawah.

Keuntungan peggunaan serat optik yang lain adalah dalam penggunaan serat optik akan terbebas dari sinyal interferensi gelombang radio. Karena gelombang radio tidak bergerak pada frekuensi optik.

Tabel 5.1. Pelemahan yang diakibatkan oleh serat optik

Penyebab Pelemahan serat optik	Besar pelemahan
Konektor di kedua sisi (1 dB/sisi)	2 dB
Margin untuk penyambungan jika putus	6 dB
Redaman per sambungan /splicing	0,1 dB
Redaman fiber optik	0,2 dB/km
Redaman per km menjadi	0,3 dB
Maka jarak antara terminal menjadi	$(67-2-6)/0,3=196$ km

## 5.8. Media Transmisi Unguided

Pada bagian berikut akan membicarakan masalah bandwidth yang digunakan pada media transmisi unguided, dimana bandwidth tersebut biasanya dibicarakan dalam bentuk spektrum elektromagnetik.

### 5.8.1. Gelombang Elektromagnet

Gelombang elektromagnetik sekarang ini telah menjadi bagian penting dalam teknologi modern terutama pada komunikasi nirkabel. Gelombang elektromagnetik yang merambat pada ruang bebas disebut dengan gelombang radio/sinyal radio.

Gelombang elektromagnetik di ruang bebas banyak mengalami lingkungan yang tidak ideal. Gelombang radio merupakan gelombang yang digunakan untuk mengoperasikan pancaran radio.

Bentuk-bentuk gelombang elektromagnet antara lain: Gelombang televisi, Cahaya, Sinar x, gelombang panas, dan lain sebagainya. Sinyal gelombang elektromagnet mempunyai daya tertentu dengan kecepatan tetap. Gerak gelombang elektromagnetik dinamakan dengan velocity dimana kecepatan rambatan adalah sekitar 300.000 km/detik. Rambatan gelombang radio bersifat tetap. Karena rambatan gelombang elektromagnetik sifatnya tetap, maka panjang gelombang dapat dihitung. Panjang gelombang ini sering disebut dengan lamda ( $\lambda$ ).

Hubungan besar frekuensi yang dihasilkan oleh pemancar serta kecepatan rambat dapat digunakan untuk menghitung panjang gelombang. Panjang gelombang ini dapat digunakan untuk menentukan antena. Panjang antena untuk menangkap gelombang elektromagnetik biasanya adalah  $\frac{1}{2}$  lamda,  $\frac{1}{4}$  lamda, 1 lamda atau  $\frac{3}{4}$  lamda. Untuk mengetahui panjang gelombang digunakan rumus sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{v}{f} \text{ meter}$$

Dimana :

$\lambda$  = panjang gelombang (meter)

$v$  = Kecepatan rambatan (detik)

$f$  = frekuensi (Hertz).

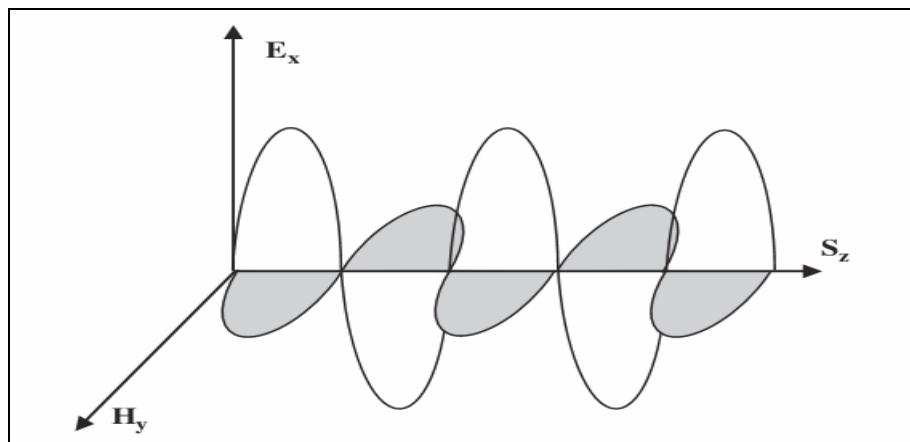
Gelombang elektromagnet dihasilkan oleh sebuah osilator. Gelombang elektromagnet dipancarkan ketika medan listrik pada osilator disambungkan pada antena pemancar. Karena gerakan medan listrik (E) menyatu dengan medan magnet (H), sehingga gelombang elektromagnetik dipancarkan ke udara bebas dalam bentuk sinyal bolak-balik berupa medan listrik dan medan magnet. Ketika dipancarkan, medan magnet ini berupa garis melintang (transverse), dan orthogonal.

Medan magnet transverse dikirim ke ruang bebas dengan arah yang sama, sedangkan orthogonal merupakan medan listrik dan magnet membentuk sudut tertentu.

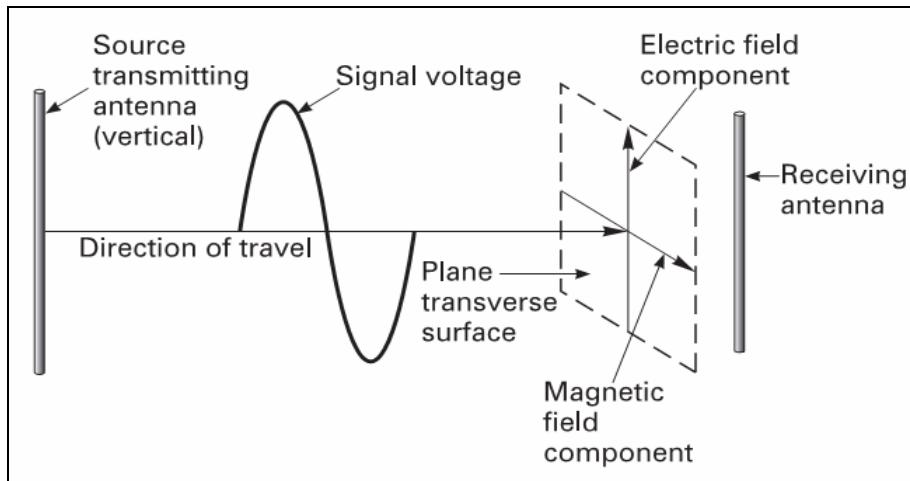
Ketika medan elektromagnetik mengenai sebuah antena penerima, maka medan elektro-magnetik akan diterima dalam bentuk yang sama seperti yang dihasilkan oleh osilator kecuali jika sinyal yang dipancarkan mengalami kerusakan.

Gelombang elektromagnet dipancarkan dalam bentuk orthogonal, sehingga hal ini sangat

penting digunakan untuk merancang antena. Jika seseorang dapat melihat arah muncul gelombang sinyal elektromagnet, mungkin akan dapat menentukan arah antena supaya tepat dengan pemancar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar sinyal polarisasi pada bidang antena.



Gambar 5.15. Diagram polarisasi linier



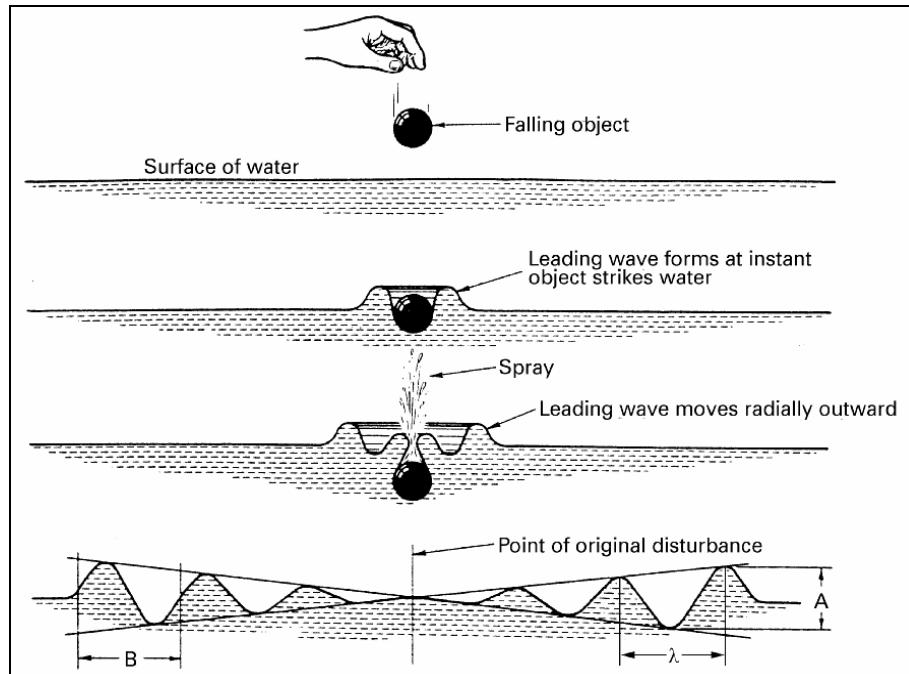
Gambar 5.16. Sinyal polarisasi pada bidang antena

Sinyal Polarisasi adalah arah dari vector medan listrik. Sinyal Polarisasi berupa sinyal vertical karena vector medan listrik kadang naik kadang turun. Pengiriman gelombang elektromagnetik oleh antena pemancar digambarkan sebagai berikut.

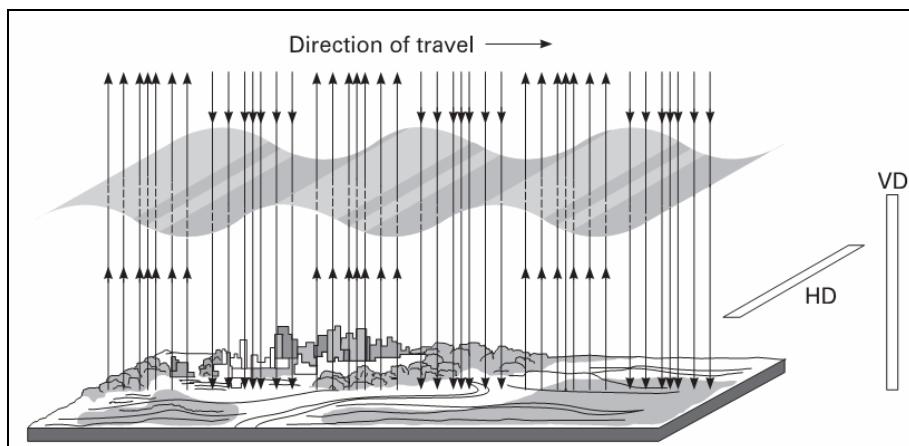
Ketika ada benda yang jatuh pada permukaan air, maka akan terjadi gelombang yang ada disekitarnya. Begitu juga dengan

gelombang elektro-magnetik akan bergerak dari sumbernya ke semua arah baik secara vertikal maupun horisontal.

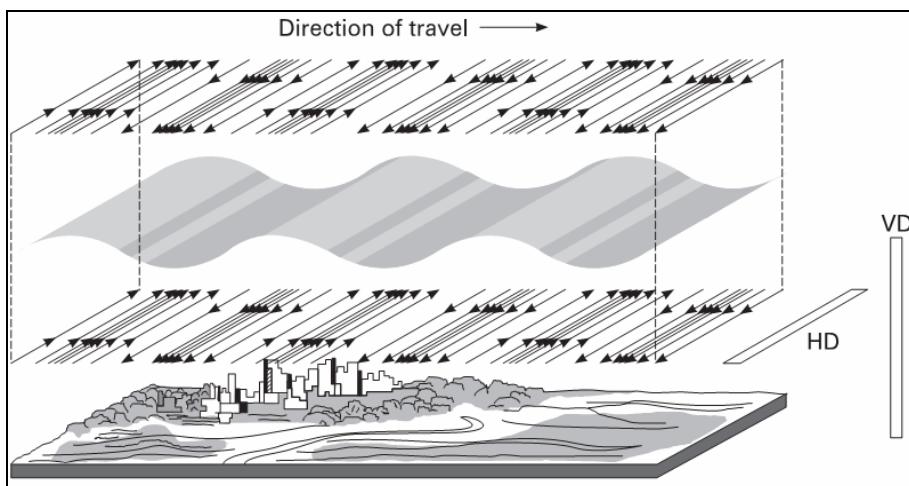
Untuk lebih jelasnya mengenai gambaran gelombang elektromagnetik yang bergerak dari sumbernya dalam bentuk polarisasi vertikal maupun horisontal dapat dilihat pada gambar 5.18.



Gambar 5.17. Pengiriman gelombang elektromagnetik oleh antena



Gambar 5.18. Polarisasi Gelombang Vertikal



Gambar 5.19. Polarisasi Gelombang Horisontal

Benda-benda seperti kayu, bangunan, pohon, besi dan lain sebagainya yang dilalui gelombang elektromagnetik dapat merubah jalannya gelombang tersebut. Benda-benda tersebut hanya bisa merubah gerak tanpa bisa menghentikan.

### 5.8.2. Spektrum Frekuensi Radio

Ketika terjadi gerakan elektron-elektron, maka akan membangkitkan gelombang elektromagnetis yang dapat menyebar melalui ruang kosong yang ada disekitarnya. James Maxwell pertama kali meramalkan keberadaan masalah ini pada

tahun 1865, dan kemudian Heinrich Hertz pertama kali menghasilkan dan mengamatinya pada tahun 1887.

Sekarang ini semua komunikasi modern bergantung pada manipulasi dan pengendalian sinyal isyarat spektrum elektromagnetik.

Spektrum gelombang elektromagnetik mencakup gelombang radio frekuensi rendah mulai dari 30 KHz, yang mempunyai panjang gelombang hampir dua kali garis tengah bumi Sampai frekuensi tinggi yang lebih dari 10 GHz, dengan panjang gelombang lebih kecil dibanding inti dari sebuah atom.

Spektrum elektromagnetik tersebut digambarkan sebagai suatu kemajuan logaritmik, dimana skala meningkat sampai 10 kalinya.

Gelombang elektromagnetik radio mempunyai batas frekuensi sendiri-sendiri, dan batas seluruh gelombang elektromagnet disebut dengan spektrum elektromagnet. Spektrum elektromagnetik meliputi daerah gelombang dengan frekuensi rendah sampai frekuensi tinggi.

Pada umumnya spektrum frekuensi radio yang merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai range antara 1 MHz sampai 300 MHz. Pada industri sendiri mendefinisikan spektrum gelombang radio antara 1 MHz sampai 1 GHz.

Range antara 1-30 GHz disebut dengan microwave dan 30-300 GHz disebut dengan millimeter wave. Spektrum gelombang radio dibagi menjadi beberapa bagian seperti terlihat pada tabel 5.3 di bawah.

Tabel 5.2. Spektrum Gelombang elektromagnetik

Radio waves	: 300GHz and lower (frequency)
Sub-millimeter waves	: 100 micrometers to 1 millimeter (wavelength)
Infrared	: 780 nanometers to 100 micrometers (wavelength)
Visible light	: 380 nanometers to 780 nanometers (wavelength)
Ultraviolet	: 10 nanometers to 380 nanometers (wavelength)
X-ray	: 120eV to 120keV (energy)
Gamma rays	: 120 keV and up (energy)

Tabel 5.3. Spektrum frekuensi radio dan aplikasi-aplikasi

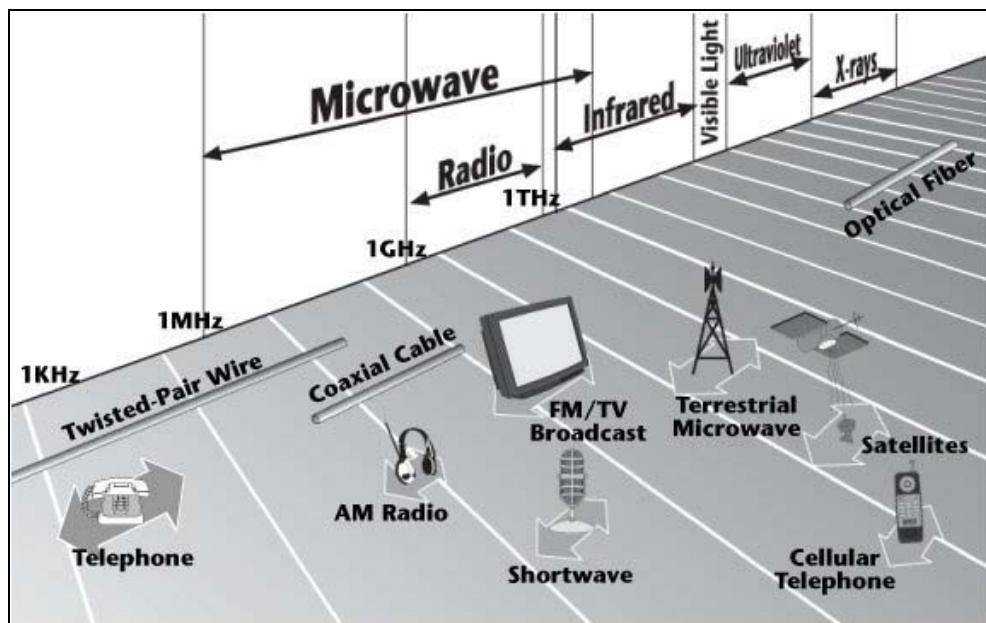
<b>Frequency band</b>	<b>Frequency range</b>	<b>Application areas</b>
Very Low Frequency (VLF)	3kHz to 30kHz	Radio navigasi, radio maritim atau komunikasi pada kapal.
Low Frequency (LF)	30kHz to 300kHz	Radio navigasi atau radio mobil
Medium Frequency (MF)	300kHz to 3MHz	Radio pemancar AM, radio aeronautical
High Frequency (HF)	3MHz to 30MHz	radio maritim dan radio aeronautical
Very High Frequency (VHF)	30MHz to 300MHz	Komunikasi bergerak, siaran FM, siaran TV, aeronautical mobile, radio panggil.
Ultra-High Frequency (UHF)	300MHz to 1GHz	Siaran TV, radio mobile satellite, komunikasi bergerak dan radio astronomy
L band	1GHz to 2GHz	Radio navigasi aeronautical, earth exploration satellite
S band	2GHz to 4GHz	Penelitian ruang angkasa, komunikasi satelit tetap.
C band	4GHz to 8GHz	komunikasi satelit tetap, meteorological satellite communication
X band	8GHz to 12GHz	komunikasi satelit tetap, penelitian ruang angkasa
Ku band	12GHz to 18GHz	Komunikasi satelit tetap dan bergerak, satelite broadcast
K band	18GHz to 27GHz	Komunikasi satelit tetap dan bergerak.
Ka band	27GHz to 40GHz	Komunikasi Intersatellite, mobile komunikasi satellite.
Millimeter	40GHz to 300GHz	Penelitian ruang angkasa, komunikasi Inter-satellite.

Pembagian band frekuensi tersebut di atas ditentukan oleh persetujuan internasional melalui International Telecommunication Union (ITU). Setiap aturan telekomunikasi-telekomunikasi pada suatu negara mempunyai kebijakan-kebijakan dalam pemakaian frekuensi. Bidang

frekuensi yang khusus untuk beberapa aplikasi tertentu dapat dilihat pada tabel 5.4 di bawah ini :

Tabel 5.4. Bidang frekuensi yang khusus untuk beberapa aplikasi

AM radio	535 to 1605 MHz
Citizen band radio	27MHz
Cordless telephone devices	43.69 to 50 MHz
VHF TV	54 to 72 MHz, 76 to 88 MHz, 174 to 216 MHz
Aviation	118 to 137 MHz
Ham radio	144 to 148 MHz 420 to 450 MHz
UHF TV	470 to 608 MHz 614 to 806 MHz
Cellular phones	824 to 849 MHz, 869 to 894 MHz
Personal communication services	901–902 MHz, 930–931 MHz, 940–941 MHz
Search for extra-terrestrial intelligence	1420 to 1660 MHz
Inmarsat satellite phones	1525 to 1559 MHz, 1626.5 to 1660.5 MHz



Gambar 5.20. Alat telekomunikasi dan spektrum elektromagnetik

### 5.9. Mode perambatan Gelombang elektro magnetik

Mode perambatan atau propagasi sinyal gelombang elektromagnetik ada dua yaitu: LOS dan non LOS. Pada ruang bebas atau hampa gelombang elektromagnetik dipancarkan keluar dari sumbernya ke segala arah. LOS (*line of sight*) merupakan cara pemancaran gelombang secara garis lurus (segaris pandang). Penentuan LOS sangat dipengaruhi oleh lengkungan bumi. Jika antara penerima dan tinggi antena pemancar tidak segaris lurus maka penerima tidak bisa menerima sinyal radio. Model sederhana untuk menentukan jarak LOS yang bisa dilalui antara dua titik pancar terima.

Penentuannya jaraknya adalah :

$$d^2 + r = (r + h)^2$$

Sehingga:

$$d^2 = (2r + h)h$$

Sehingga

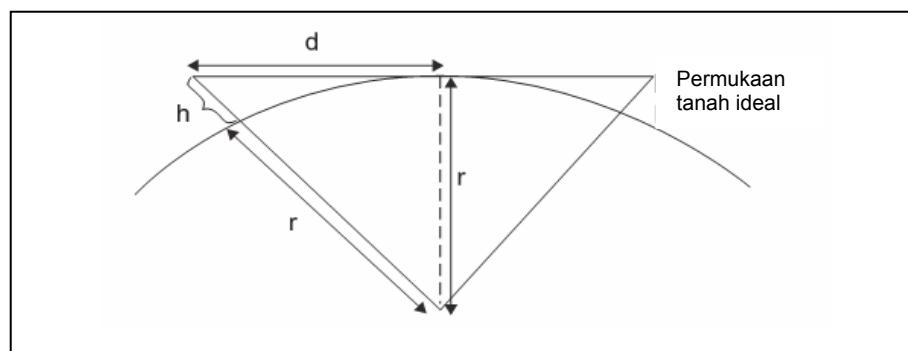
$$d \approx \sqrt{2rh}$$

Dimana :

Radius r bumi kira-kira : 3960 mil, h tinggi antena dalam feet (5280 feet = 1 mil), d jarak antar pancar terima radio secara horisontal

Sinyal gelombang radio dipengaruhi atmosfer bumi. Karena atmosfer sifatnya mengikuti lengkungan bumi walaupun juga ditentukan oleh kepadatan dan ketinggian, maka untuk menyesuaikan hal tersebut digunakan  $\frac{4}{3}$  radius bumi.

Persamaan di atas dapat dijelaskan dengan gambar di bawah ini :



Gambar 5.21. Perambatan LOS yang melalui lengkung bumi

Sehingga  $r = 5280$  mil. dan

$$d = \sqrt{2} \frac{4}{3} 3960 \frac{h}{5280}$$

Sehingga :

$$d \approx \sqrt{2}h$$

Gelombang elektromagnetik non LOS secara mekanis merambat tergantung dari besar operasi frekuensi nya. Pada VHF dan UHF perambatan indirect sering dilakukan. Selain itu misalnya : phone selular, pager, peralatan komunikasi militer. Kekurangan dari LOS adalah pada saat perambatan sering terjadi diffraction, refraction dan atau reflection. Keuntungan LOS adalah terbebas dari sky waves, troposphere waves dan ground waves. Sedangkan Kelemahan LOS merupakan keuntungan non LOS.

## 5.10. Perambatan Gelombang Radio

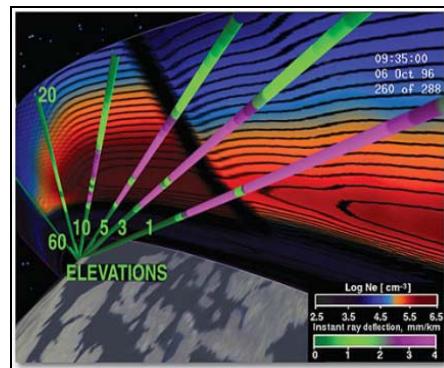
### 5.10.1. Ionosphere

Radiasi atau pancaran gelombang ultraviolet yang berasal dari matahari akan mengionkan molekul-molekul pada atmosphere. Semakin mendekati bumi intensitas gelombang ultra-

violet semakin kecil, hingga pada permukaan bumi tidak ada lagi atmosphere yang terionkan.

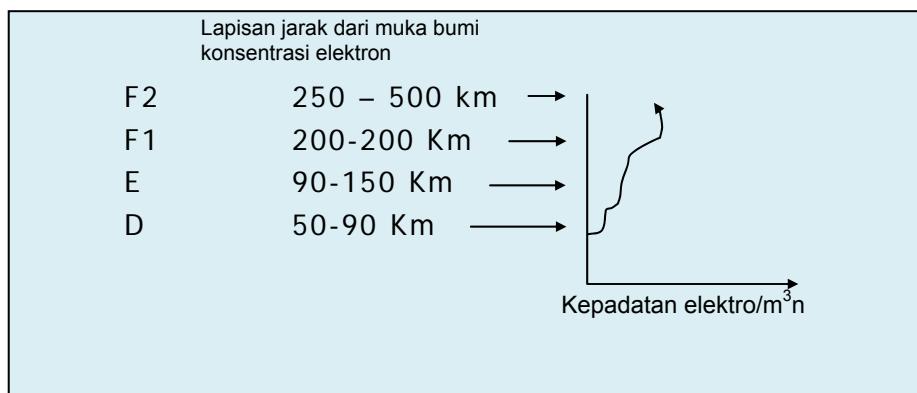
Pada lapisan ionosphere ini terdapat banyak elektron bebas yang bergerak secara acak dan mungkin saja akan bersatu kembali dengan ion positifnya untuk menjadi atom netral. Khususnya untuk daerah didekat dengan permukaan bumi sehingga akan membentuk atmosphere padat, maka kejadian bersatu kembali elektron dan ion sangat besar.

Tidak demikian halnya dengan lapisan ionosphere. Pada tempat yang sangat tinggi, atmosphere akan semakin renggang sehingga jumlah ion atau elektron bebas juga akan semakin sedikit sehingga konsentrasi ion juga kecil.



Gambar 5.22. Model ionosphere

Dalam ionosphere terdapat lapisan-lapisan yang konsentrasi ionnya berbeda dan otomatis pada ketinggian yang berbeda pula.

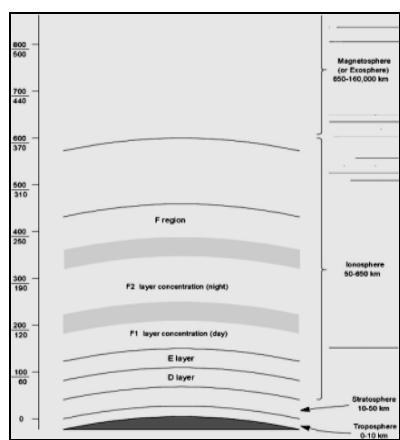


Gambar 5.23. Hubungan antara kepadatan elektron dan ketinggian

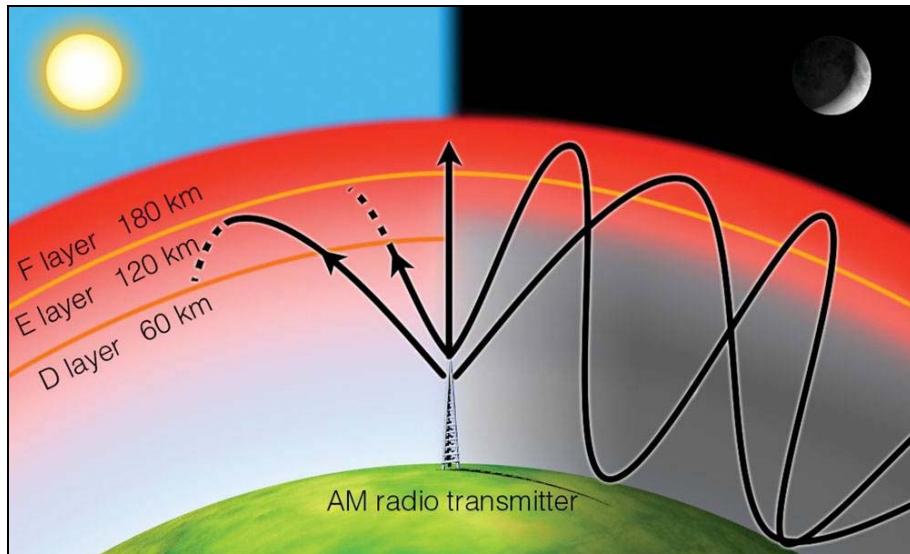
Ionosphere hanya akan ada pada saat ada intensitas matahari. Biasanya terjadi pada siang hari dan sangat menurun pada malam hari. Sifat ionosphere adalah memantulkan gelombang yang datang dengan sudut tertentu dan pada frekuensi MF.

Gelombang radio akan mengalami redaman pada setiap pantulan sehingga kuat medan yang diterima berbanding terbalik dengan jarak yang dilaluinya. Semakin tinggi frekuensi radio yang digunakan maka effek lapisan ionosphere juga semakin berkurang. Pada bandwidth atau pita frekuensi HF, VHF atau SHF maka gelombang radio akan langsung menembus lapisan ionosphere.

Selain sinyal gelombang dipantulkan oleh ionosphere, permukaan bumi juga berperan memantulkan sinyal gelombang elektromagnetik. Dengan adanya pemantulan gelombang yang dilakukan oleh lapisan ionosphere dan permukaan bumi maka sinyal dapat disampaikan akan sampai pada jarak yang sangat jauh.



Gambar 5.24. Lapisan Ionosphere



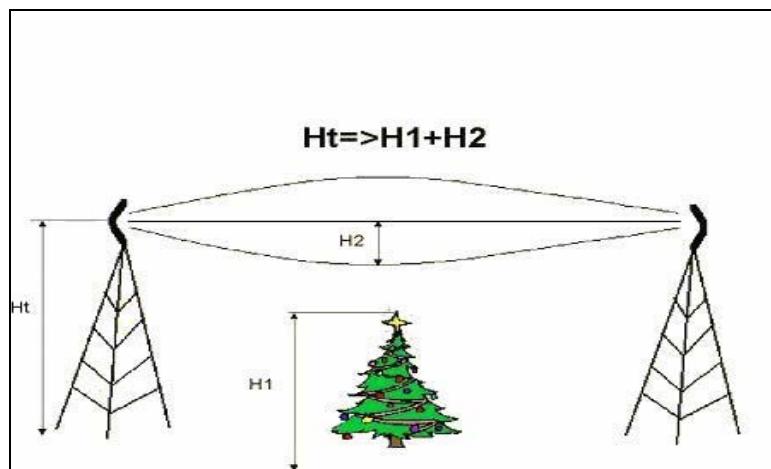
Gambar 5.25. Pantulan oleh permukaan bumi

Perambatan gelombang dengan pantulan oleh lapisan ionosphere ini sangat tidak stabil, seringkali sinyal dapat diterima kuat, seringkali diterima dengan sangat lemah sekali. Ketidak teraturan ini dikenal dengan nama fading (fade out = hilang sama sekali). Perhitungan yang dipakai adalah probability sistem transmisi pada suatu media tertentu akan hilang sama sekali. Misalnya, jika dikatakan fading sebesar 40 dB, hal ini berarti kemungkinan terjadi fading terbesar 40 dB. dan probability terjadi hal terjelek adalah  $P = 10^{-F/10}$ . Fading ini dapat terjadi secara cepat dapat

pula secara lambat tergantung pada gerak benda pemantulnya dalam hal ini lapisan ionosphere.

#### 4.10.2. Gelombang radio Mikro

Gelombang radio mikro adalah berupa gelombang radio yang menggunakan frekuensi VHF s/d SHF. Karena tingginya frekuensi yang digunakan maka gelombang ini merambat lurus karenanya dikenal dengan nama pancaran LOS (*Line of sight*).



Gambar 5.26. Dua antena terhubung melalui udara bebas

Gelombang radio mikro digunakan untuk membawa sinyal dari satu stasiun radio ke stasiun radio lainnya dengan jarak sekitar 60–100 km. Kadang untuk kebutuhan di dalam kota dapat juga digunakan untuk jarak dekat. Pada gelombang mikro ini banyak terjadi gangguan seperti adanya masalah redaman karena hujan, redaman karena halangan (*obstacle*) ataupun redaman karena lapisan udara yang memantul sangat mempengaruhi kinerjanya.

Sistem ini dapat membawa informasi digital dari 8 Mbps s/d 144 Mbps atau s/d 1920 VBW @ 64 Kbps. Untuk kecepatan yang lebih rendah dari kecepatan di atas maka sistem gelombang mikro ini tidak effisien.

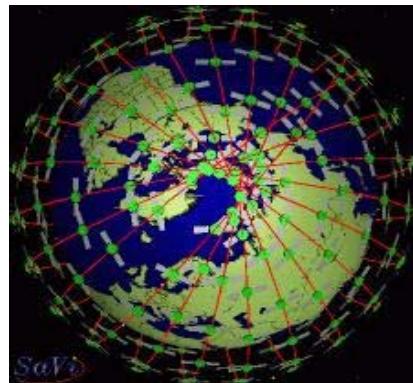
Keterbatasan gelombang mikro adalah fading yang besar dan jarak yang dicapai tidak terlalu jauh karena harus berupa sinyal LOS.

### 5.11. Sistem Komunikasi Satelit

Pengertian satelit sebenarnya adalah benda angkasa yang mengelilingi sebuah planet, misalnya planet bumi mempunyai satelit alam yaitu Bulan. Dalam sistem telekomunikasi maka manusia menempatkan sebuah benda angkasa buatan yang diisi dengan perangkat radio. Benda ini digunakan sebagai repeater di angkasa.



Gambar 5.27. Satelit komunikasi



Gambar 5.28. Satelit buatan

Satelit buatan, yang diluncurkan manusia, akan bergerak mengelilingi bumi dengan periode putar  $T$  sesuai dengan hukum Kepler. Orbit satelit adalah garis lengkung berderajat dua dengan salah satu fokusnya adalah pusat bumi. Kecepatan tempuh luas juring konstan. Pangkat dua periода putar sebanding dengan pangkat tiga setengah sumbu panjang.

Dari hukum kepler ketiga didapat :

$$T^2 = 4 \pi^2 a^3 / \mu$$

Dimana  $\mu = 400.000 \text{ km}^3/\text{s}^2$

Jika dipaksakan bentuk orbit harus lingkaran maka

$$T^2 = 4 \pi^2 (R+h)^3 / \mu$$

dimana  $R = \text{jari2}=6370 \text{ km}$ . bumi sedangkan  $h = \text{jarak satelit emuka bumi}$ . Dengan mengambil  $T = 24 \text{ jam}$  maka diperoleh harga  $h = 36.000 \text{ km}$ , dan  $R+h=42.400 \text{ km}$

Untuk harga  $R + h$  yang lain dan orbit berbentuk lingkaran maka dapat diperoleh harga  $T$  sebagai berikut:

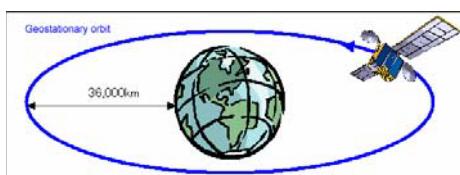
Tabel 5.5. Hubungan ketinggian satelit dan periода putar

Ketinggian (km)	Perioda putar/jam	Keterangan
400	1.6	LEO ( <i>Low Earth Orbit</i> )
700	1.7	LEO ( <i>Low Earth Orbit</i> )
1200	1.9	LEO ( <i>Low Earth Orbit</i> )
1600	2	LEO ( <i>Low Earth Orbit</i> )
4000	3	LEO ( <i>Low Earth Orbit</i> )
10000	6	MEO ( <i>Medium Earth Orbit</i> )
20000	12	MEO ( <i>Medium Earth Orbit</i> )
35780	24	GSO ( <i>geostasionary orbit</i> )

Satelite (*geostationary orbit*) GSO dengan ketinggian 35780 km telah lama digunakan sebagai repeater komunikasi di angkasa. Satelite ini bergerak dibidang khatulistiwa dengan periode putar 24 jam, sinkron dengan rotasi bumi.

Dengan demikian maka satelite ini akan terlihat tetap dari satu titik dibumi. Tiap satelite GSO sebenarnya dapat meliput 1/3 bagian bumi. Pada prakteknya daerah liputan ini dipengaruhi oleh jenis antena yang dipakai di satelite. Kita mengenal liputan global (1/3 bumi) atau liputan spot (hanya sebagian kecil saja dari bumi yang diliputnya). Besarnya liputan ini juga mempengaruhi power yang dipancarkan dan diterima oleh bumi. Jika liputannya global maka power yang diterima terbagi rata atas luas liputan.

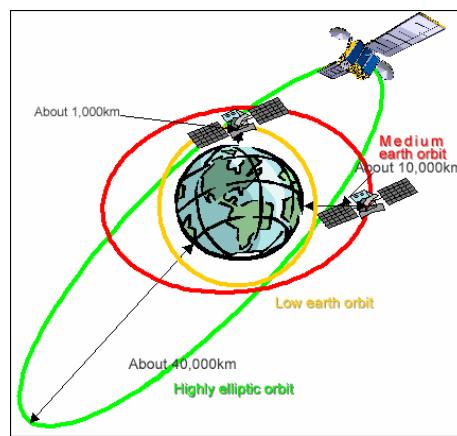
Masalah utama dari GSO ini adalah jaraknya yang jauh hingga dibutuhkan power pancar yang besar dan penerima yang mempunyai kepekaan yang tinggi. Di samping itu jarak yang besar juga menimbulkan masalah delay perjalanan gelombang.



Gambar 4.29. Satelite GSO

Untuk mengatasi masalah tersebut, sekarang ini telah dioperasikan satelite *Low Earth Orbit* (LEO) ataupun *Medium Earth Orbit* (MEO) yang berjarak kecil

dan delay kecil. Kesulitan utamanya LEO atau MEO adalah periode putarnya yang tidak sinkron dengan periode rotasi bumi. Kekurangan periode putar ini diatasi dengan menempatkan satelite LEO/MEO dalam suatu bentuk konstelasi yang terus bergerak dan meliput secara bergantian. Di samping itu ada komunikasi antara satelite untuk dapat terus melayani pemakainya.



Gambar 5.30. Satelite LEO, MEO dan HEO

Harga satelite GSO cukup mahal karena kapasitasnya besar dan kualitasnya harus sangat tinggi untuk menghadapi lingkungan di angkasa luar. Tetapi untuk menempatkan satelite tersebut maka kendaraan peluncurnya akan lebih mahal lagi dari pada harga satelitnya. Sebaliknya satelite LEO kapasitasnya tidak terlalu besar tetapi harus bekerja bersama dalam konstelasi banyak satelite. Umumnya, satelite LEO digunakan untuk komunikasi satelite bergerak.

Jumlah harga satelit yang disediakan dan harga kendaraan peluncurnya mungkin dapat lebih mahal dibandingkan dengan GSO. Tetapi jika diperhitungkan dengan investasi stasiun bumi, maka stasiun bumi LEO dapat dioperasikan dengan perangkat yang kecil saja dan antena juga tidak terlalu besar (sedikit lebih besar dari Hand phone ).

Satelit dalam perjalanan hidupnya harus selalu dikendalikan dari bumi supaya kerja dan kedudukannya tidak menyimpang dari ketentuan. Untuk pengendalian diperlukan bahan bakar terutama pada saat satelit memasuki orbitnya. Selanjutnya satelit mengorbit pada lintasanya sesuai dengan koordinat yang telah ditetapkan. Untuk kepentingan ini tenaga yang berperan penting adalah sel surya. Sel surya inilah yang ada pada satelit jumlahnya tidak tak terbatas. Jika ada kerusakan sel surya atau habis masa pakainya (*life time*), maka habislah umur satelit ini. Dari uraian di atas, maka umur satelit ditentukan oleh ketahanan sel surya yang terpasang.

Pada Satelit PALAPA menggunakan frekuensi 6 GHz untuk pancaran dari bumi ke satelit (*Up link*) dan 4 GHz untuk pancaran dari satelit ke bumi (*Down link*). Pita frekuensi yang dibawanya adalah 500 MHz terbagi dalam 12 kanal satelit (*transponder*).

Tiap pemancar stasiun bumi dapat memancarkan gelombang pembawanya pada salah satu kanal (*transponder*) dengan lebar pita frekuensi sesuai kebutuhan-

nya. Gelombang pem-bawa ini akan diterima oleh satelit kemudian diperkuat dan selanjutnya dipancarkan kembali ke bumi. Pancaran satelit ini adalah pancaran *broadcast* yang dapat diterima oleh semua stasiun bumi penerima di daerah liputannya.

Berdasarkan sifat pancar dan terima satelit ini, maka satelit dapat menghubungkan titik dimana atau kemanapun dalam daerah lingkupannya. Hubungan yang mungkin adalah hubungan *point to point*, *point to multipoint*, *multipoint to multipoint*.

Penentuan lokasi stasiun bumi juga sangat bebas dan dapat dipasang hanya dalam orde hari saja jika perangkatnya sudah ada. Tidak seperti pembangunan sistem terestrial yang membutuhkan waktu lama. Di samping itu permasalahan fading tidak menjadi masalah yang besar untuk komunikasi satelit.

## 5.12. Konstruksi dan Pemasangan Kabel

### 5.12.1. Pengertian

Pada bagian ini akan dijelaskan konstruksi dan cara pemasangan kabel yang dipakai dalam sistem telepon. Namun sebelumnya akan diberi penjelasan tentang seluk beluk tentang kabel itu sendiri.

Kabel merupakan kum-pulan dari beberapa pasang (pair) konduktor berisolasi. Kabel yang digunakan dalam sistem telepon biasanya dengan kapasitas 5x2, 10x2, 20x2, 100x2, 1200x2,

1800x2 dan seterusnya. Kabel-kabel yang demikian biasanya disebut kabel *multipair*.

Berikut ini Contoh untuk memahami kabel *multipair*.

Bila dikatakan suatu kabel dengan 1200x2, artinya kabel tersebut terdiri dari kawat-kawat berisolasi sebanyak 1200 pasang atau 1200x2 kawat.

Bila satu kawat kabel disebut urat, jadi 1200x2 berarti mempunyai 2400 urat kabel.

Urat kabel adalah kawat kabel yang berisolasi polietilen (PE) atau kertas.

### 5.12.2. Membedakan Kabel

Kabel yang dipakai untuk saluran telepon dibedakan menjadi dua, yaitu :

#### a. Kabel udara.

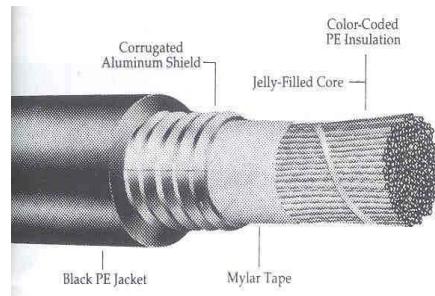
Kabel ini dinamakan demi-kian karena memang dalam pemasangannya berada di atas tanah (udara) atau dipasang pada tiang.



Gambar 5.31. Urat-urat kabel udara

#### b. Kabel tanah

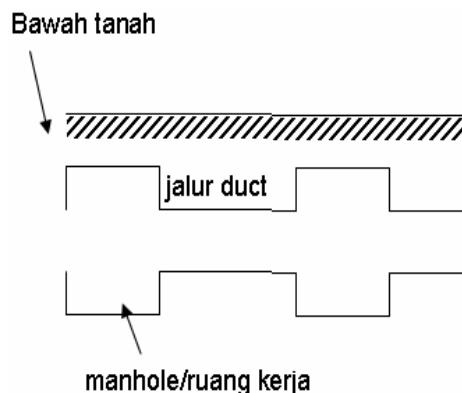
Kabel ini ditanam langsung bawah tanah. Pemasangannya tanah digali untuk tempat kabel ditanam.



Gambar 5.32. Kabel tanah tanam langsung

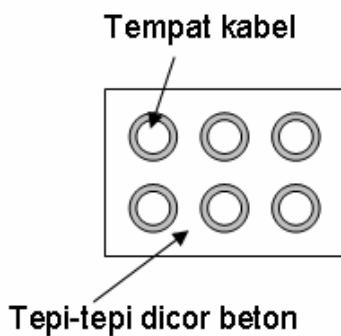
Selain kabel ditanam langsung dalam tanah, ada cara lain untuk menempatkan kabel tersebut, yaitu dengan dimasukkan pada *duct*.

Duct adalah kumpulan dari beberapa polongan-polongan pipa (biasanya paralon) yang dicor dengan semen. Arah memanjang merupakan jalur dan setiap jarak tertentu diberi ruangan *manhole*. Ruangan ini adalah sebagai tempat kerja.



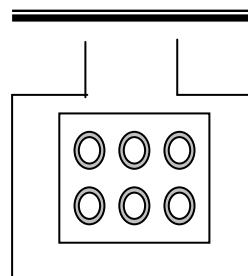
Gambar 5.33. Jalur duct dengan manhole

Berikut ini adalah gambar penampang *manhole* yang dipakai sebagai tempat untuk memasukkan kabel, memperbaiki, memasang dan sebagainya. Orang yang bekerja masuk dalam *manole* tersebut. Apabila pekerjaan terkait dengan kabel telah selesai, maka *manole* ditutup dengan beton yang cor pula.



Gambar 5.34. Penampang duct dengan 6 polongan

Sebagai ruang kerja, *manhole* harus cukup longgar untuk ukuran manusia normal. Gambar di bawah ini merupakan penampang *manhole*.



Gambar 5.35. Penampang manhole

### 5.12.3. Menentukan Daerah/Blok

Dalam menentukan daerah penarikan kabel telepon, baik yang lewat udara maupun akan ditanam di bawah tanah, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Daerah catuan langsung, ini merupakan area yang berdekatan sekali disekitar sentral telepon. Apabila terjangkau, maka dapat dicatuh langsung.
- Daerah dekat rumah kabel
- Daerah dekat dengan titik pembagi
- Daerah sentral lokal, antara sentral sat dengan yang lain
- Wilayah sekitar perkotaan yang potensial sebagai pengguna jasa telekomunikasi.

#### **5.12.4. Pekerjaan Instalasi Kabel Udara**

Pekerjaan instalasi kabel udara adalah pekerjaan memasang kabel telepon sebagai kabel sekunder pada tiang-tiang telepon untuk daerah perkotaan. Pada daerah yang tidak padat dan berdekatan dengan sentral telepon, kabel ini merupakan kabel dengan catuan langsung yang ditarik dari sentral ke titik pembagi.

Kabel udara diinstalasi sebagai jaringan pada daerah yang banyak rumah dan gedung dengan letak yang cukup jauh. Hal ini dilakukan karena penanaman kabel tanah secara permanen belum dapat dilakukan.

Tahapan-tahapan pekerjaan instalasi kabel udara dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Tahapan penanaman tiang dan pemasangan temberang (se-macam kawat penarik).
- b. Tahapan pemasangan alat-alat bantu, seperti klem-klem dan komponen lainnya.
- c. Tahapan menggelar kabel udara dan membentangkan, serta mengatur kelenturannya. Dalam hal ini perlu dijaga kondisi kabel agar secara fisik dan sifat-sifat elektriknya tidak terganggu.
- d. Tahapan penyambungan, ini dilakukan apabila ada kabel yang perlu disambung.
- e. Tahapan terakhir adalah terminasi ujung urat-urat kabel. Terminasi dilakukan pada klem terminal seperti pada titik

pembagi yang ada di gedung-gedung atau tiang telepon.

#### **5.12.5. Persiapan Alat Perkakas**

Sebelum pelaksanaan pemasangan atau penarikan kabel udara, yang perlu dipersiapkan dengan baik adalah perlengkapan-perlengkapan berikut ini.

- a. Rol kabel udara, rol ini dipasang pada tiap jarak di mana rencana penarikan akan dilakukan.
- b. Tali penarik/tambang dengan diameter 0,5" dengan panjang 60-70 meter, diusahakan pada tali tidak boleh ada sambungan karena dimungkinkan akan menghambat pada putaran dan aluran rol.
- c. Katrol penarik, alat ini diperlukan untuk menambah kekuatan daya tarik pada saat dilakukan pekerjaan penarikan kabel udara. Perlu diperhatikan pula adalah bagaimana kabel itu akan ditarik dari atas ataukah dari bawah.
- d. Dongkrak untuk meng-angkat gelondong kabel. Hal ini dilakukan agar kabel dapat terangkat kurang lebih 20 cm di atas permukaan tanah.
- e. Alat anti pulir, alat ini berfungsi untuk menyerap puliran yang tidak beraturan. Seperti diketahui bahwa kabel yang ditarik akan terpulir, maka ini akan mempengaruhi bentuk fisik yang akibatnya bisa berdampak pada perubahan sifat elektrik. Untuk itu puntiran kabel harus diatasi.

### **5.12.6. Pelaksanaan Penarikan**

Pekerjaan ini adalah pekerjaan yang membutuhkan kehati-hatian dan kecermatan. Untuk itu yang harus diperhatikan yaitu :

- a. Pada saat penarikan dilakukan, pengawas lapangan bertanggung jawab penuh. Setiap perintah yang diberikan harus diperhatikan dan tepat pelaksanaannya.
- b. Setiap putaran rol pelicin harus diperhatikan, agar penarikan kabel menjadi ringan.
- c. Penarikan pada tikungan tajam dilakukan dengan mengambil jalur arah tarik di mana panjang kabel pada tiang-tiang lebih terlihat.
- d. Kelenturan kabel perlu dijaga sekitar 2% dari jarak gawang.

j.

- e. Penarikan pada tikungan harus diperhatikan putaran rol pelicinnya, bila meleset penarikan dihentikan dan segera membetulkan letak kabel.

Ada kalanya kabel yang kurang panjang disambung. Untuk itu perlu dilakukan penyambungan. Alat atau perkakas untuk pelaksanaan penyambungan yang diperlukan adalah :

- a. Meteran
- b. Pisau pemotong / pembelah kulit kabel
- c. Pengupas isolasi urat kabel
- d. Knip tang
- e. Kombinasi tang
- f. Crimping tool
- g. Gergaji besi
- h. Alat las sederhana
- i. Kunci pas (wrench)

### **5.13. Rangkuman**

Dari uraian tersebut diatas maka dapat ambil inti pembahasan pada bagian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk dapat melakukan komunikasi dengan baik atau kesalahan dan kerusakan yang kecil atau bahkan nol, maka sistem komunikasi sangat perlu direncanakan dengan sebaik-baiknya terutama pada pemilihan media transmisi yang sesuai dengan data yang dikirim.
2. Media transmisi adalah suatu jalan yang secara fisik tersambungnya komputer, alat-alat komunikasi, ataupun orang-orang di sebuah jalan raya dan jalan-lintas super informasi.
3. Ada lima bagian penting pada media transmisi yang perlu diketahui yaitu : *circuit, channel, line, trunk, dan virtual circuit*.
4. Media transmisi untuk menyampaikan sinyal gelombang elektromagnetik dibedakan menjadi dua yaitu *Guided* dan *Unguided*.
5. Media *guided* adalah media dimana gelombang elektromagnetik dipandu dari transmitter menuju receiver dan media transmisinya secara fisik dapat dilihat secara langsung. Media guided misalnya : kabel tembaga *twisted pair*, kabel coaxial, serat optik dan lain-lain.
6. Media *unguided* merupakan media telekomunikasi yang tidak memerlukan kabel sebagai penghantarnya. Media *unguided* berupa gelombang radio yang tidak bisa dilihat oleh mata.

### **5.14. Soal Latihan**

Kerjakan soal-soal dibawah ini dengan baik dan benar.

1. Apa yang dimaksud dengan media transmisi.
2. Media transmisi ada dua, sebutkan masing-masing media transmisi beserta karakteristiknya.
3. Hal-hal apakah yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan media transmisi.
4. Pada media transmisi serat optik sekarang sangat banyak digunakan sebutkan kekurangan dan kelebihan yang dimiliki oleh media tersebut.
5. Pada media transmisi tanpa kabel sekarang telah berkembang pesat, apa yang menyebabkan hal tersebut terjadi.



# BAGIAN 6

## ANTENA

### TELEKOMUNIKASI

#### Tujuan

- Setelah mempelajari bagian ini diharapkan dapat:
5. Mengetahui peranan antena pada sistem telekomunikasi.
  6. Memahami macam dan bentuk antena yang digunakan dalam sistem telekomunikasi.
  7. Mengetahui bagian-bagian antena yang digunakan dalam sistem telekomunikasi.

#### 6.1. Pendahuluan

Dalam sejarah komunikasi, perkembangan teknik informasi tanpa menggunakan kabel ditetapkan dengan nama "Antena". Antena berasal dari bahasa latin "Antena" yang berarti tiang kapal layar". Dalam pengertian sederhana kata latin ini berarti juga "penyentuh atau peraba" sehingga kalau dihubungkan dengan teknik komunikasi berarti bahwa antena mempunyai tugas menyelusuri jejak gelombang elektromagnetik, hal ini jika antena berfungsi sebagai penerima. Sedangkan jika sebagai pemancar maka tugas antena tersebut adalah menghasilkan sinyal gelombang elektromagnetik.

Antena dapat juga definisikan sebagai sebuah atau sekelompok konduktor yang digunakan untuk memancarkan

atau meneruskan gelombang elektromagnetik menuju ruang bebas atau menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas. Energi listrik dari pemancar dikonversi menjadi gelombang elektromagnetik dan oleh sebuah antena yang kemudian gelombang tersebut dipancarkan menuju udara bebas. Pada penerima akhir gelombang elektromagnetik dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan antena.

Sinyal gelombang radiasi elektromagnetik yang berasal dari antena terdiri dari dua komponen yaitu medan listrik dan medan magnetik. Energi total tersebut dipancarkan dalam bentuk gelombang yang hampir konstan ke udara bebas dan ada beberapa yang terserap oleh tanah. Namun

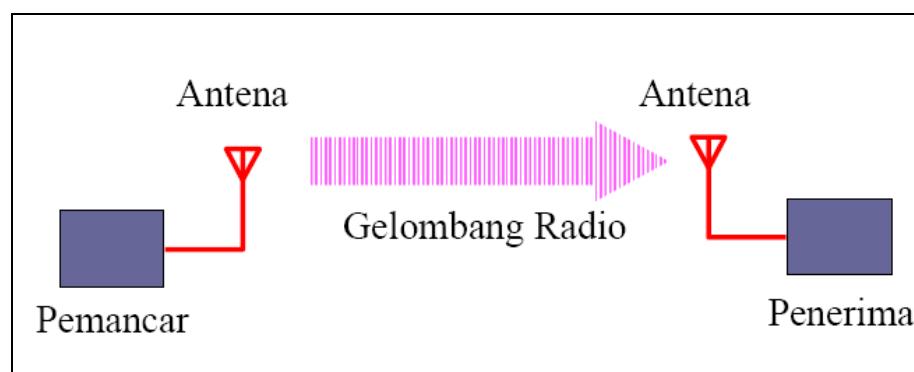
demikian gelombang tersebut dipancarkan ke segala arah, hal ini disebabkan oleh jumlah energi yang dipancarkan berkurang kekuatannya sebagai akibat dari jarak yang semakin jauh dari sumbernya.

Rancangan sebuah antena sangat penting dalam sebuah stasiun pemancar. Hal ini dikarenakan antena harus melakukan kerja memancarkan gelombang secara efisien sehingga catu daya sebagai sumber tenaga pemancar tidak menjadi sampah tetapi benar-benar menjadi energi gelombang radio. Pemancar yang efisien harus menggunakan antena yang mempunyai ukuran pasti yang ditentukan oleh besar frekuensi pancarnya.

Secara phisik ukuran sebuah antena harus proporsional dengan panjang gelombang. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka akan semakin kecil ukuran antena yang digunakan. Hal yang penting

dalam antena adalah bahwa antena pemancar dibagi menjadi dua klasifikasi dasar yaitu: Antena Hertz (*half-wave*) dan Antena Marconi (*quarter-wave*). Antena hertz biasanya dipasang sepanjang dengan ground dan diposisikan untuk memancarkan gelombang vertikal ataupun horisontal.

Antena marconi (*quarter-wave*) dioperasikan dengan sebuah akhir yang ditanahkan dan disambung secara tegak lurus menuju tanah atau permukaan yang berfungsi sebagai ground. Antena hertz biasanya digunakan untuk operasi frekuensi sebesar 2MHz atau diatasnya, sedangkan antena marconi digunakan untuk operasi frekuensi di bawah 2 MHz. Antena yang digunakan dalam berkomunikasi harus memiliki sifat-sifat antena yang ideal supaya mendapatkan hasil komunikasi yang baik, walaupun hal ini tidak pernah terjadi. Sifat-sifat antena yang ideal antara lain:



Gambar 6.1. Komunikasi menggunakan antena

1. Menerima secara efisien sinyal-sinyal yang diinginkan tanpa memindah band.
2. Secara normal mempunyai sifat *omnidirectional*, baik untuk gelombang panjang maupun pendek. Antena *directional* dibutuhkan untuk gelombang VHF/UHF maupun gelombang mikro.
3. Mempunyai perubahan resistensi dan reaktansi yang kecil terhadap perubahan frekuensi sinyal.
4. Efek pemudaran (*fading*) seminimal mungkin, baik untuk gelombang panjang, medium maupun gelombang pendek.
5. Efek interferensi dari instalasi listrik dalam rumah sekecil mungkin.
6. Harus tahan karat atau kerusakan terhadap cuaca dan juga mudah pemasangannya
7. Antena harus murah dan baik dipandang.

Antena, baik antena penerima maupun pemancar

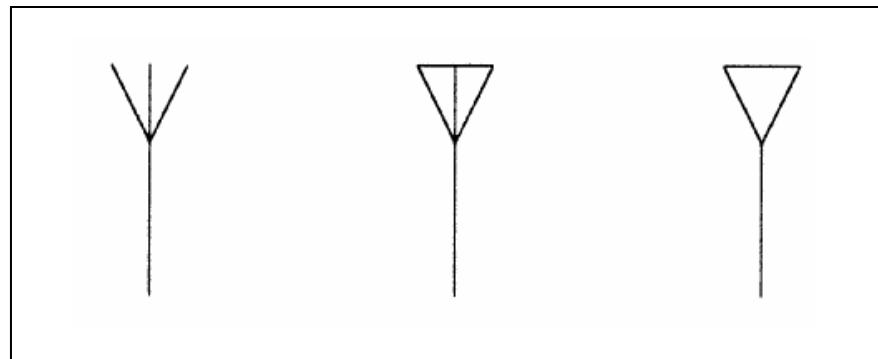
mempunyai simbol seperti di gambar 6.2.

Berdasarkan fungsinya antena dibedakan dalam 2 macam yaitu : antena pemancar dan antena penerima. Sifat antena ada dua yaitu omnidirectional dan directional.

Semua antena secara umum baik bentuk dan ukurannya mempunyai empat karakteristik dasar yaitu *reciprocity*, *directivity*, *gain*, dan *polarization*.

## 6.2. Reciprocity

Reciprocity merupakan sebuah kemampuan untuk menggunakan antena yang sama pada kedua antena, baik antena pemancar maupun penerima. Karakteristik listrik pada sebuah antena yang terpasang akan sama secara umum apakah menggunakan antena sebagai pemancar maupun sebagai penerima.

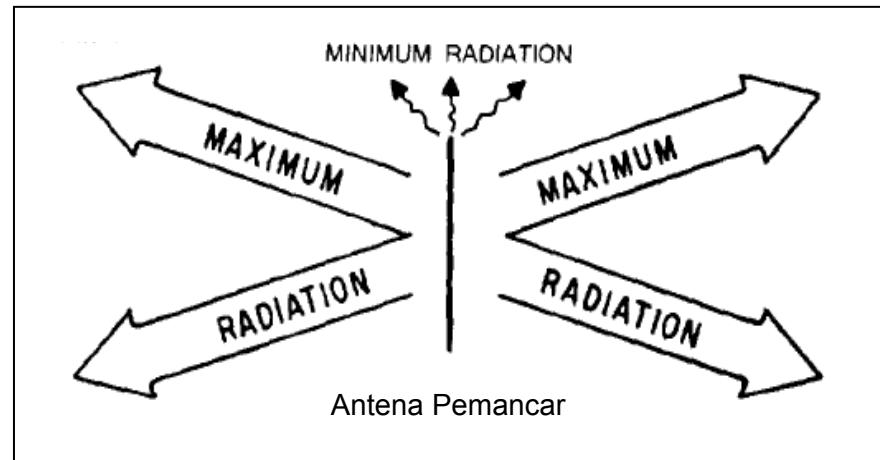


Gambar 6.2. Simbol Antena

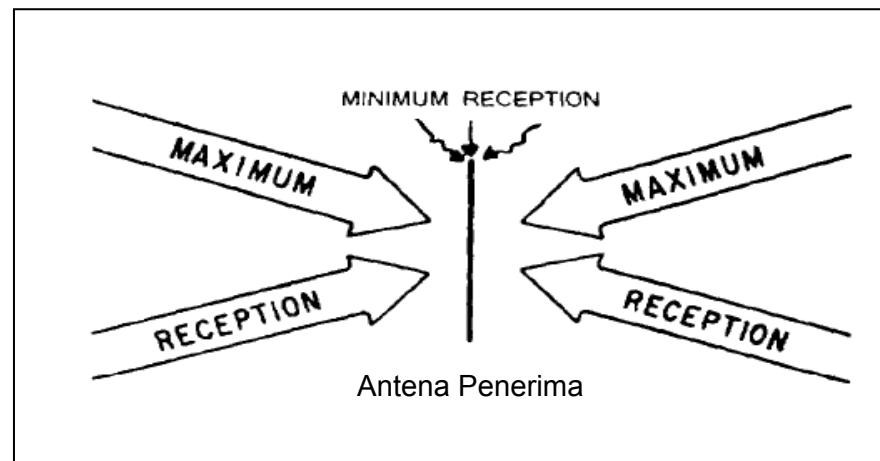
Supaya memperoleh efisiensi yang baik perlu menggunakan antena yang memancarkan atau menerima sinyal pada gelombang frekuensi dengan antena yang bekerja pada frekuensi yang sama.

Ketika antena digunakan untuk mengirimkan maksimum

radiasi terjadi pada sudut kanan. Ketika antena yang sama digunakan untuk menerima maka akan terjadi penerimaan yang sangat baik. Antena yang mempunyai sifat *reciprocity* dapat digambarkan seperti pada gambar 6.3. dan 6.4.



Gambar 6.3. Antena reciprocity antena pemancar



Gambar 6.4. Antena reciprocity pada penerima

### **6.3. Directivity**

*Directivity* dari sebuah antena atau deretan antena diukur pada kemampuan yang dimiliki antena untuk memusatkan energi dalam satu atau lebih ke arah khusus. Antena dapat juga ditentukan pengaruhnya tergantung dari pola radiasinya. Dalam sebuah array propagasi akan diberikan jumlah energi, gelombang radiasi akan dibawa ketempat dalam suatu arah. Elemen dalam array dapat diatur sehingga akan mengakibatkan perubahan pola atau distribusi energi lebih yang memungkinkan ke semua arah. Suatu hal yang tidak sesuai juga memungkinkan. Elemen dapat diatur sehingga radiasi energi dapat dipusatkan dalam satu arah.

#### **6.3.1. Gain (Penguatan Antena)**

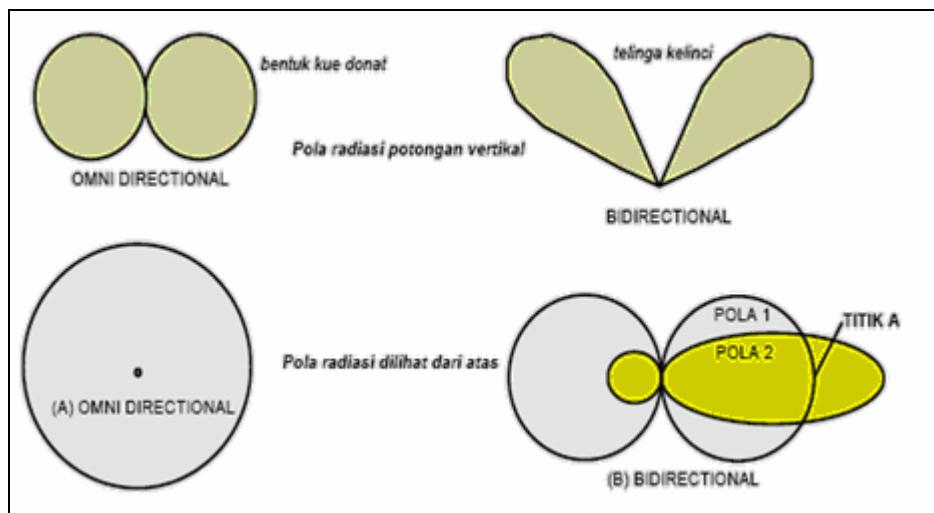
Pancaran gelombang radio oleh antena semakin jauh akan semakin lemah, melemahnya pancaran itu berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya, jadi pada jarak dua kali lipat keuatannya menjadi  $1/2^2$  atau seperempatnya. Angka tersebut masih belum memperhitungkan melemahnya pancaran karena hambatan lingkungan dalam perjalannya.

Selain sifat tersebut di atas, sifat lain dari antena adalah bahwa kekuatan pancaran ke berbagai arah cenderung tidak sama. Pancaran gelombang radio oleh antena vertikal mempunyai kekuatan yang sama ke segala arah mata angin, sifat pancaran semacam inilah yang dinamakan *omnidirectional*. Pada antena dipole, pancaran ke arah tegak lurus bentangannya besar sedang pancaran ke samping sinyalnya kecil, pancaran semacam ini disebut *bidirectional*.

Beberapa antena harus mempunyai pengarahan yang sangat baik. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan energi pancaran yang lebih tinggi dalam suatu arah tertentu dibandingkan lainnya.

Perbandingan jumlah dari energi yang dipancarkan dalam arah dan energi tersebut yang seharusnya dipropagaskan jika antena tersebut tanpa diarahkan atau disebut penguatan. Penguatan antena konstan jika antena tersebut digunakan sebagai antena pemancar atau antena penerima.

Dalam teknik radio, kekuatan pancaran ke segala arah digambarkan sebagai pola pancaran (*radiation pattern*) seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6.5. Pola Radiasi Antena

Pola 1 adalah pola pancaran antena dipole (antena 1), apabila ada antena lain (antena 2) yang mempunyai pola radiasi seperti pada pola 2, maka titik A akan menerima sinyal lebih kuat daripada pancaran antena 1, dapat dikatakan bahwa antena 2 mempunyai penguatan (*Gain*). Gain dinyatakan dengan dB, sebagai pembanding untuk menentukan besarnya gain adalah dipole.

### 6.3.2. Polarisasi

Gelombang elektromagnetik yang melaju di udara atau di angkasa luar terdiri atas komponen gaya listrik dan komponen gaya magnet yang tegak lurus satu sama lain seperti yang telah diuraikan pada bab sebelumnya. Gelombang radio yang memancar dapat dikatakan terpolarisasi sesuai arah komponen gaya listriknya. Untuk antena dipole

maka polarisasinya searah dengan panjang bentangannya. Bila antena tersebut dipasang horizontal, maka polarisasinya horizontal pula. Agar dapat menerima gelombang elektromagnetik secara baik, maka antena harus mempunyai polarisasi yang sama dengan polarisasi gelombang radio yang datang.

Arah polarisasi ini akan tetap sepanjang lintasan gelombang elektromagnetik, kecuali bila gelombang tersebut sudah dipantulkan oleh ionosphere, maka polarisasinya bisa berubah. Oleh karena itu antena untuk keperluan komunikasi jarak jauh pada HF atau MF dapat dibuat vertikal atau horizontal. Pada band MF dan HF, biasanya kita gunakan polarisasi horizontal sedangkan untuk VHF biasa digunakan polarisasi vertikal.

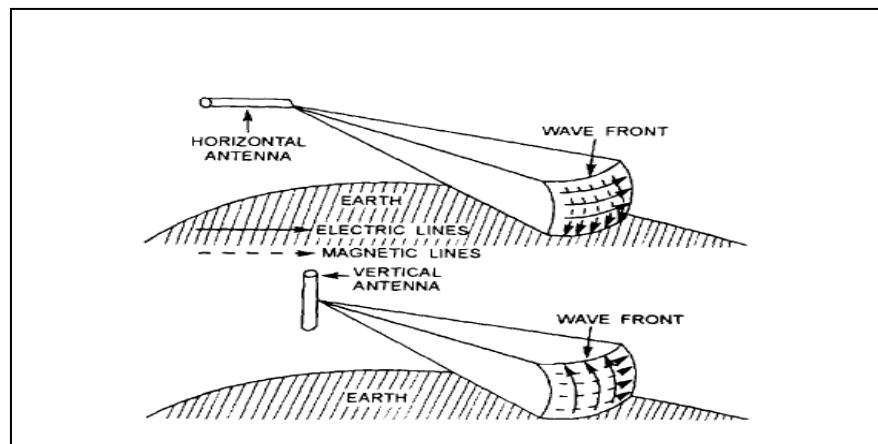
Pancaran gelombang VHF tidak menggunakan pantulan ionosphere, hal ini supaya polarisasi nya sampai ke antena pesawat lawan bicara masih tetap vertikal.

Energi yang berasal dari antena yang dipancarkan dalam bentuk *sphere*, dimana bagian kecil dari *sphere* disebut dengan *wave front*. Posisi garis tegak lurus yang pengarahan dari medan radiasi dapat dilihat pada gambar 5.6. Pada umumnya semua titik pada gelombang depan sama dengan jarak antara antena. Selanjutnya dari antena tersebut, gelombang akan membentuk kurva yang kecil atau mendekati. Dengan mempertimbangkan jarak, *right angle* ke arah dimana gelombang tersebut dipancarkan, maka polarisasi dapat digambarkan sebagaimana gambar 6.6.

Radiasi gelombang elektromagnetik dibangkitkan oleh medan magnetik dan gaya listrik yang selalu berada di sudut

kanan. Kebanyakan gelombang elektromagnetik dalam ruang bebas dapat dikatakan berpolarisasi linier. Arah dari polarisasi searah dengan vektor listrik. Bawa polarisasi tersebut adalah jika garis medan listrik yang disebut dengan garis E adalah membentuk garis horizontal, dan gelombang tersebut dikatakan sebagai polarisasi horizontal. Dan jika E berupa garis vertikal maka gelombang dapat dikatakan sebagai polarisasi vertikal.

Pemasangan antena secara horizontal maka akan menghasilkan gelombang polarisasi horizontal dan pemasangan antena secara vertikal akan menghasilkan gelombang polarisasi vertikal. Secara umum polarisasi sebuah gelombang tidak berubah pada jarak yang pendek. Sehingga pengiriman dan penerimaan antena dapat diatur sesukanya, khususnya jika antena tersebut dipisahkan dalam jarak yang pendek.



Gambar 6.6. polarisasi Horisontal dan vertikal

Melalui jarak yang jauh, polarisasi dapat berubah, dimana perubahan ini biasanya sangat kecil dan terjadi pada frekuensi yang rendah, atau mengalami penurunan yang sangat dratis pada frekuensi tinggi.

Pada transmisi RADAR sinyal diterima yang secara kenyataan adalah gelombang yang dipantulkan dari obyek, Sinyal polarisasi berbeda tergantung dengan tipe obyek, tanpa pengaturan posisi dari antena penerima supaya lebih baik untuk pengiriman sinyal. Dengan memisahkan antena yang digunakan untuk memancarkan dan penerimaan, sebuah antena penerima umumnya dipolarisasi dalam arah yang sama sebagai antena pemancar.

Ketika antena pemancar terjadi hubung singkat dengan tanah, maka akan terjadi polarisasi vertikal, karena gelombang polarisasi vertikal menghasilkan sinyal lebih besar dan kuat sepanjang permukaan tanah.

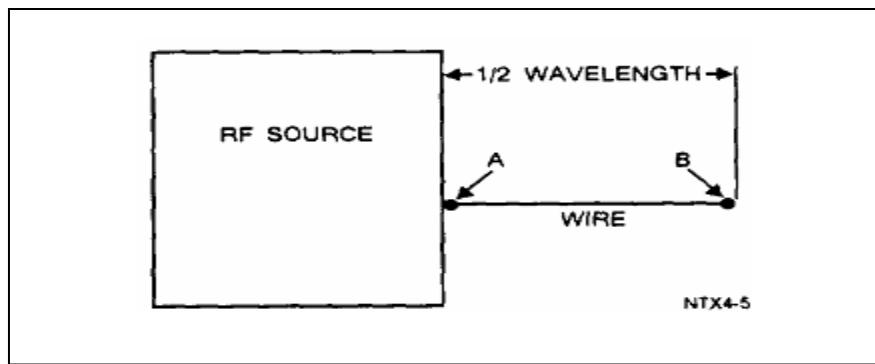
Pada tempat lain ketika antena memancarkan dengan jarak yang tinggi dari permukaan tanah, akan terjadi polarisasi horizontal dan memungkinkan kuat sinyal menuju permukaan tanah.

#### 6.4. Radiasi Energi Gelombang Elektromagnetik

Berbagai macam faktor yang mempengaruhi antena dalam memancarkan energi gelombang elektromagnetik. Jika sebuah gelombang bolak-balik dipasang pada ujung A dari kawat antena AB, selanjutnya pada ujung B akan bebas, keberadaan rangkaian dan gelombang selanjutnya tidak bisa bergerak.

Pada titik tersebut terjadi apa yang dinamakan impedansi tinggi. Gelombang akan menyebabkan reaksi gelombang balik dari titik impendansi tinggi dan bergerak menuju ke point starting, dimana jika terjadi pantulan kembali. Secara teoritis energi suatu gelombang harus mengalami disipasi oleh tahanan dari kawat selama pergerakan *back-and-forth* atau yang sering disebut osilasi.

Tiap jangkauan gelombang dari titik permulaan yang dikuatkan oleh impulse dari energi, cukup untuk menghilangkan energi selama pengiriman sepanjang kawat. Hasil osilasi ini berlanjut sepanjang kawat dan tegangan tinggi pada ujung A dari sebuah kawat. Osilasi ini memindahkan energi sepanjang antena pada kecepatan yang sama dengan frekuensi dari tegangan gelombang RF dan memperpanjang sifat dari impuls pada titik A.

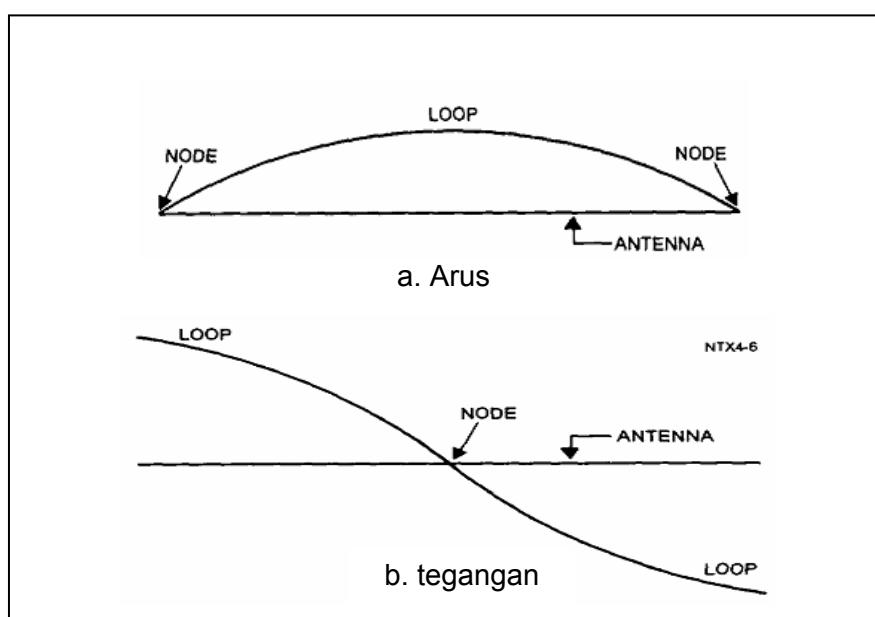


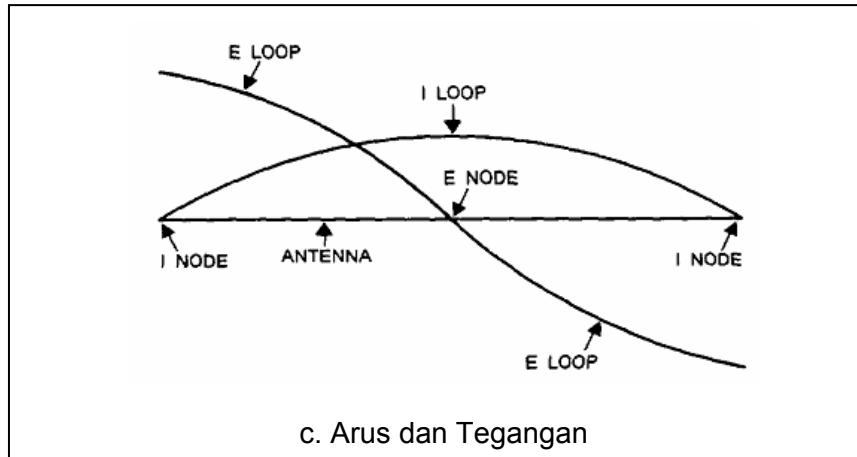
Gambar 6.7. Antena dan sumber RF

Kecepatan data gelombang frekuensi yang bergerak sepanjang kawat adalah dengan kecepatan konstan kira-kira 300.000.000 meter per detik. Panjang antena harus disesuaikan dengan gelombang yang akan bergerak dari satu ujung ke ujung lainnya dan kembali lagi selama satu periode dari tegangan RF. Jarak perjalanan gelombang selama periode dalam satu cycle

diketahui sebagai panjang gelombang. Di mana hal tersebut dapat dicari dengan pembagian kecepatan pergerakan dengan frekuensi.

Perhatikan distribusi arus dan tegangan pada antena yang ditunjukkan pada gambar 5.8. Gerakan maksimum dari elektron-elektron pada pusat antena adalah mempunyai impedansi rendah.





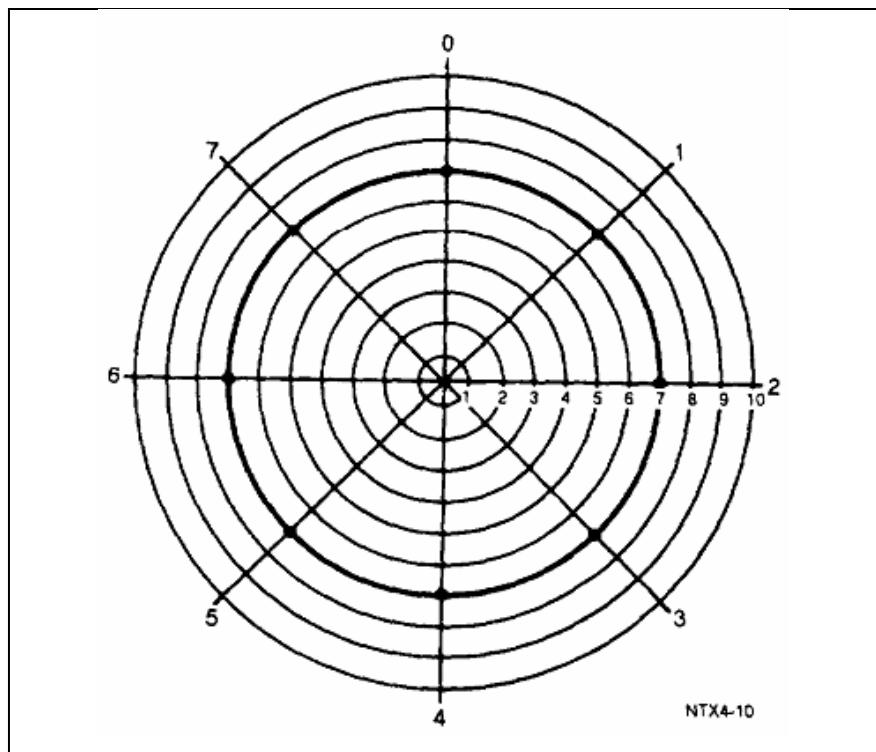
Gambar 6.8. Gelombang tegak antara tegangan dan arus pada antena

Kondisi di atas disebut dengan gelombang tegak (*standing wave*) sebuah arus. Pada titik dimana arus dan tegangan tinggi diketahui sebagai arus dan tegangan *loop*. Titik terendah arus dan tegangan diketahui sebagai arus dan tegangan simpul. Gambar a diketahui sebagai tegangan *loop* dan dua arus simpul. Gambar b menunjukkan dua tegangan *loop* dan tegangan *node*. Sedangkan gambar c sebagai akibat tegangan dan arus *loop* serta simpul.

Pada gambar di atas, gelombang tegak digambarkan sebagai kondisi resonansi antena. Pada saat beresonansi, sebuah gelombang bergerak kebelakang dan seterusnya dalam sebuah antena, dikuatkan pada tiap-tiap gelombang, kemudian ditransmisikan menuju ruang bebas pada radiasi maksimum. Ketika antena

tidak beresonansi dan gelombang cenderung untuk dibatalkan dan energi akan hilang dalam bentuk panas. Perkiraan logis dengan hilangnya energi pada radiasi antena sama dengan 360 derajat. Kasus seperti ini tidak terjadi pada setiap antena.

Energi yang dipancarkan oleh antena membentuk medan yang mempunyai bentuk radiasi atau *radiation pattern*. *Radiation pattern* digunakan untuk memberikan gambaran dan menentukan ukuran radiasi energi dalam beberapa sudut dengan jarak yang konstan dari antena dan kemudian mengatur nilai energi pada grafik. Bentuk *pattern* tergantung dari tipe yang dibuat dan tergantung pada jenis antena yang sedang digunakan. Beberapa energi radiasi antena sama ke segala arah. Radiasi ini diketahui sebagai *Isotropic Radiation*.



Gambar 6.9. Grafik Radiasi Isotropic

Kebanyakan radiator dan energi lebih kuat dalam satu arah atau satu arah dibanding lainnya. Pancaran ini ditunjukkan sebagai *Anisotropic*. *Flashlight* merupakan contoh dari gelombang *radiator anisotropic*. Bentuk gelombang dari *flash light* hanya porsinya dari ruang hampa yang ada disekitarnya.

### 6.5. Antena Dipole Dan Monopole

Salah satu bagian penting dari suatu pemanca radio adalah antena, ia adalah sebatang logam yang berfungsi menerima getaran listrik dari transmitter dan

memancarkannya sebagai gelombang radio. Antena tersebut berfungsi pula sebaliknya ialah menampung gelombang radio dan meneruskan gelombang listrik ke receiver. Kuat tidaknya pancaran yang sampai di pesawat lawan bicara atau sebaliknya, baik buruknya penerimaan tergantung dari beberapa faktor. Faktor pertama adalah kondisi propagasi, faktor kedua adalah posisi stasiun (posisi antena) beserta lingkungannya, faktor ketiga adalah kesempurnaan antena. Untuk pancaran ada faktor keempat yaitu kelebaran band-width pancaran kita dan faktor kelima adalah masalah power.

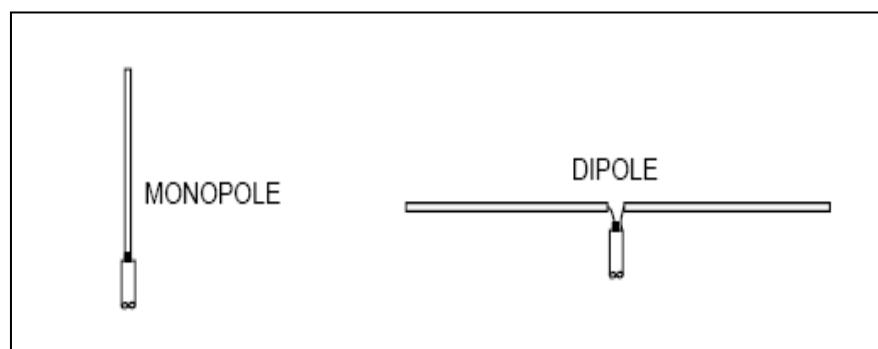
Seringkali agar pancaran kita cukup besar diterima stasiun lawan bicara, kita berusaha menaikkan power dengan tanpa memperhatikan faktor-faktor lain tersebut di atas. Memang usaha meperbesar power secara teknis merupakan usaha yang paling mudah, akan tetapi hal ini adalah usaha yang kurang efektif dan cenderung merupakan suatu pemborosan.

Mengenai propagasi dan posisi pemancar ada faktor bandwidth pancaran dapat dikatakan bahwa makin sempit bandwidth makin kuatlah pancaran kita, ini ada batasnya mengingat faktor readability. Sebatang logam yang panjangnya  $\frac{1}{4} \lambda$  akan beresonansi dengan baik bila ada gelombang radio yang menyentuh permukaannya.

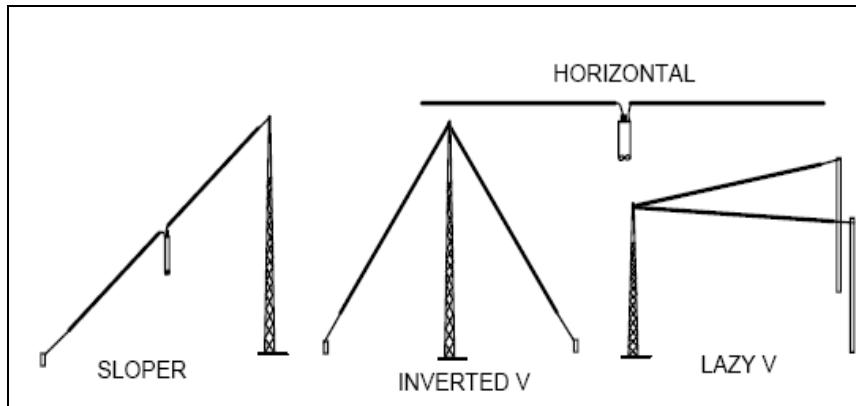
Jadi bila pada ujung coax bagian inner disambung dengan logam sepanjang  $\frac{1}{4} \lambda$  dan outernya di ground, ia akan menjadi antena. Antena semacam ini hanya mempunyai satu pole dan

disebut monopole (mono artinya satu). Apabila outer dari coax tidak di-ground dan disambung dengan seutas logam sepanjang  $\frac{1}{2} \lambda$  lagi, menjadi antena dengan dua pole dan disebut dipole  $\frac{1}{2} \lambda$  (di artinya dua). Antena dipole bisa terdiri hanya satu kawat saja disebut single wire dipole, bisa juga dengan dua kawat yang ujung-ujungnya dihubungkan dinamakan two wire folded dipole, bisa juga terdiri atas 3 kawat yang ujung-ujungnya disambung dinamakan three wire folded dipole.

Berbagai macam cara untuk memasang antena tergantung dari tersedianya space yang dapat digunakan untuk memasangnya. Antena single wire dipole dapat dipasang horizontal (sayap kiri dan kanan sejajar dengan tanah), dapat pula dipasang dengan konfigurasi inverted V (seperti huruf V terbalik), dengan konfigurasi V (seperti huruf V), konfigurasi lazy V (ialah berentuk huruf V yang tidur) atau dapat juga konfigurasi sloper (miring).



Gambar 6.10. Antena Dipole dan Monopole



Gambar 6.11. Konfigurasi Antena Dipole

Antena dipole dapat dipasang tanpa menggunakan balun akan tetapi bila *feeder line* menggunakan kabel coaxial sebaiknya dipasang balun 1:1, karena kabel coaxial itu unbalance, sedangkan antenanya balance, agar diperoleh pola radiasi yang baik.

Kadang antena belum tentu sesuai impedansinya. Oleh karenanya harus disesuaikan impedansinya. Cara mematchingkan antena yang baik ialah dengan menggunakan alat khusus yaitu Dip Meter dan impedance meter atau dapat juga menggunakan SWR analyser. Apabila alat tersebut tidak tersedia, matching dilakukan dengan menggunakan transceiver dan SWR meter.

Pertama-tama pasanglah antena dengan konfigurasi yang dikehendaki. Pasanglah SWR meter diantara transceiver dengan *transmission line (coaxial cable)*. Selanjutnya atur transceiver pada power yang paling rendah, sekitar 5-10 Watt dengan mode AM atau

CW. Tentukan frekuensi kerja yang dikehendaki, misalnya 3.850 MHz. Coba transmit sambil mengamati SWR meter, putarlah tombol pengatur frekuensi sedemikian sehingga didapatkan Standing Wave Ratio (SWR) yang paling rendah.

Bila frekuensi tersebut lebih rendah dari 3.850 MHz berarti sayap-sayap dipole terlalu panjang, jadi harus diperpendek. Bila frekuensi terlalu tinggi berarti sayap-sayap dipolennya terlalu pendek.

Untuk memperpanjang haruslah disambung, ini kurang menyenangkan. Jadi pemotongan awal antena harus dilebihi dari panjang theoritis, dan pada waktu dipasang dilipat balik sehingga panjangnya sama dengan panjang theoritis. Bila frekuensi match terlalu rendah, perpendek antena 10 Cm setiap sayapnya.

Bila masih terlalu rendah maka diperpendek lagi. Begitu seterusnya sehingga diperoleh SWR yang rendah yaitu kurang dari 1:1,5. Cara memendekkan

tidak dengan dipotong tetapi dilipat balik dan menumpuk rapat, lipatan yang mencuat akan membentuk *capacitance head* dan mempengaruhi SWR.

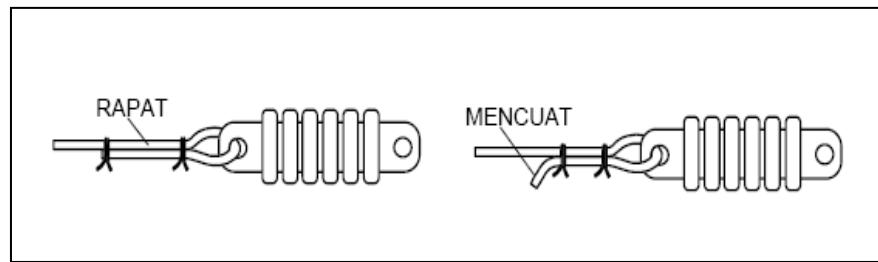
Antena dipole dapat dioperasikan secara harmonic, ialah dipekerjakan pada frekuensi kelipatan ganjil dari frekuensi kerja aslinya. Misalnya antena untuk 7 MHz dapat pula digunakan untuk bekerja pada 21 MHz (kelipatan 3). Tentu saja SWR-nya akan lebih tinggi daripada bila digunakan pada frekuensi aslinya.

Penempatan antena disarankan agak jauh dari kawat telepon dan kawat listrik untuk menghindari timbulnya telephone interference dan televisi interference. Bentangan antena yang sejajar dengan kawat telepon atau kawat listrik dengan jarak kurang dari lima meter akan dapat menimbulkan gangguan

pada pesawat telepon, televisi dan perangkat audio lainnya.

Makin rendah letak antena, sayap-sayapnya cenderung makin pendek. Untuk itu dalam pekerjaan matching, antena diletakkan pada ketinggian yang sebenarnya. Begitu pula diameter kawat akan berpengaruh terhadap panjangnya, makin besar diameter makin pendek antennanya, hal ini disebabkan karena kapasitansi antena terhadap bumi. Matching antena pada saat tanah basah, misalnya sehabis turun hujan, sayap dipole menjadi lebih pendek.

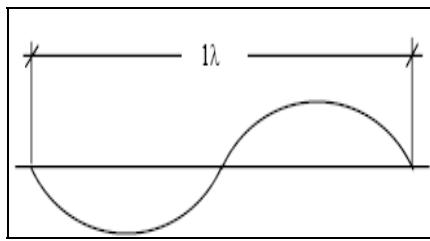
Selain itu dalam pemasangan antena juga perlu memperhatikan lingkungan yang mungkin mengganggu antena itu sendiri. Misalnya adanya atap dari bahan seng atau atap rumah yang dilapisi dengan aluminium foil cenderung akan menyulitkan matching antena.



Gambar 6.12. Melipat Ujung Antena

## 6.6. Menghitung Panjang Gelombang

Cepat rambat gelombang sama dengan cahaya ialah 300.000.000 meter/detik, sedangkan gelombang tersebut bergetar sejumlah  $f$  cycle/detik ( $f$  = frekuensi). Misalnya frekuensinya 6 MHz, maka setiap detik ia bergetar 6.000.000 kali. Kita tahu bahwa satu Lambda ( $\lambda$ ) adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang selama satu kali getar.



Gambar 6.13. Gelombang Frekuensi 1 Lambda

Sehingga panjang satu Lambda adalah :

$$\lambda = \frac{300.000.000 \text{ meter/detik}}{f \text{ cycle/detik}}$$

Kalau  $f$  dalam MHz dan  $\lambda$  dalam meter, maka rumusnya menjadi

$$\lambda = \frac{300}{f}$$

Dari persamaan di atas adalah panjang gelombang di udara. Cepat rambat gelombang listrik pada logam itu lebih kecil, yaitu

0.95 kali gelombang radio di udara. Jadi untuk menghitung Lambda antena, rumus tersebut menjadi :

$$\lambda = \frac{300}{f} \times 0,95$$

$$\frac{1}{4} \lambda = \frac{75}{f} \times 0,95$$

dimana  $\lambda$  dinyatakan dalam meter dan  $f$  dalam MHz.

Antena dipole untuk frekuensi 7.050 MHz, dengan rumus di atas akan didapatkan panjang setiap sayapnya 9.99 meter atau dibulatkan 10 meter, panjang 10 meter ini dinamakan panjang theoritis.

Panjang theoritis tersebut belum dapat langsung digunakan karena faktor pengaruh lingkungan belum diperhitungkan, kita tahu bahwa pengaruh lingkungan di setiap lokasi itu berbeda. Perhitungan theoritis ini mutlak diperlukan agar kita bisa memulai percobaan, tanpa perhitungan theoritis kita tidak akan bisa mengetahui dari mana kita akan memulai percobaan.

Selain itu harus diketahui pula bahwa lingkungan sangat berpengaruh terhadap panjang theoritis, terutama apabila antena itu dipasang rendah. Untuk itu, maka dalam praktik panjang theoritis tersebut harus diberikan koreksi yang dinamakan koreksi lingkungan.

Penyesuaian dengan lingkungan itu dilakukan dengan metoda trial and error. Metoda trial and error adalah suatu metoda ilmiah yang digunakan apabila ada dua variabel yang saling tergantung atau bila ada beberapa variabel yang tidak dapat diukur besarnya.

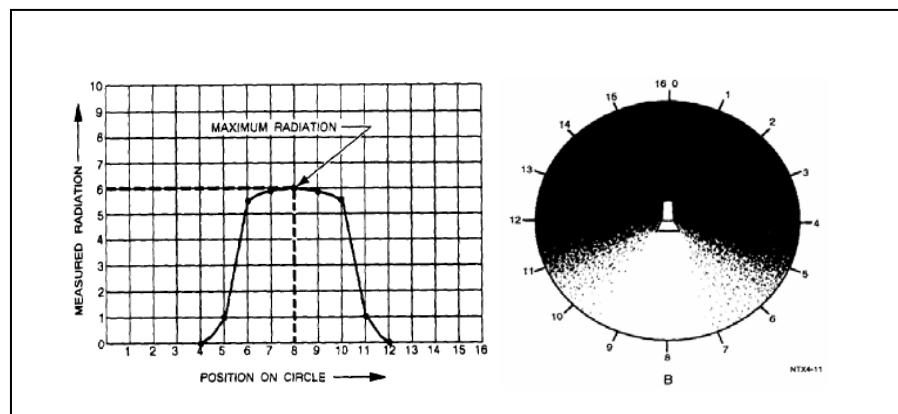
### 6.7. Beban Antena

Beban antena akan menggunakan sebuah sistem antena untuk dipancarkan pada beberapa frekuensi yang berbeda. Setelah itu, antena harus selalu dalam beresonansi.

Secara phisik diluar akan terjadi perubahan yang secara listrik semakin baik. Untuk mengubah masukan sebagai

antena seri. Pengubahan ukuran sebuah antena, dapat juga memasukan induktor atau kapasitor yang dipasang secara seri dengan antena. Hal ini ditunjukan pada gambar 6.14. dimana perubahan sepanjang kelistrikan yang merupakan metode yang dikenal dengan *Lumped-Impedance Tuning or Loading*. Jika antena sangat pendek dan bekerja pada panjang gelombang yang sedang digunakan, maka hal tersebut akan memberikan resonansi pada frekuensi tinggi.

Sehingga antena tersebut akan menyediakan kapasitive reaktansi yang dapat dikompensasi dengan memperkenalkan *lumoed induktive reaktansi* yang ditunjukan pada gambar 6.14.



Gambar 6.14. Pemancar Anisotropic.

## 6.8. Pengaruh Tanah

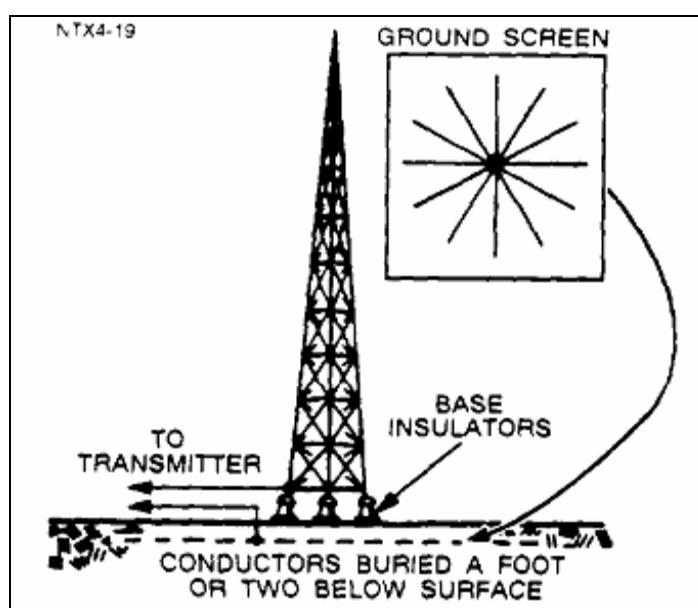
Ground memberikan pengaruh *losses* untuk beberapa frekuensi. Seperti *losses* dapat segera direduksi jika antena disambungkan dengan baik dengan ground, yang telah disediakan di alam sekitarnya. Ini merupakan tujuan dari *ground screen* dan *Counterpoise* seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.15. Ground screen seperti sebuah konduktor yang diatur pada bentuk radial dari sebuah konduktor seri. Panjang konduktor masing-masing biasanya  $\frac{1}{2}$  dari gelombang panjangnya.

Ground screen pada gambar 6.15. merupakan komposisi dengan konduktor seri yang diatur dalam *radial patern*

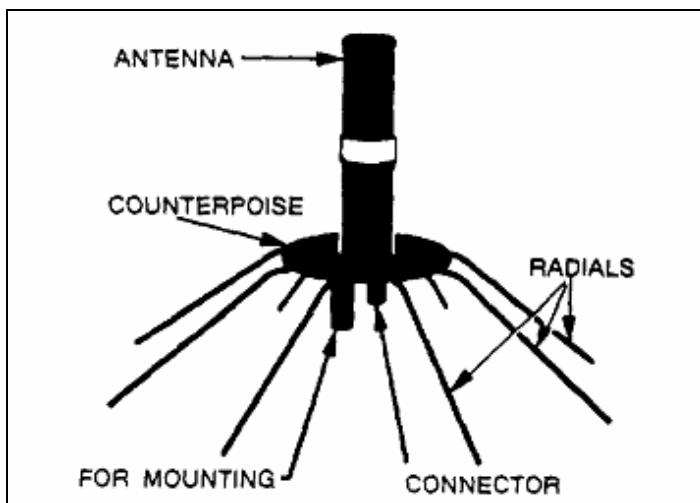
dan disembunyikan dalam 1-3 feed di bawah permukaan tanah. Konduktor ini masing-masing memiliki  $\frac{1}{2}$  panjang gelombang, dengan menghilangkan *ground losess* setelah sampai tertinggal tiap-tiap losessnya dalam penyebaran antena.

## 6.9. Antena Very Low Frequency

Kesulitan utama dalam VLF dan LF adalah desain antena yang secara phisik mempunyai ukuran yang sangat besar dimana ukuran dari sebuah antena dan panjang gelombang frekuensi yang harus kurang dari frekuensi yang akan ditransmisikan.



Gambar 6.15. Antena Ground screen

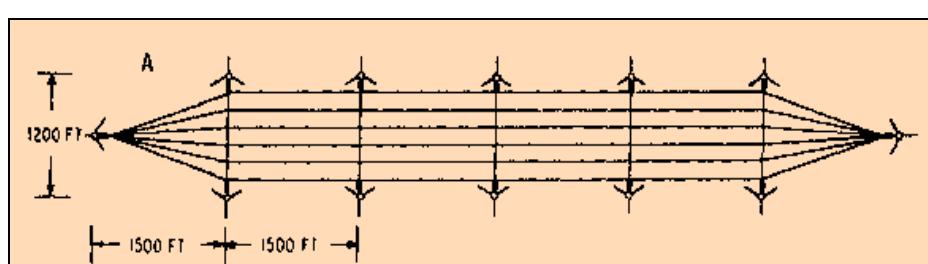


Gambar 6.16. Antena Ground screen dan counterpoise.

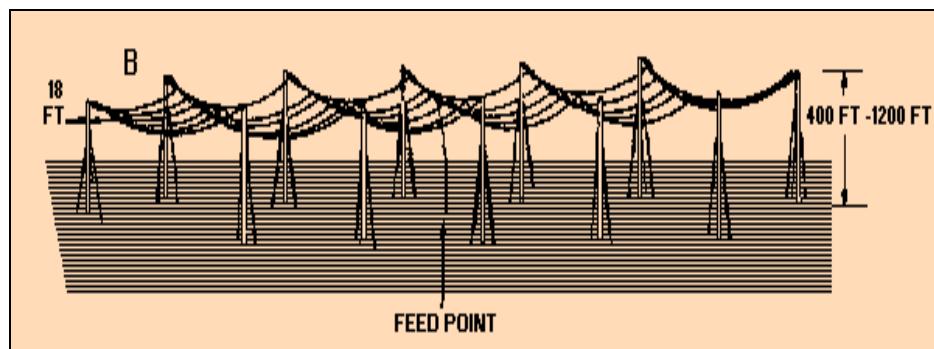
Ukuran antena ini menjadi besar untuk melakukan kompensasi panjang gelombang dan penanganan daya yang digunakan (0.25 MW sampai 2 MW), pemancaran antena untuk VLF juga harus menggunakan tower 600 sampai dengan 1500 feet tingginya, sangat mahal untuk kapasitif loading dan sistem *cooper ground* untuk mereduksi

kerugian gelombang tanah. Kapasitif loading menaikkan karakteristik bandwith, sedangkan antena *ground plane* meningkatkan efisiensi radiasinya.

Bentuk konfigurasi antena dapat ditunjukkan pada gambar di bawah. Variasi dasar ini digunakan secara umum oleh Navy VLF sites.

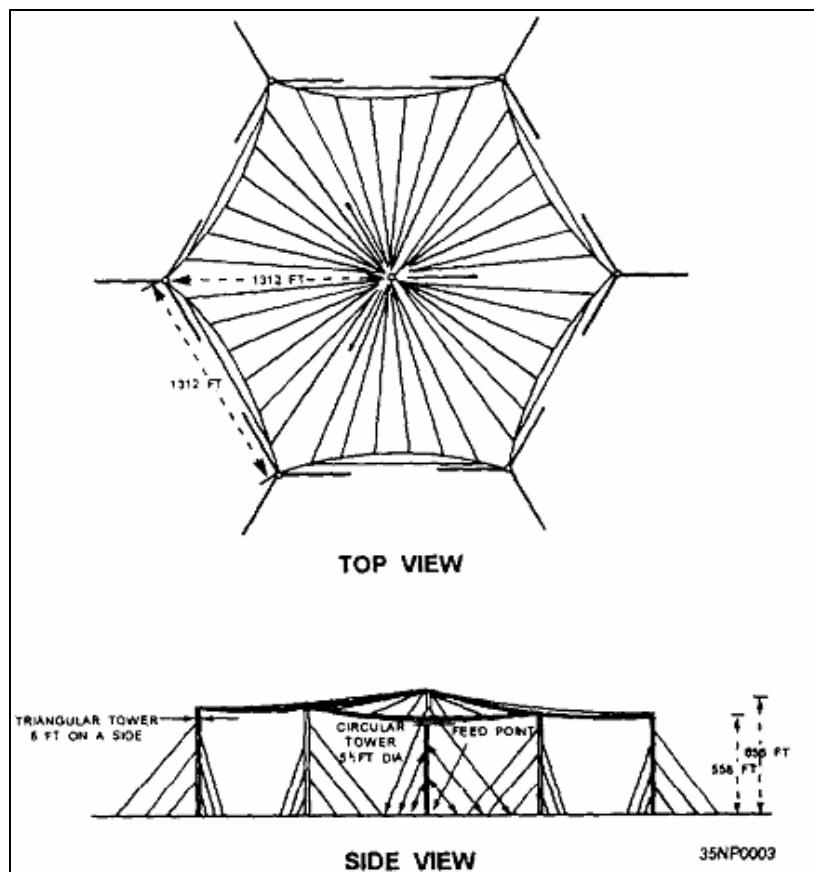


a. Antena Triaktic Pandangan sisi atas



b. Antena Triaktic Pandangan sisi samping

Gambar 6.17. Antena Triaktic



Gambar 6.18. Goliath Antena

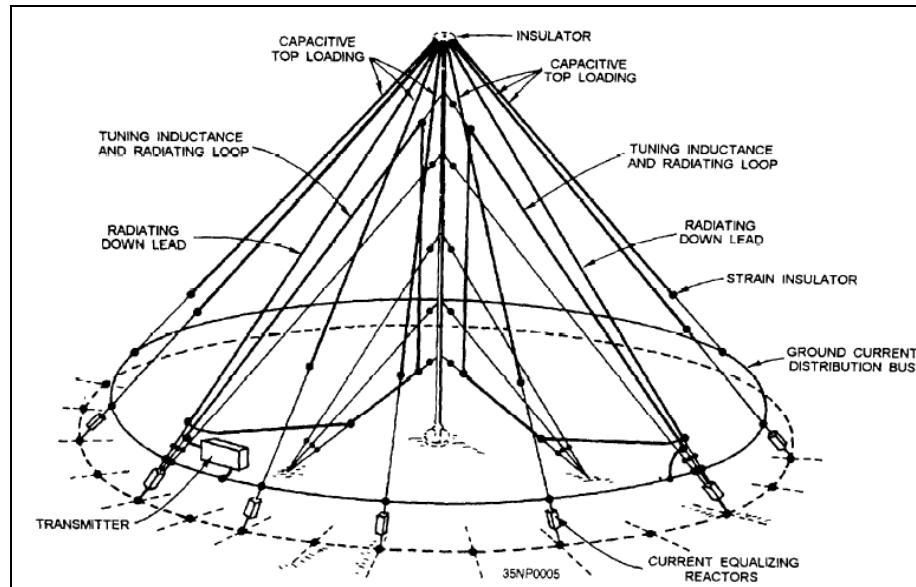
### 6.10. Antena Low Frequency

Antena yang digunakan pada LF juga mempunyai ukuran yang besar seperti halnya pada frekuensi VLF. Dua buah contoh rancangan antena dapat dilihat pada gambar 5.17 dan 5.18.

Antena Pan Polar seperti halnya payung yang dibebankan pada satu penyangga tunggal. Antena polar mempunyai tiga beban *loop space* dengan sudut 120 derajat yang bagian atasnya disambung. Dua buah terminal loop yang diterminalkan pada ground, sedangkan lainnya menggunakan feed.

NORD antena menitik beratkan pada prinsip *folded-*

*unipole*, yaitu sebuah tower vertikal radiator yang ditanahkan pada sebuah titik dan digabungkan menjadi satu atau lebih gabungan kawat pada titik atas tower. Ketiga beban yang berasal dari atas sambungan tower dibentangan ke segala arah sebesar 120 derajat sehingga membentuk tiga terminasi tower. Tiap-tiap beban kawat mempunyai panjang kira-kira sama dengan tinggi tower ditambah 100 kaki. Pada beban atas kawat harus diisolasi dari tanah dengan tower tersebut.



Gambar 6.19. Antena Pan Polar

## 6.11. Antena High Frequency

Sistem antena radio High Frequency (HF) digunakan untuk mendukung beberapa banyak perbedaan dari rangkaian yang berbeda termasuk *ship-to-shore*, *point-to-point*, dan *ground-to-air*. Aplikasi yang berbeda-beda membutuhkan sejumlah antena yang beraneka ragam jenisnya yang akan dijelaskan pada bagian ini.

### 6.11.1. Antena Yagi

Antena pengarah dalam tulisan ini adalah antena Yagi. Antena ini ditemukan oleh Dr. H. Yagi dari Tokyo University pada tahun 1926. Antena Yagi yang paling sederhana adalah antena 2 elemen yang terdiri atas satu radiator atau driven elemen dan satu elemen parasitik sebagai director dengan spacing sekitar  $0.1\lambda$ . Power gain dapat mencapai sekitar 5 dB dengan front to back ratio sebesar 7 sampai 15 dB. Gain akan menjadi sedikit lebih rendah apabila parasitik elemen tersebut dipasang sebagai reflektor. Untuk band-band 10 atau 30 meter, bahan elemen dapat dari tubing aluminium.

Akan tetapi untuk band 160 meter atau 80 meter, tubing aluminium menjadi tidak praktis karena terlalu panjang sehingga kurang kuat, lebih praktis

digunakan kawat dengan konsekuensi tidak dapat diputar arah. Panjang elemen Yagi dipengaruhi oleh diameter elemen dan adanya sambungan-sambungan, baik diameter elemen maupun banyaknya sambungan akan memberikan pengaruh terhadap kapasitansi antar elemen, seperti diketahui bahwa dua logam yang terletak sejajar tersebut akan merupakan suatu kapasitor.

Rumus perkiraan untuk menghitung panjang elemen dan spacing antena Yagi dua elemen adalah sebagai berikut :

Driven elemen  $145/f$  (MHz) meter.  
Director  $137/f$  (MHz) meter.  
Spacing  $36.6/f$  (MHz) meter

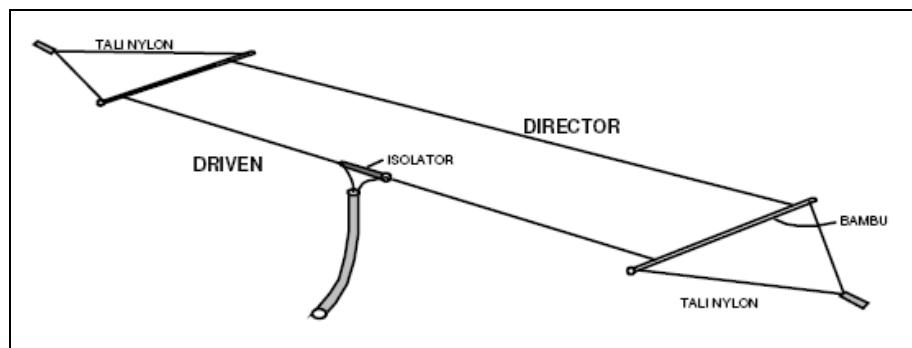
Elemen antena Yagi untuk band 20, 17, 15, 12 dan 10 meter lebih praktis dibuat dari bahan tubing aluminium, sehingga dapat diputar-putar dengan menggunakan rotator yang digerakkan dengan listrik atau rotator yang digerakkan dengan tangan.

Tubing yang diperlukan untuk membuat antena ini adalah tubing aluminium yang tebal yang disusun secara *teleskopik*, yaitu ditengah diameter besar, makin ke ujung diameter makin mengecil, agar antena tersebut tidak menjadi terlalu melengkung ke bawah pada ujung-ujungnya.

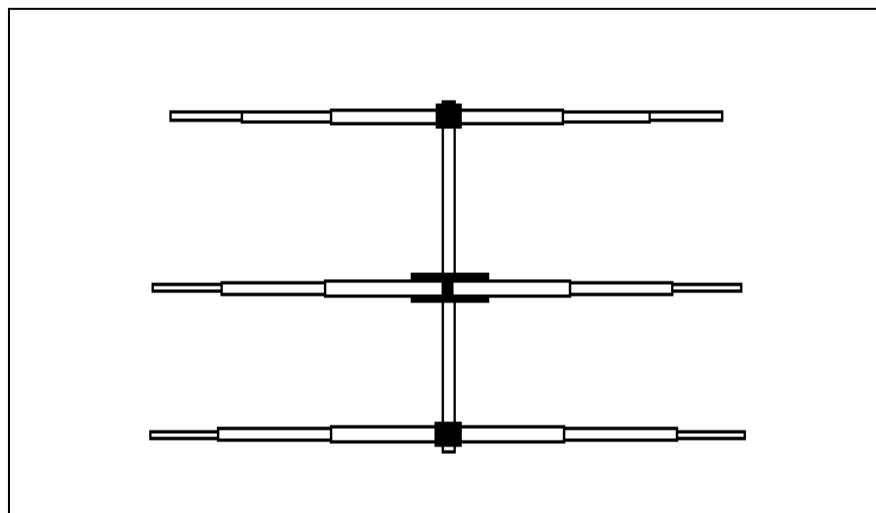
Untuk antena 10 meter, elemen dapat dibuat dari tubing diameter  $\frac{1}{2}$  inch dan  $\frac{3}{4}$  inch, untuk 20 meter dengan diameter  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  h,  $\frac{3}{4}$  dan 1 inch.

Mengenai diameter tubing dapat dicoba-coba sendiri sehingga didapatkan performance yang cukup baik. Antena untuk band-band 20 sampai 10 meter

dapat dibuat dengan 3 elemen, yaitu driven elemen, satu reflektor dan satu director. Power gain antena tergantung pada spacing antar elemen, dengan spacing  $0.15 \lambda$  antena ini diharapkan akan memberikan gain sebesar sekitar 8 dB dengan *front to back ratio* antara 10 sampai dengan 25 dB.



Gambar 6.20. Antena Yagi Dua Elemen Kawat (80 Meter)



Gambar 6.21. Antena Yagi 3 Element

Panjang elemen dan spacing antar elemen dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut ini :

Reflektor 153/f (MHz) meter.  
Driven 144 / f (MHz) meter.  
Director 137 / f (MHz) meter.  
Spacing 36.6 / f (MHz) meter

Elemen antena Yagi di atas masih dapat ditambah lagi menjadi 4 elemen dengan menambahkan satu director akan tetapi panjang elemennya perlu diubah. Seperti telah diutarakan di atas, power gain antena tergantung pada spacing antar elemen atau dapat dikatakan panjang boomnya.

Dengan panjang boom 0.45  $\lambda$  antena 4 elemen, antena Yagi diharapkan akan memberikan gain sebesar sekitar 9.5 dB sampai 10 dB dengan front to back ratio antara 15 sampai 25 dB. Apabila kita perhatikan antara penambahan jumlah elemen dan tambahan power gainnya, maka terlihat bahwa antena dengan 3 elemen dapat dipandang merupakan jumlah elemen yang paling optimal. Tambahan jumlah elemen berikutnya makin tidak memberikan angka yang berarti. Untuk antena Yagi empat elemen, perhitungan panjang elemen serta spacingnya dapat menggunakan tabel sebagai berikut :

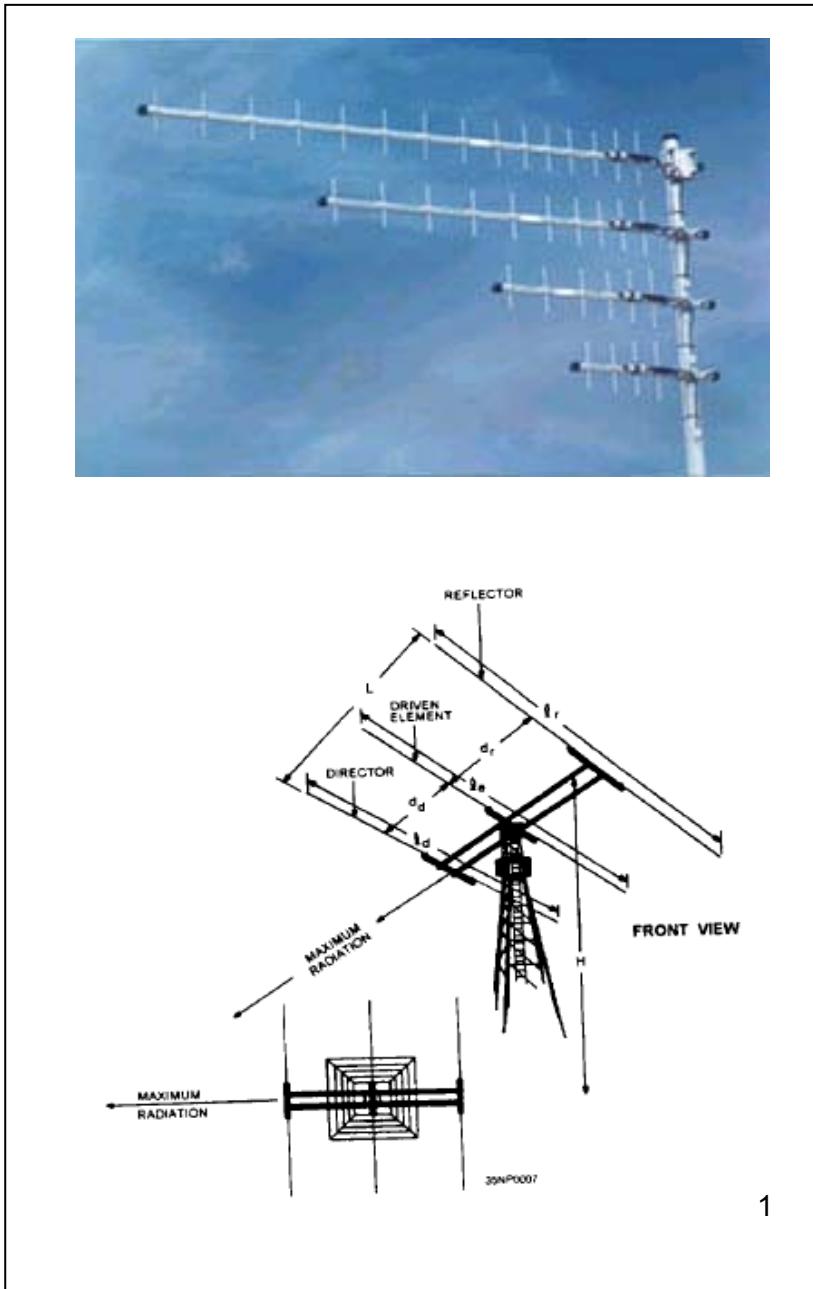
Reflektor 153 / f (MHz) meter.  
Driven 144 / f (MHz) meter.  
Director 137 / f (MHz) meter.

Director 2 135 / f (MHz) meter.  
Spacing 36.6 / f (MHz) meter

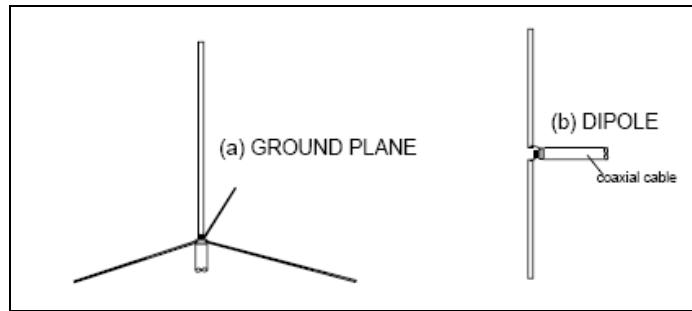
Perlu diperhatikan sekali lagi bahwa diameter tubing, panjang masing-masing bagian elemen, serta ketinggian antena akan sangat berpengaruh terhadap kepanjangan elemen Yagi. Rumus tersebut di atas akan memberikan panjang theoritis yang masih perlu koreksi lingkungan. Dalam praktek di lapangan, praktisi radio diharapkan mengadakan banyak percobaan, sehingga akan didapatkan hasil yang paling baik disesuaikan dengan bahan yang dipergunakan serta kondisi lingkungan ditempat masing-masing. Suatu antena yang sudah diset baik di suatu lokasi, bila dipasang di lain lokasi bisa menjadi kurang baik.

### **6.11.2. Antena Very High Frequency**

Di tempat-tempat terpencil atau dalam keadaan darurat sering diperlukan daya improvisasi untuk membuat antena dari bahan-bahan yang terdapat disekeliling kita. Antena sederhana ini dapat dibuat dari bahan sembarang logam yang bisa didapatkan misalnya sepotong kawat jemuran atau sepotong pipa kecil bekas rak piring atau sebatang ruji sepeda. Untuk antena VHF 2 meteran, konfigurasi antena yang digunakan adalah vertikal, untuk memperoleh polarisasi vertikal.



Gambar 6.22. Antena Yagi



Gambar 6.23. Antena VHF Sederhana

Batang logam yang didapat tersebut dipotong sepanjang  $\frac{1}{4}$  Lambda dan disambung dengan inner dari coaxial cable. Antena semacam ini sudah dapat digunakan dengan cukup bagus. Untuk lebih sempurna dapat ditambahkan ground plane yang dihubungkan dengan outer dari coaxial cable 3 atau 4 biji dipasang horizontal. Panjang masing-masing ground plane  $\frac{1}{4}$  lambda, antena semacam ini disebut antena ground plane. Kecuali antena ground plane, antena VHF sederhana yang lain adalah antena dipole yang dipasang vertikal. Pada antena ini arah dipole atau coax jangan sampai sejajar dengan dipole.

#### 6.11.3. Antena Yagi untuk band VHF

Antena Yagi untuk Band VHF biasanya elemen dibuat lebih banyak untuk mendapatkan gain yang memuaskan penggunanya. Walaupun disadari bahwa penambahan director makin

banyak makin memberikan tambahan gain yang makin kecil, akan tetapi karena ukur fisik antena tersebut kecil dan ringan, maka penambahan elemen yang banyak tidak mempunyai dampak buruk bagi ketahanan boom dan ketahanan terhadap tiupan angin serta jumlah bahan yang dipakai.

Seperti halnya dengan antena Yagi untuk HF, maka driven element dapat berupa dipole, akan tetapi kebanyakan menggunakan gamma matching device. Untuk VHF, konfigurasi elemen-elemennya dibuat tegak untuk mendapatkan polarisasi vertikal. Yang perlu diperhatikan disini adalah feeder line harus diatur sedemikian sehingga tegak lurus dengan arah bentangan elemen. Feeder line dapat ditarik kearah belakang mengikuti boom atau dapat juga ditarik tegak lurus dengan boom dan tegak lurus pula dengan bentangan elemen. Gambar 8 adalah suatu contoh antena Yagi untuk VHF 2 meter dengan 7 elemen, terdiri atas driven element, reflektor dan 5 buah director.

## **6.12. Rangkuman**

Dari uraian tersebut diatas maka dapat ambil inti pembahasan pada bagian ini yakni sebagai berikut :

1. Antena teknik informasi dapat diartikan bahwa antena mempunyai tugas menyelusuri jejak gelombang elektromagnetik, hal ini jika antena berfungsi sebagai penerima, sedangkan jika sebagai pemancar maka tugas antena tersebut adalah menghasilkan sinyal gelombang elektromagnetik.
2. Secara phisik ukuran sebuah antena harus proporsional dengan panjang gelombang. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka akan semakin kecil ukuran antena yang digunakan.
3. Antena pemancar dibagi menjadi dua klasifikasi dasar yaitu: Antena Hertz (*half-wave*) dan Antena Marconi (*quarter-wave*).

## **6.13. Soal Latihan**

Kerjakan soal-soal dibawah ini dengan baik dan benar.

1. Apa yang dimaksud dengan antena telekomunikasi.
2. Sebutkan fungsi antena dalam sistem telekomunikasi.
3. Sebutkan sifat-sifat antena telekomunikasi yang ideal.
4. Jika diketahui kecepatan rambat gelombang sebesar 300.000 km/detik, sedangkan frekuensi pemancar sebesar 1,5 MHz, berapa panjang gelombang pada pemancar tersebut.
5. Tentukan jarak maksimum antara dua antena supaya dapat berhubungan secara LOS, jika tinggi antena adalah pemancar 100 feet dan penerima 50 feet.

## LAMPIRAN. A

Lampiran 1:

### Kode-kode Morse untuk Huruf dan Angka

Kode-kode ini dipakai untuk komunikasi telegraf dan komunikasi elektrik lainnya yang menggunakan dua perubahan

A	• —	J	• — — —	S	• • •
B	— • • •	K	— • —	T	—
C	— • — •	L	• — • •	U	• • —
D	— • •	M	— —	V	• • • —
E	•	N	— •	W	• — —
F	• • — •	O	— — —	X	— • • —
G	— — •	P	• — — •	Y	— • — —
H	• • • •	Q	— — • —	Z	— — • •
I	• •	R	• — •		

1	• — — — —	6	— • • • •
2	• • — — —	7	— — • • •
3	• • • — —	8	— — — • •
4	• • • • — —	9	— — — — •
5	• • • • • —	0	— — — — —

Sumber :

[101science.com/amateurradio.htm](http://101science.com/amateurradio.htm)  
[www.ibiblio.org/obp/electricCircuits/AC/AC\\_7.html](http://www.ibiblio.org/obp/electricCircuits/AC/AC_7.html)

Lampiran 2:

Tabel Pembagian kanal dan alokasi frekuensi gambar dan suara pada televisi

<b>CHART OF FREQUENCIES 4 - POLE FILTER FREQUENCIES</b>			
<b>Channel</b>	<b>Video</b>	<b>Color</b>	<b>Audio</b>
2	55.25	58.83	59.75
3	61.25	64.83	65.75
4	67.25	70.83	71.25
5	77.25	80.83	81.75
6	83.25	86.83	87.75
Bullet	103 MHz to 105.5 MHz		
Snooper	107.997 MHz		

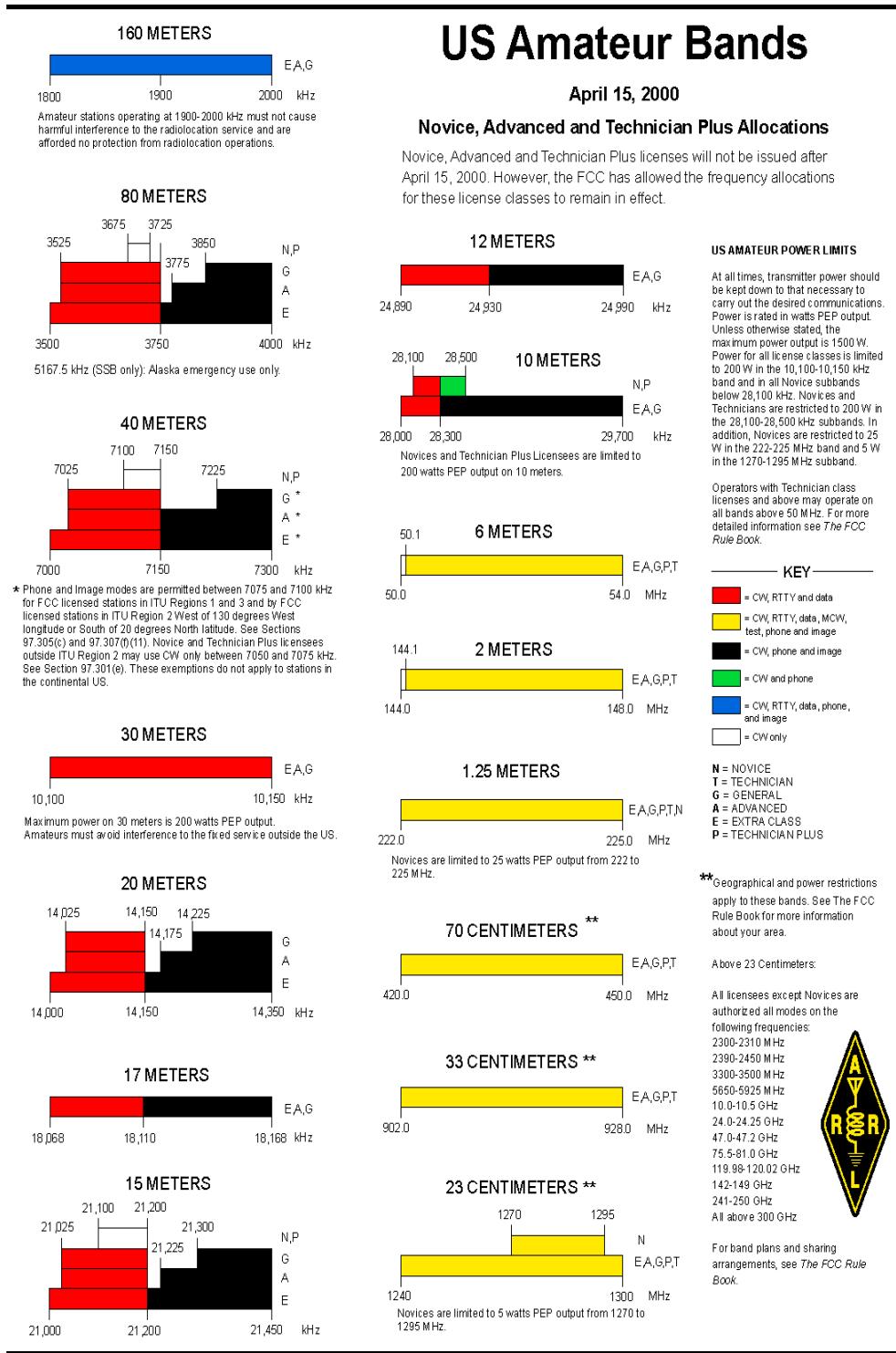
<b>CHART OF FREQUENCIES 3 - POLE FILTER FREQUENCIES</b>			
<b>Channel</b>	<b>Video</b>	<b>Color</b>	<b>Audio</b>
14	121.25	124.83	125.75
15	127.25	130.83	131.75
16	133.25	136.83	137.75
17	139.25	142.83	143.75
18	145.25	148.83	149.75
19	151.25	154.83	155.25
20	157.25	160.83	161.75
21	163.25	166.83	167.75
22	169.25	172.83	173.75
7	175.25	178.83	179.75
8	181.25	184.83	185.75
9	187.25	190.83	191.75
10	193.25	196.83	197.75
11	199.25	202.83	203.75
12	205.25	208.83	209.75
13	211.25	214.83	215.75

Lampiran 3 :

Tabel Spektrum frekuensi yang sering digunakan dalam sistem komunikasi

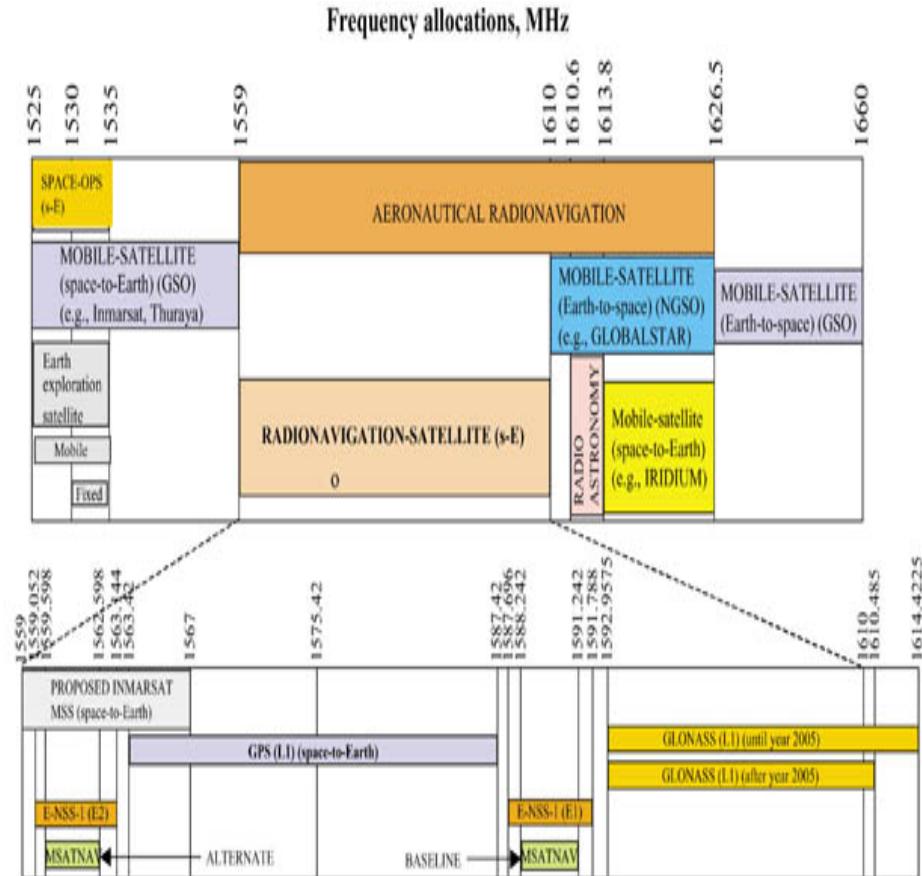
Table 5: Utilization of Radio-Frequency Spectrum	
very low frequencies (vlf)	time signals, standard frequencies
	30 kHz
low frequencies (lf)	fixed, maritime mobile, navigational, radio broadcasting
	300 kHz
medium frequencies (mf)	land, maritime mobile, radio broadcasting
	3 MHz
high frequencies (hf)	fixed, mobile, maritime and aeronautical mobile, radio broadcasting, amateur
	30 MHz
very high frequencies (vhf)	fixed, mobile, maritime and aeronautical mobile, amateur, radio and television broadcasting, radio navigation
	300 MHz
ultrahigh frequencies (uhf)	fixed, mobile, maritime and aeronautical mobile, amateur, television broadcasting, radio location and navigation, meteorological, space communication
	3 GHz
superhigh frequencies (shf)	fixed, mobile, radio location and navigation, space and satellite communication
	30 GHz

**Lampiran 4:**  
**Pita frekuensi untuk radio amatir di Amerika Serikat**



Lampiran 5:

Alokasi Frekuensi untuk Radio Navigasi Satelit



KEY ITU-RR FOOTNOTES:

S5.359 allocates the 1550 to 1645.5 MHz band (and the 1646.5 to 1660 MHz band) to the fixed service on a primary basis in 44 countries.

ISBN 978-979-080-155-0  
ISBN 978-979-080-156-7

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 46 Tahun 2007 tanggal 5 Desember 2007 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 14.146,00