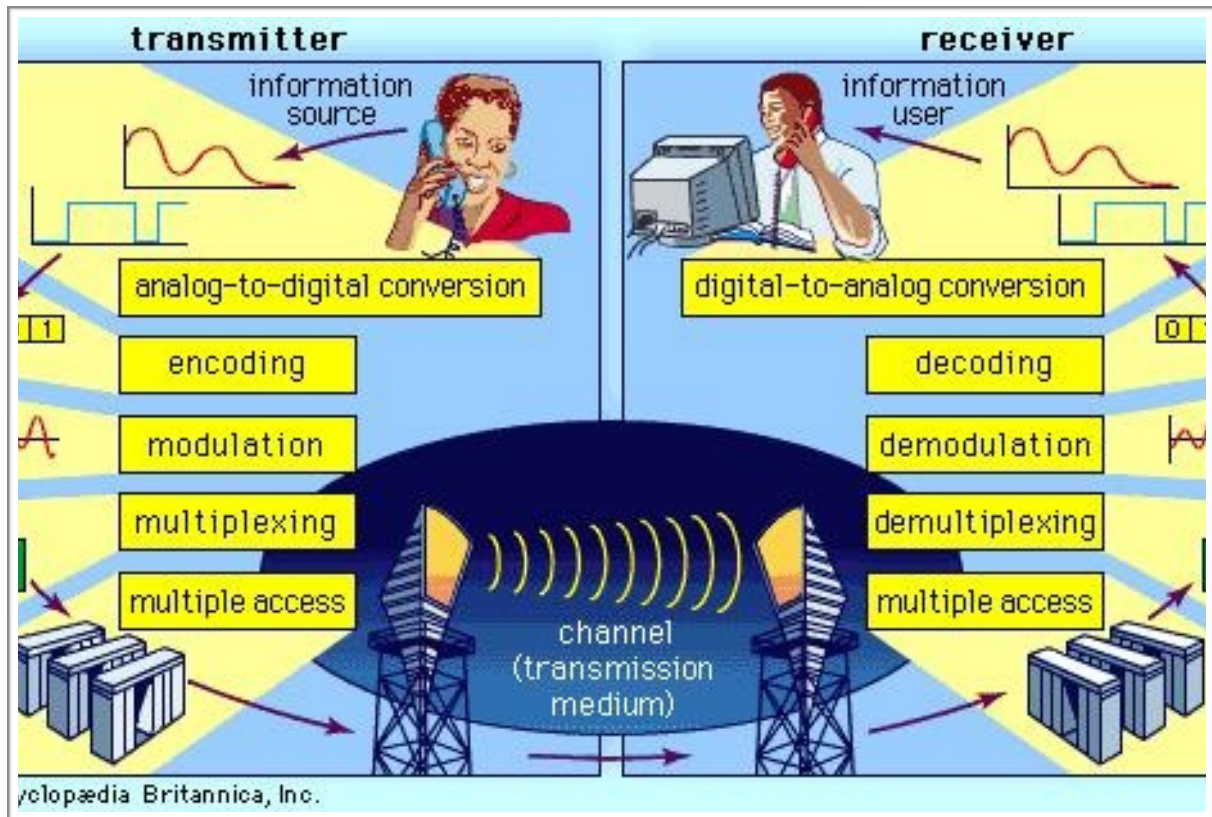


# Pengantar Telekomunikasi



Genap  
2014

**BAB I. KONSEP – KONSEP DASAR**

- 1.1 Analog dan Digital
  - 1.1.1 Sinyal Analog
  - 1.1.2 Sinyal Digital
- 1.2 Baud, Bit, Byte, dan Kode Kembali ke Pengetahuan Dasar
  - 1.2.1 Tinjauan
  - 1.2.2 Baud rate vs. bit per detik-sinyal vs jumlah informasi yang dikirim.
  - 1.2.3 Kode menambah arti pada bit.
  - 1.2.4 Byte = karakter
- 1.3 Bandwith Mengukur Kapasitas
  - 1.3.1 Narrowband vs. wideband lambat dan cepat
  - 1.3.2 Protokol dan arsitektur
- 1.4 Kompresi dan Multiplexing
  - 1.4.1 Kompresi manipulasi data untuk memperbesar kapasitas
  - 1.4.2 Modem menggunakan kompresi untuk mendapat masukan yang lebih tinggi
  - 1.4.3 Video kompresi membuat konferensi video tersedia secara komersial
  - 1.4.4 Standar kompresi = interoperabilitas
  - 1.4.5 Streaming media

**BAB II. JARINGAN TELEKOMUNIKASI**

- 2.1 Pendahuluan
- 2.2 Jaringan Telekomunikasi Secara Umum
- 2.3 Jaringan Lokal
  - 2.3.1 Metode Distribusi
  - 2.3.2 Sistem Paralel
  - 2.3.3 Kabel antar sentral / junction
  - 2.3.4 Sistem intercom
  - 2.3.5 Sistem penyambungan otomatis
- 2.4 Jaringan Interlokal
  - 2.4.1 Per-multipleks-an (multiplexing)
  - 2.4.2 Jaringan lokal dan interlokal

**BAB III. MEDIA TRANSMISI**

- 3.1 Media Transmisi Kabel
  - 3.1.1 Kabel seimbang
  - 3.1.2 Kabel koaksial (coaxial)
  - 3.1.3 Penyambung kabel koaksial
- 3.2 Saluran Optik (Fiber Optik)
  - 3.2.1 Jenis serat optik
  - 3.2.2 Prinsip kerja transmisi pada serat optic
  - 3.2.3 Teknik penyambungan serat optik
  - 3.2.4 Keunggulan transmisi serat optic

- 
- 3.3 Radio
    - 3.3.1 Gelombang radio
  - 3.4 Antena
    - 3.4.1 Karakteristik Antena
    - 3.4.2 Macam-macam konfigurasi antena
    - 3.4.3 Sistem penyambungan otomatis

## **BAB IV. TRANSMISI ANALOG DAN TRANSMISI DIGITAL**

- 4.1 Transmisi Analog
  - 4.1.1 Karakteristik transmisi analog
  - 4.1.2 Perbandingan Data Analog dan Data Digital
  - 4.1.3 Spektrum daya analog
  - 4.1.4 Penyebab Noise
  - 4.1.5 Communication Synchronization
- 4.2 Transmisi Digital
  - 4.2.1 Karakteristik sistem transmisi digital
  - 4.2.2 Pulsa-pulsa untuk transmisi baseband
  - 4.2.3 Transmisi baseband
  - 4.2.4 Kode Nonreturn to Zero (NRZ)
- 4.3 Merubah Analog Menjadi Digital
  - 4.3.1 Kriteria Nyquist

## **BAB V. KONSEP DASAR MODULASI DAN DEMODULASI**

- 5.1 Modulasi dan Demodulasi
  - 5.1.1 Metoda modulasi
  - 5.1.2 Struktur sirkit-sirkit untuk modulasi amplitudo dan modulasi frekwensi
  - 5.1.3 Jenis-jenis modulasi
- 5.2 Modulasi Amplitudo dan Demodulasi
  - 5.2.1 Modulasi Amplitudo
  - 5.2.2 Modulasi sudut
  - 5.2.3 Demodulasi

## **BAB VI. SISTEM TELEKOMUNIKASI GELOMBANG MIKRO**

- 6.1 Propagasi Gelombang
  - 6.1.1 Metoda modulasi
- 6.2 Gelombang mikro
  - 6.2.1 Karakteristik
  - 6.2.2 Aplikasi
  - 6.2.3 Ciri – ciri penghantaran
- 6.3 Gelombang Satelit
  - 6.3.1 Karakteristik
  - 6.3.2 Aplikasi
  - 6.3.3 Ciri – ciri penghantaran

---

## 6.4 Gelombang Radio

- 6.4.1 Karakteristik
- 6.4.2 Aplikasi
- 6.4.3 Ciri – ciri penghantaran

## 6.5 WiMAX: (Wireless Microwave Access)

- 6.5.1 Asal muasal WiMAX
- 6.5.2 Karakteristik WiMAX
- 6.5.3 WiMAX forum
- 6.5.4 Keuntungan WiMAX
- 6.5.5 WiMAX di masa depan
- 6.5.6 Radio gelombang mikro SDH (Synchronous Digital Hierarchy)
- 6.5.7 Integrasi Radio SDH dengan elemen-elemen jaringan fiber

# **BAB VII. SISTEM KOMUNIKASI SATELIT**

## 7.1 Pendahuluan

## 7.2 Jenis-jenis Satelit

## 7.3 Jenis-jenis orbit

- 7.3.1 Jenis – jenis orbit satelit
- 7.3.2 Link Budget
- 7.3.3 Demodulasi

## 7.4 Sistem Komunikasi Satelit (Segmen Bumi dan Segmen Angkasa)

## 7.5 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Komunikasi Satelit

# **BAB VIII. TEORI SELULAR**

## 8.1 Konsep Seluler

- 8.1.1 Konsep Pengulangan Frekuensi
- 8.1.2 Pembelahan Sel
- 8.1.3 Saat Peralihan (Handoff/Handover)
- 8.1.4 Masalah interferensi
- 8.1.5 Mengurangi Interferensi dengan Sektorisasi

## 8.2 Propagation Loss

- 8.2.1 Fading
- 8.2.2 Prediksi Level Sinyal Penerima pada Propagasi Sinyal Sistem Selular

## 8.3 Komunikasi Radio Digital

- 8.3.1 Modulasi Digital
- 8.3.2 Kinerja Modulasi Digital

# **BAB IX. SISTEM SELULAR CDMA**

## 9.1 Konsep Spektrum Tersebar (Spread Spectrum)

- 9.1.1 Kinerja Spektrum Tersebar
- 9.1.2 Konfigurasi DSSS dan Pembangkitan Deretan Pseudonoise

## 9.2 Pengertian dan Konsep CDMA

- 9.2.1 Multiuser pada Arah Forward (Base Station ke Mobile Station)

- 
- 9.2.2 Multiuser pada Arah Reverse (Mobile Station ke Base Station)
  - 9.2.3 Performansi Teoritis Kanal Reverse CDMA
  - 9.2.4 Masalah-masalah Penerapan CDMA dalam Komunikasi Selular
  - 9.3 Sifat-sifat CDMA
    - 9.3.1 Multi Diversitas
    - 9.3.2 Daya Pancar yang Rendah
    - 9.3.3 Keamanan (Privacy)
    - 9.3.4 Kapasitas
    - 9.3.5 Deteksi Aktivitas Suara
    - 9.3.6 Peningkatan Kapasitas dengan Sektorisasi
    - 9.3.7 Soft Capacity
  - 9.4 Kapasitas Radi0 Selular CDMA
    - 9.4.1 Kapasitas Radio Tanpa Power Control
    - 9.4.2 Kapasitas dengan Power Control

## **BAB X. SISTEM SELULAR WCDMA**

- 10.1 Perkembang Sistem Komunikasi Bergerak
- 10.2 Konsep Sistem Komunikasi Bergerak Generasi Ke III
  - 10.2.1 Gambaran Umum IMT-2000
  - 10.2.2 Prinsip Utama IMT-2000
  - 10.2.3 Standardisasi IMT-2000
  - 10.2.4 Layanan IMT-2000
- 10.3 Riset Pengembangan
  - 10.3.1 WCDMA untuk UMTS
  - 10.3.2 Kendala Pengembangan
  - 10.3.3 Bidang Penelitian
- 10.4 Arsitektur Jaringan
  - 10.4.1 Mobile Station (MS)
  - 10.4.2 Base Station/Base Transceiver Station (BS/BTS)
  - 10.4.3 Radio Network Controller (RNC)
  - 10.4.4 Mobile Switching Center (MSC)
  - 10.4.5 Home Location Register (HLR)
- 10.5 Aspek Teknologi WCDMA
  - 10.5.1 Alokasi Spektrum Frekuensi Kerja
  - 10.5.2 Pengkalan Radio
  - 10.5.3 Teknik Modulasi
  - 10.5.4 Multiplex
  - 10.5.5 Metode Dupleks
  - 10.5.6 Power Control
  - 10.5.7 Sinkronisasi
  - 10.5.8 Integrasi Jaringan GSM dan WCDMA
  - 10.5.9
- 10.6 Pengaruh Spektrum Sharing Terhadap Sistem WCDMA
  - 10.6.1 Diskripsi Sistem
  - 10.6.2 Kondisi Propagasi

- 
- 10.6.3 Unjuk Kerja Sistem PCN CDMA
  - 10.6.4
  - 10.7 Aspek Kapasitas
    - 10.7.1 Kapasitas WCDMA
    - 10.7.2 Perbandingan Kapasitas
  - 10.8 Kualitas Layanan WCDMA

## DAFTAR PUSTAKA

---

## DAFTAR TABEL

---

Hal:

Tabel 1.1	Contoh Kode ASCII
Tabel 1.2	Layanan Telekomunikasi Wideband dan Narrowband
Tabel 3.1	Perbedaan Kabel Coaxial dan Kabel Serat Optik
Tabel 3.2	Bandwith Transmisi Radio
Tabel 5.1	Perbandingan Modulasi
Tabel 6.1	Spektrum Gelombang Elektromagnetik
Tabel 7.1.	Link Budget
Tabel 8.1	Perbandingan dari beberapa modulasi digital
Table 10.1	Standardisasi IMT-2000 di ITU
Tabel 10.2	Karakteristik propagansi untuk berbagai jarak dari base station ke antena sistem gelombang mikro
Tabel 10.3	Level perbandingan sinyal terhadap interferensi untuk jarak tertentu

Gambar 1.1 Satu Siklus gelombang analog, satu hertz

Gambar 1.2 Noise yang ikut dikuatkan pada jalur analog; dihilangkan pada layanan digital.

Gambar 1.3 Kompresi pada modem

Gambar 1.4 Multiplexer untuk berbagi satu jalur telepon

Gambar 2.1. Komunikasi sebagai kegiatan penyaluran informasi

Gambar 2.2 Konstruksi djp sebuah saluran langganan

Gambar 2.3 Konstruksi sebuah kabel coaxial

Gambar 3.1 Kabel Koaksial 50 Ohm

Gambar 3.2 Fiber optic

Gambar 3.3 Penampang Fiber optik

Gambar 3.4 Pulsa serat optik multi-mode

Gambar 3.5 Pulsa serat optik single-mode

Gambar 3.6 OTB wallmount

Gambar 3.7 OTB rackmount

Gambar 3.8 Konektor kabel serat optik

Gambar 3.9 Frekuensi gelombang radio untuk pengiriman suara

Gambar 3.10 Dipole

Gambar 3.11 Dipole dengan pemantul

Gambar 3.12 Dipole dengan pemantul dan penyearah

Gambar 3.13 Horn

Gambar 3.14 Parabola dengan prime focus

Gambar 3.15 Parabola dengan casegrain

Gambar 4.1 Sinyal Analog

Gambar 4.2 Spektrum daya analog

Gambar 4.3 Perbedaan transmisi analog dan digital

Gambar 4.4 Noise

Gambar 4.5 Crosstalk

Gambar 4.6 Multiplexing



---

Gambar 4.7 Pulsa Transmisi Baseband

Gambar 4.8 Transmisi baseband

Gambar 4.9 Proses Sampling

Gambar 4.10 Laju Pensinyalan Nyquist

Gambar 5.1 Bentuk gelombang dari metoda modulasi yang berbeda-beda

Gambar 5.2 Prinsip sirkit modulasi amplitudo

Gambar 5.3 Prinsip sirkit modulasi frekuensi

Gambar 5.4 Bentuk-bentuk gelombang dalam demodulasi (modulasi amplitude)

Gambar 5.5 Spektrum dari modulasi amplitudo

Gambar 5.6 Modulasi Frekuensi

Gambar 5.7 Sinyal FS

Gambar 7.1 Tipe-tipe Orbit

Gambar 7.2 Lintasan orbit Leo dan Geo

Gambar 7.3 Sistem “bypass” pada jaringan telekom

Gambar 7.4 Sistem perluasan Cellular atau jaringan telekom.

Gambar 7.5 Arsitektur Komunikasi Satelit

Gambar 8.1 Sistem komunikasi bergerak konvensional

Gambar 8.2 Pengulangan frekuensi (reuse frequency)

Gambar 8.3 Pola pengulangan kembali  $K = 7$

Gambar 8.4 Pembelahan sel (Cell Splitting)

Gambar 8.5 Mekanisme proses handoff

Gambar 8.6 Sistem antena berarah

Gambar 8.7 Representasi sinyal radio mobile

Gambar 1.8 Rata-rata  $r(x)$  sepanjang  $2L$

Gambar 8.9 Fungsi rapat peluang distribusi normal

Gambar 8.10 Fungsi rapat peluang distribusi Rayleigh

Gambar 8.11 Trade off pemanfaatan energi dan lebar pita frekuensi sistem beberapa  
pada modulasi digital

Gambar 8.12 BER untuk berbagai sistem modulasi digital

Gambar 9.1 Teknik dasar spektrum tersebar

Gambar 9.2 Pemancar BPSK DSSS

Gambar 9.3 Penerima BPSK DSSS

Gambar 9.4 Spektrum sinyal sebelum dan sesudah penyebaran

Gambar 9.5 Prinsip selular CDMA

Gambar 9.6 Skema perbandingan FDMA, TDMA dan CDMA dalam domain frekuensi dan waktu

Gambar 9.7 Fungsi Walsh dan kode offset pada sisi kirim dan terima

Gambar 9.8 Multiuser pada sistem reverse

Gambar 9.9 Performansi teoritis kanal reverse dengan modulasi BPSK

Gambar 9.10 Power control CDMA

Gambar 9.11 Sinyal Multipath

Gambar 9.12 Rake Receiver

Gambar 9.13 Diversitas pada CDMA

Gambar 9.14 Rata-rata siklus pembicaraan (spurt) dan jeda (pause)

Gambar 9.15 Ilustrasi dari dua harga CIRF

Gambar 9.16 Sistem CDMA dan interferensinya

Gambar 10.1 Evolusi menuju UMTS/IMT-2000 pada lingkungan sistem global-komunikasi bergerak

Gambar 10.2 Jenis-jenis layanan UMTS

Gambar 10.3 Arsitektur jaringan WCDMA

Gambar 10.4 Skema spreading dan modulasi pada uplink

Gambar 10.5 Skema spreading dan modulasi pada downlink

Gambar 10.6 Multiplex layer fisik

Gambar 10.7 Integrasi jaringan GSM dan WCDMA

Gambar 10.7 Pembagian spectrum frekuensi pada PCN CDMA

Gambar 10.8 Pola radiasi antena sistem gelombang mikro

Gambar 10.9 Hasil pengukuran kualitas pembicaraan pada sistem WCDMA

Gambar 10.10 BER vs  $E_b/N_0$

## **BAB I**

### **KONSEP-KONSEP DASAR**

Bab ini membahas istilah-istilah dasar telekomunikasi. Istilah seperti analog, digital dan bandwidth akan digunakan dalam konteks pekerjaan para profesional sehari-hari. Pemahaman terhadap terminologi-terminologi yang fundamental akan menjadi dasar untuk mempelajari layanan telekomunikasi tingkat tinggi. Pengetahuan tentang konsep-konsep fundamental seperti digital, analog, bandwidth, kompresi, protokol, kode dan bit dapat digunakan untuk memahami bermacam-macam teknologi, seperti layanan digital berkecepatan tinggi dan jaringan konvergen dan tanpa kabel (convergence & wireless network). Teknologi-teknologi ini, seperti juga Internet, sedang mengubah cara orang Amerika berbisnis dengan melahirkan layanan-layanan telekomunikasi baru dan membuat komunitas dunia luas yang lebih kecil dan saling terhubung.

Protokol adalah unsur penting yang dapat membuat berbagai komputer saling berkomunikasi. Protokol dapat diumpamakan sebagai etiket antarkomputer. Seperti etiket yang mengajarkan agar orang berjabat tangan terlebih dahulu, bagaimana cara orang saling menyapa, dan aturan tamu untuk merunggalkan acara-acara pesta, demikian juga protokol mengajarkan aturan kapan komputer mengirimkan data dan sejauh mana komputer menunggu jawaban sebelum mengakhiri transmisi. Protokol menangani fungsi-fungsi seperti koreksi kesalahan (error correction), deteksi kesalahan (error detection) dan pengiriman atau transmisi file secara umum agar komputer dapat saling "berbicara" satu sama lain. Sebuah komputer dapat mengirim data ke komputer-komputer lain menggunakan protokol, seperti IPX, protocol dari NetWare yang didesain untuk komunikasi pada jaringan lokal (LAN).

Komputer, printer, dan peralatan yang berasal dari bermacam-macam vendor juga perlu untuk dapat mengirim informasi seperti surat elektronik dan attachment melewati jaringan. Ini adalah peranan arsitektur dan rangkaian protokol. Arsitektur mengikat komputer dan peralatan pendukungnya menjadi satu. Lapisan (layer) di dalam arsitektur memiliki protokol untuk mendefinisikan fungsi-fungsi seperti pencarian rute (routing), pemeriksaan kesalahan (error checking) dan pengalamatan (addressing).

Arsitektur paket protokol dapat diumpamakan sebagai payung yang di bawahnya terdapat protocol protokol dan peralatan yang saling berkomunikasi. Komputer di dalam kantor-kantor perusahaan secara fisik terhubung bersama melalui local area network (LAN) yang berada di dalam bangunan atau lingkungan kampus. LAN menghubungkan komputer, printer, scanner, dan bermacam-macam peralatan seperti modem, unit konferensi video, dan unit faksimile. LAN dihubungkan dengan LAN yang lain melalui metropolitan area network (MAN), dan wide area network (WAN). Pertumbuhan jumlah peralatan dan peralatan pendukung pada LAN akan menambah kepadatan data jaringan. Pengguna akan merasakan kepadatan jaringan saat terjadi penundaan (delay) pada transmisi dan penerimaan e-mail dan pencarian basis data, misalnya. Bab ini membahas mengapa terjadi kepadatan pada LAN, serta bagaimana perusahaan-perusahaan menghilangkan kepadatan ini.

Satu solusi untuk mengatasi kemacetan lalu lintas pada wide area network adalah dengan penggunaan multiplexing. Multiplexing membuat berbagai peralatan dapat berbagi satu jalur telepon. Sebagai contoh, T-1 menyediakan 24 jalur komunikasi pada satu jalur hubungan berkecepatan tinggi. Skema-skema multiplexing yang lebih baru bahkan dapat bertambah kapasitasnya. T-3 menyediakan 672 jalur komunikasi pada satu hubungan telekomunikasi. Skema-skema multiplexing ini membuat organisasi-organisasi swasta dan non profit dapat membawa sejumlah besar lalu lintas data, video dan gambar antar tempat. T-3 adalah cara yang penting untuk pusat panggilan yang besar, seperti perusahaan penerbangan, agar dapat menangani volume ratusan panggilan telepon yang datang.

Cara lain untuk menambah kapasitas untuk berbagai aplikasi, seperti grafik, citra sinar-x dan video berbasis Internet adalah dengan penggunaan kompresi (compression). Kompresi memampatkan sejumlah besar data menjadi berukuran lebih kecil. Dalam kenyataannya, tersedianya sistem konferensi video yang terjangkau dapat dimungkinkan dengan kemajuan teknologi kompresi. Kompresi membuat gambar video dapat "pas" ke dalam jalur telepon yang lebih lambat, dibandingkan tanpa penggunaan kompresi. Sebelum teknologi kompresi dikembangkan, diperlukan jalur telekomunikasi berkecepatan tinggi dengan biaya mahal untuk konferensi video.

Kompresi telah memberikan efek besar pada dunia Internet, terutama penggunaannya pada streaming media. Internet bukan lagi tempat untuk teks dan gambar saja. Kombinasi kompresi dan komputer yang kuat dan modem .-ng cepat dapat memungkinkan kita mendengar suara berkualitas melalui Internet. Kualitas video melalui Internet akan terus berkembang, seiring dengan semakin lazimnya jaringan telepon digital berkecepatan tinggi.

### **1.1 Analog dan Digital**

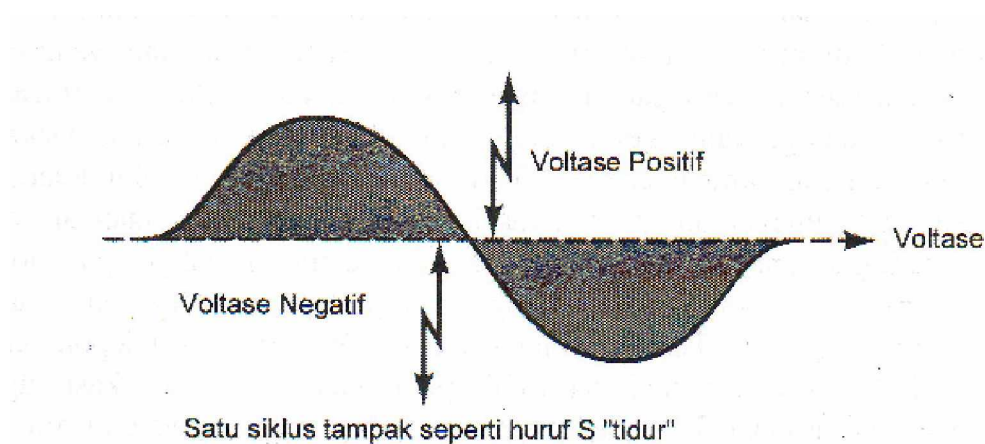
Jaringan telepon publik semula hanya didesain untuk panggilan telepon suara saja. Saat telegraph ditemukan tahun 1840, jaringan telepon digunakan juga untuk mengirim pesan singkat. Saat pesawat telepon ditemukan tahun 1876, jaringan telepon digunakan untuk mentransmisikan suara. Kata-kata yang diucapkan ditransmisikan sebagai gelombang suara analog. Orang berbicara dalam format analog, yaitu gelombang. Panggilan telepon ditransmisikan dalam bentuk analog sampai akhir 1960-an. Saat kebanyakan jalur telepon publik saat ini telah menjadi digital, masih banyak layanan-layanan analog yang tetap sering digunakan, dan sebagian jaringan telepon masih tetap analog. Mayoritas jaringan telepon yang dihubungkan ke jack pesawat telepon rumah adalah instrumen analog. Hampir semua sinyal TV dan jalur telepon dari rumah-rumah ke peralatan terdekat milik perusahaan telekomunikasi juga analog, seperti perusahaan TV kabel memasang sebagian kabelnya dari rumah pelanggan ke tiang telepon terdekat.

Dengan bertambahnya orang menggunakan komputer untuk berkomunikasi. dan bertambahnya volume panggilan telepon, format analog yang di-sain untuk lalu-lintas suara bervolume lebih rendah terasa tidak efisien. Sinyal digital memang lebih cepat, memiliki kapasitas lebih besar dan mengandung kesalahan (error) yang lebih sedikit daripada sinyal analog. Sinyal telekomunikasi berkecepatan tinggi, dalam komputer, yang dikirim menggunakan layanan ISDN lewat jalur serat optik dan antara sebagian besar kantor telepon, adalah sinyal digital. Dengan mengecualikan TV sekarang dan sebagian pemasangan kabel TV, peralatan analog tetap digunakan untuk transmisi berkecepatan rendah. Layanan analog kebanyakan adalah layanan~anan jalur telepon kuno (plain old telephone service = POTS) yang digunakan pelanggan residensial dan pelanggan bisnis berskala kecil.

### 1.1.1 Sinyal analog

#### 1.1.1.1 Frekuensi pada layanan analog

Sinyal analog berada di jalur telepon dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Cara sinyal bergerak diekspresikan dalam frekuensi. Frekuensi adalah jumlah getaran bolak-balik sinyal analog dalam satu siklus lengkap per detik. Satu siklus lengkap, seperti pada Gambar 1.1, terjadi saat gelombang berada pada titik bertegangan nol, menuju ke titik tegangan positif tertinggi pada gelombang, menurun ke titik tegangan negatif dan menuju ke titik nol kembali. Semakin tinggi kecepatan atau frekuensinya, semakin banyak siklus lengkap yang terjadi pada satu periode waktu. Kecepatan atau frekuensi ini dinyatakan dalam hertz (Hz). Sebagai contoh, sebuah gelombang yang berayun bolak-balik sebanyak sepuluh kali tiap detik berarti memiliki kecepatan sepuluh hertz atau sepuluh siklus per detik.



Gambar 1.1

Satu Siklus gelombang analog, satu hertz

Layanan-layanan analog, seperti suara, radio dan sinyal TV, bergetar atau berosilasi dalam rentang (range) frekuensi tertentu. Sebagai contoh, suara berada pada rentang 300 sampai 3300 Hz. Bandwidth, atau rentang frekuensi yang digunakan sebuah layanan, ditentukan dengan mengurangi batas rentang atas dengan batas rentang bawah. Jadi, rentang suara yang disalurkan ke jaringan telepon publik adalah 3000 hertz (3300 minus 300), atau dapat juga ditulis Hz atau siklus per detik.

Frekuensi yang digunakan layanan-layanan analog diekspresikan dalam bentuk singkatan. Misalnya, ribuan siklus per detik ditulis dengan kilohertz (kHz), dan jutaan siklus per detik ditulis dengan megahertz (MHz). Transmisi analog terjadi pada media yang tertutup seperti kabel coaxial, TV kabel dan pada kabel tembaga yang digunakan pada layanan telepon rumah. Layanan analog juga ditransmisikan melalui media "terbuka", seperti gelombang mikro, telepon rumah tanpa kabel dan telepon seluler. Layanan-layanan tertentu berada pada frekuensi yang terdefinisi sebelumnya. Contoh frekuensi-frekuensi analog adalah:

- Kilohertz atau kHz = ribuan siklus per detik
- Suara berada pada rentang frekuensi 0,3 kHz sampai 3,3 kHz, atau 3000 Hz.  
Megahertz atau MHz = jutaan siklus per detik  
Sinyal TV kabel analog berada pada rentang frekuensi 54 MHz sampai 750 MHz.
- Gigahertz atau GHz = milyaran siklus per detik  
Kebanyakan menara gelombang mikro analog beroperasi antara 2 dan 12 GHz

Bandwidth 3000-siklus yang dialokasikan untuk setiap percakapan pada !aringan publik terlalu lambat untuk komputer digital saat berkomunikasi melalui jalur analog lewat modem. Modem, yang memungkinkan komputer digital dan mesin faksimile berkomunikasi lewat jalur telepon analog, memiliki cara untuk mengatasi beberapa keterbatasan kecepatan di jaringan publik yang sebagian analog. (Lihat Bab 7 untuk informasi mengenai modem.)

Bandwidth 3000-siklus yang dialokasikan untuk setiap percakapan pada !aringan publik terlalu lambat untuk komputer digital saat berkomunikasi melalui jalur analog lewat modem. Modem, yang memungkinkan komputer digital dan mesin faksimile berkomunikasi lewat jalur telepon analog, memiliki cara untuk mengatasi beberapa keterbatasan kecepatan di jaringan publik yang sebagian analog. (Lihat Bab 7 untuk informasi mengenai modem.)

### 1.1.1.2 Kerugian pada layanan analog

Mengirim sinyal telepon analog dapat dianalogikan dengan mengirim air lewat pipa. Aliran air kehilangan tenaganya saat disalurkan melalui sebuah pipa. Semakin jauh pipa yang dilalui, semakin banyak tenaga yang hilang dan aliran menjadi semakin lemah. Demikian juga, sinyal analog menjadi semakin lemah setelah melalui jarak yang jauh, baik sinyal tersebut dikirim melalui kawat tembaga, kabel coaxial atau melalui udara sebagai sinyal radio atau gelombang mikro. Sinyal yang bertemu dengan resistansi di dalam media pengirimannya (baik tembaga, kabel coaxial atau udara) diperlemah. Pada percakapan suara, suara dapat terdengar lebih pelan. Selain bertambah lemah, sinyal analog juga rentan terhadap interferensi elektrik, atau "desah" (noise) dari dalam jalur. Kabel listrik, petir dan mesin-mesin listrik semuanya menginjeksikan desah dalam bentuk energi listrik pada sinyal analog. Pada percakapan suara, noise pada jalur analog dapat terdengar statik.

Untuk mengatasi resistansi dan meningkatkan sinyal, sebuah gelombang analog dikuatkan secara periodis menggunakan alat yang disebut amplifier (penguat). Menguatkan sinyal analog yang telah dilemahkan bukannya tanpa masalah. Pada layanan analog, amplifier yang menguatkan sinyal tidak dapat membedakan antara energi listrik yang hadir dalam bentuk noise dengan suara atau data aktual yang ditransmisikan. Maka noise juga ikut dikuatkan bersama sinyal. Pada percakapan telepon, orang mendengar statik pada latar saat hal ini terjadi. Saat noise pada transmisi data ikut dikuatkan, noise dapat menyebabkan terjadinya kesalahan pada transmisi. Sebagai contoh, pada transmisi data keuangan, sales penerima transmisi dapat menerima jumlah \$300.000, padahal informasi yang dikirim sebenarnya \$3 juta.

### 1.1.2 Sinyal digital

Sinyal digital memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan analog:

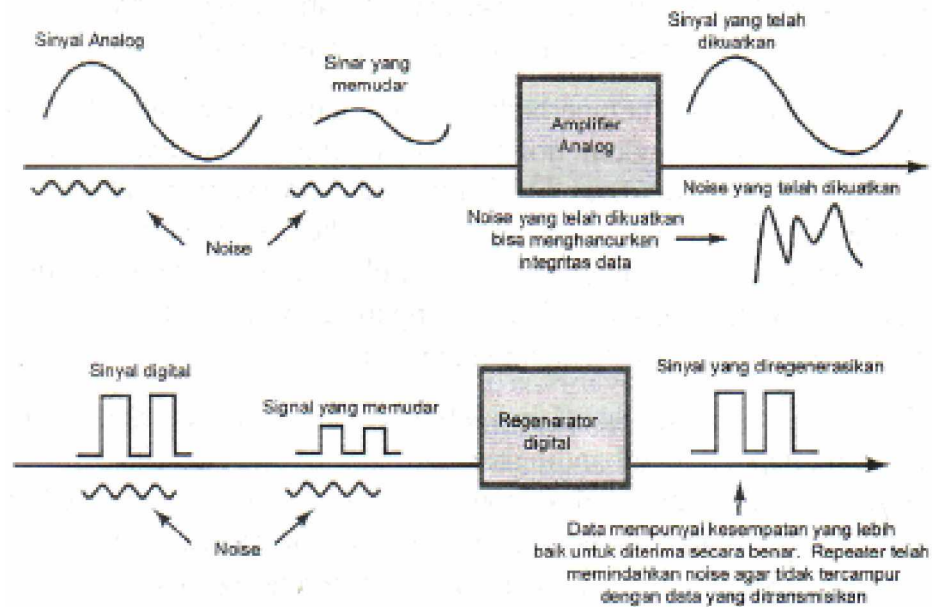
- Kecepatan lebih tinggi
- Kualitas suara lebih jernih
- Lebih sedikit kesalahan
- Memerlukan peralatan pendukung yang tidak terlalu kompleks



### 1.1.2.1 Suara lebih jernih, lebih sedikit kesalahan

Sebagai ganti gelombang, sinyal digital ditransmisikan dalam bentuk bit-bit biner. Kata biner berarti terdiri dari dua bagian. Pada istilah telekomunikasi, istilah biner mengacu pada fakta bahwa hanya ada dua nilai untuk suara dan data yang ditransmisikan, yaitu on dan off. Bit-bit on dilukiskan sebagai satu, tanda adanya tegangan, dan bit-bit off dilukiskan sebagai nol, tidak ada tegangan. Kenyataan bahwa transmisi digital hanya terdiri dari on dan off adalah suatu alasan mengapa layanan digital dapat lebih akurat dan lebih jernih untuk suara. Sinyal digital dapat dibuat agar lebih dapat diandalkan. Untuk membuat gelombang yang dapat memiliki bentuk dibandingkan bit yang hanya terdiri dari on dan off saja memang lebih kompleks.

Baik sinyal analog dan digital masing-masing memiliki kelemahan. Volume kedua sinyal makin berkurang terhadap jarak, makin lemah dan mudah menerima gangguan atau interferensi, termasuk gangguan statik. Namun sinyal digital dapat "direparasi" dengan lebih baik dibandingkan sinyal analog. Gambar 1.2 mengilustrasikan bahwa pada saat sinyal digital kehilangan kekuatan dan melemah terhadap jarak, peralatan untuk meregenerasi sinyal pada jalur dapat mengetahui apakah setiap bit bernilai satu atau nol dan kemudian membangkitkan ulang bit-bit tersebut. Noise atau gangguan statik dapat dihilangkan. Noise pada sinyal digital tidak diregenerasi ulang, seperti pada sinyal analog, pada Gambar 1.2. Orang yang dari saat pertama kali telah terbiasa menggunakan telepon digital tanpa kabel mengomentari adanya perbaikan kejernihan suara dibandingkan terhadap layanan analog seluler.



Gambar 1.2

Noise yang ikut dikuatkan pada jalur analog; dihilangkan pada layanan digital.

Selain kejelasan, sinyal digital memiliki lebih sedikit kesalahan. Pada transmisi analog, di mana noise ikut dikuatkan, peralatan penerima dapat menginterpretasikan sinyal yang telah dikuatkan sebagai bit informasi. Orang yang menggunakan modem untuk mengirim data sering menerima data salah. Pada transmisi digital, di mana noise dikesampingkan, kesalahan lebih jarang terjadi, lebih sedikit error pada transmisi.

#### 1.1.2.2 Televisi digital contoh transmisi digital untuk meningkatkan kejelasan

FCC menyetujui standar televisi pada tahun 1941 untuk televisi hitam putih (Penyebarluasan pengenalan televisi tertunda karena Perang Dunia II). Standar TV warna yang diatur oleh Komite Standar Televisi Nasional atau National Television Standard Committee (NTSC) disetujui pada tahun 1954. Biasanya orang dengan siaran televisi analog mengenal adanya "salju" dan "hantu" yang sering hadir bersama dengan gambar televisi. TV yang terletak jauh dari antena siaran paling sering memiliki problem dengan kejernihan gambar. Ini adalah akibat berkurang atau melemahnya sinyal analog. "Salju" yang terlihat pada layar TV adalah gangguan pada saluran televisi saat noise atau interferensi menjadi lebih kuat daripada sinyal aslinya. Makin jauh jaraknya dari antena

siaran, relatif makin besar jumlah noise terhadap gambar yang ditransmisikan.

Satu faktor dalam memperbaiki kualitas gambar dengan televisi digital adalah dengan menghilangkan noise. Dengan televisi digital, kode koreksi error ikut dikirim dengan sinyal TV. Tambahan koreksi error sebesar 10% ini membuat gambar TV digital sama jelasnya saat berada pada jarak 50 mil dari antena dengan 5 mil dari antena. Kode koreksi error memeriksa sinyal dan menghilangkan kesalahan-kesalahan. Dengan demikian, kejernihan sinyal digital menjadi seragam lewat jangkauan antena.

Tambahan pula, sinyal digital lebih sedikit melemah atau mengalami degradasi terhadap jarak dibandingkan dengan sinyal analog. Sinyal digital harus berjalan lebih jauh sebelum mulai melemah. Namun, jika sebuah TV berada di luar jangkauan jarak menara digital, sinyalnya ikut hilang sama sekali. Transisi dalam istilah kualitas dari televisi analog menuju digital mirip dengan perubahan kualitas dari pita (tape) audio analog ke compact disc (CD) digital. TV digital menyajikan suara dan gambar berkualitas studio pada layar di rumah.

Stasiun-stasiun pemancar di pasar sepuluh besar (top ten) di Amerika Serikat mulai mengudarakan sinyal high-definition television (HDTV) pada bulan November tahun 1998.

#### **1.1.2.3 Kecepatan dan keandalan yang lebih tinggi**

Selain perbaikan kejernihan transmisi digital lebih cepat daripada transmisi analog. Hal ini disebabkan sinyal digital tidak terlalu kompleks untuk ditransmisikan. Sinyal digital hanya terdiri dari bit-bit on dan bit-bit off sementara sinyal analog berbentuk gelombang yang kompleks. Saat kecepatan tertinggi yang diproyeksikan untuk modem-modem analog pada saat menerima data adalah 56.000 bit per detik, dan 33.600 bit pada saat mengirim data, router outer digital baru sekarang berjalan pada kecepatan terabit per detik. Satu terabit sama dengan seribu gigabit.

Terakhir, layanan digital memang lebih handal daripada layanan analog. Diperlukan peralatan yang lebih sedikit untuk memperkuat sinyal. Sinyal analog melemah pada jarak yang lebih dekat dibandingkan sinyal digital. Pada setiap titik di mana sinyal melemah, diperlukan amplifier atau regenerator. Setiap amplifier adalah tempat kemungkinan terjadinya kegagalan. Sebagai contoh, air dapat bocor ke dalam

lubang tempat masuk pekerja perusahaan, atau penguatnya sendiri dapat juga gagal. Organisasi yang menggunakan jalur digital seperti T-1 sering hanya mengalami satu atau dua kegagalan singkat dalam satu tahun penuh. Keandalan tinggi berakibat pada biaya pemeliharaan yang lebih rendah bagi perusahaan telepon yang mendukung jaringan digital.

#### **1.1.2.4 Peralatan perusahaan menghemat uang perawatan dan tempat**

Sebelum tahun 1960an, baik transmisi untuk panggilan dan peralatan untuk mengatur rute panggilan adalah analog. Dimulai pada tahun 1960-an, panggilan pertama kali dibawa dalam format digital melalui pengkabelan antar kantorkantor pusat dengan penghubung analog. Memang canggung untuk menghubungkan lalu lintas panggilan digital dengan analog untuk diproses oleh penghubung kantor pusat analog. Peralatan yang disebut channel banks diperlukan untuk mengkonversi sinyal digital menjadi analog agar dapat ditangani di dalam kantor pusat analog dan untuk mengkonversi sinyal analog pada kantor pusat agar dapat dibawa pada kabel coaxial yang menjadi penghubung antar kantor-kantor pusat. Perubahan menjadi kantor pusat digital menghilangkan kebutuhan terhadap peralatan konversi analog ke digital dan digital ke analog. Hal ini akan menghemat uang perusahaan pada segi:

- **Perawatan** pada channel banks untuk mengkonversi analog ke digital dan sebaliknya.
- **Tempat** yang diperlukan oleh channel banks pada kantor-kantor pusat.

## **1.2 Baud, Bit, Byte, dan Kode Kembali ke Pengetahuan Dasar**

### **1.2.1 Tinjauan**

Komputer berkomunikasi menggunakan sinyal digital yang disebut bit. Bit berupa bilangan biner yang berbentuk dua wujud, on dan off. Komputer dapat saling "membaca" komunikasi jika bit-bit ini tersusun dalam serangkaian bentuk on dan off yang standar dan terdefinisi. Semua komputer IBM dan Mac berbahasa Inggris menggunakan variasi jenis kode yang sama. Kode utama, ASCII, digunakan saat komputer personal berkomunikasi melalui jaringan telepon. Minikomputer IBM dan komputer mainframe menggunakan kode yang berbeda, yaitu EBCDIC.

Orang biasa menggunakan istilah bit, baud rate, dan bytes saling bergantian. Namun artinya sedikit berbeda. Kecepatan pensinyalan pada jalur analog disebut baud rate. Baud rate diukur secara berbeda dengan bit per detik. Bit per detik adalah jumlah aktual bit yang dikirim dalam selang waktu titik A dan titik B. atau jumlah informasi atau data yang ditransmisikan pada gelombang listrik di jalur telepon analog.

### **1.2.2 Baud rate vs. bit per detik-sinyal vs. jumlah informasi yang dikirim**

Satu baud adalah satu sinyal atau gelombang analog elektrik. Satu siklus sinyal analog sama dengan satu baud. Sebuah siklus lengkap dimulai pada tegangan nol, menuju ke tegangan tertinggi dan turun ke tegangan terendah dan kembali lagi ke tegangan nol. Sebuah jalur 1200 baud berarti bahwa sinyal analog melengkapi 1200 siklusnya pada jangka waktu satu detik. Sebuah jalur 2400 baud melengkapi 2400 siklus gelombang tiap detik. Istilah baud rate hanya ditujukan pada sinyal analog elektrik dan tidak mengindikasikan jumlah informasi yang dikirim oleh sinyal tersebut.

Jaringan penghubung publik beroperasi pada 2400 baud. Karena jaringan publik hanya dapat membawa 2400 bit per detik, para pengguna komunikasi data akan sering terganggu saat menerima dan mengirim informasi melalui jalur telepon analog. Untuk mencapai kapasitas yang lebih besar, manufaktur-manufaktur modem mendesain modem yang dapat menambah lebih dari satu bit pada tiap sinyal analog atau baud. Maka, sebuah modem 9600 bit per detik dapat membuat setiap gelombang analog membawa empat bit data per gelombangnya ( $9600 : 2400 = 4$ ). Pernyataan bahwa 9600 bps modem beroperasi pada 2400 baud adalah benar. Sebuah modem 28.800 menempatkan 12 bit data ke dalam tiap sinyal atau gelombang elektrik dan tetap menggunakan jalur 2400 baud.

Baud rate ditujukan pada transmisi analog, bukan digital. Layanan digital tidak menggunakan gelombang untuk membawa informasi. Informasi dibawa sebagai sinyal elektrik on dan off dalam wadah kabel tembaga, dan berbentuk pulsa cahaya on dan off pada jalur serat optik. Pada layanan digital, sebuah jalur 56.600 bit per detik dapat membawa 56.600 bit tiap detiknya. Kecepatannya adalah 56 Kbps, atau 56 kilobit per detik.

### 1.2.3 Kode menambah arti pada bit

Agar komputer dapat bercakap-cakap dalam "bahasa" yang umum, bit-bit digital disusun menjadi kode seperti ASCII untuk komputer personal dan EBCDIC untuk komputer mainframe dan minikomputer IBM. Kode membuat komputer dapat menerjemahkan bit-bit biner on dan off menjadi informasi. Sebagai contoh, komputer-komputer berjarak jauh dapat membaca pesan email sederhana karena berada pada ASCII. ASCII (American~ Standard Code for Information Interchange) adalah kode tujuh bit yang digunakan oleh PC. Kode ASCII terbatas pada 128 karakter. Tambahan pada ASCII mendukung penggunaan kode delapan bit. Kebanyakan PC sekarang menggunakan ASCII lanjutan (extended ASCII). Karakter-karakter ini termasuk semua huruf kapital dan kecil pada alfabet, bilangan dan tanda-tanda baca seperti !, " dan: (lihat Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Contoh Kode ASCII

Karakter	Representasi ASCII
!	0100001
A	1000001
M	1101101

Karena hanya ada 128 atau 256 dengan karakter ASCII lanjutan, pemformatan seperti cetak tebal, garis bawah, tabulasi dan kolom tidak termasuk ke dalam kode ASCII. Program pengolah kata dan lembar kerja khusus menambahkan kode-kode tersendiri untuk memasukkan pemformatan dan fasilitas-fasilitas khusus. Maka, dokumen Microsoft® Word®, sebagai contoh, perlu "diterjemahkan" jika akan "dibaca" oleh program WordPerfect®. Setiap program menggunakan susunan bit yang berbeda, misalnya untuk pemformatan kolom, tabulasi dan footer. Masing-masing menambah format kode miliknya di samping kode standar ASCII. Mengirim dokumen antar kom-puter di ASCII membuat dokumen dapat dibaca pada semua PC. Namun, pemformatan khusus seperti tabulasi, tabel, kolom dan cetak tebal tidak termasuk ke dalam transmisi.

#### 1.2.4 Byte = karakter

Setiap karakter yang dibangkitkan komputer disebut satu byte. Satu bit berarti hanya satu sinyal on atau off. Keseluruhan karakter adalah satu byte. Sebuah dokumen satu halaman dapat memiliki 250 kata dengan rata-rata lima huruf per kata. Isi sama dengan  $5 \times 250$ , atau 1250 byte atau karakter. Namun, dapat juga mengandung 8750 bit jika tiap karakter dibangun dengan 7 bit. Kesimpulannya, satu byte adalah satu karakter yang tersusun atas tujuh atau delapan bit. Satu bit adalah satu sinyal on atau off. Tabel 1.3 berisi bermacam-macam definisi istilah-istilah jaringan.

### 1.3 Bandwith Mengukur Kapasitas

Pada telekomunikasi, bandwidth mengacu ke kapasitas. Bandwidth diekspresikan secara berbeda pada transmisi digital dan analog. Kapasitas angkutan pada media analog, seperti kabel coaxial, dinyatakan dalam hertz. Hertz adalah cara untuk mengukur kapasitas atau frekuensi layanan-layanan analog. Sebagai contoh, seseorang mungkin mengatakan kabel coaxial memiliki bandwidth 400 MHz; 400 Mhz berarti empat ratus juta siklus tiap detik. Kapasitas kabel dapat dinyatakan dalam frekuensi 400 MHz. Bandwidth layanan analog adalah perbedaan antara frekuensi tertinggi dan terendah di dalam medium saat membawa lalu lintas data. Pengkabelan yang membawa data antara 200 MHz dan 300 MHz memiliki bandwidth, atau frekuensi 100 MHz. Semakin besar perbedaan antara frekuensi tertinggi dan frekuensi terendah, semakin besar kapasitas atau bandwidth.

Pada layanan digital seperti ISDN, T-1, dan ATM, kecepatan dinyatakan dalam bit per detik. Secara sederhana, bit per detik adalah jumlah bit yang dapat ditransmisikan dalam satu detik. T-1 memiliki bandwidth sebesar 1,54 juta per detik. Bandwidth dalam istilah bit per detik atau hertz dapat dinyatakan dalam banyak cara. Beberapa di antaranya termasuk:

- Saluran individual ISDN memiliki bandwidth 64 ribu bit per detik, 64 kilobit per detik atau 64 Kbps.
- Rangkaian T-1 memiliki bandwidth 1,54 juta per detik, 1,54 juta bit per detik atau 1,54 Mbps.
- Salah satu versi ATM memiliki kapasitas sebesar 622 juta bit per detik, 622

- megabit per detik, atau 622 Mbps.
- Versi lain ATM memiliki kapasitas 13,22 milyar bit per detik, 13,22 Gigabit per detik atau 13,22 Gbps.
  - Seribu Gigabit disebut sebagai satu Terabit; 10 terabit per detik =10.000.000.000.000 bit per detik.

### 1.3.1 Narrowband vs. wideband lambat dan cepat

Selain bit per detik dan hertz, kecepatan kadang-kadang mengacu sebagai narrowband (jalur sempit) dan wideband (jalur lebar). Seperti air dimuat pada pipa lebar dan bergerak lebih cepat, jalur wideband membawa lebih banyak informasi daripada jalur narrowband, dan istilah wideband menjurus kepada kecepatan layanan yang lebih tinggi daripada narrowband. Kembali, kecepatan digital diekspresikan dalam bit per detik dan kecepatan analog diekspresikan dalam hertz.

Definisi teknologi wideband dan narrowband berbeda dalam industri, seperti dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Layanan Telekomunikasi Wideband dan Narrowband

Narrowband	Wideband
<p><b><i>T-1 pada 1,54 Mbps</i></b></p> <p>Percakapan 24 suara dan data pada serat optik, infra merah, gelombang mikro atau dua pasang kabel.</p>	<p><b><i>Pemancar Layanan I V-</i></b></p> <p><i>menggunakan 6 MHz tiap saluran High-definition TV (HDTV) yang lebih baru menawarkan kemajuan kejernihan TV melalui TV analog.</i></p>



<p><b><i>Jalur telepon analog pada 3000 Hz</i></b>  <i>Plain old telephone service (POTS)</i>, atau layanan biasa telepon lama. Modem membuat jalur analog dapat membawa data dari komputer digital.</p>	<p><b>Cable TV (CATV), atau TV kabel dan Komunitas antena televisi pada 700 MHz</b>          Memancarkan TV lokal dan satelit. Juga ter-sedia untuk komunikasi data dan akses ke Internet.</p>
<p><b>BRI ISDN pada 144 kbps</b>          Dua jalur untuk suara dan data, masing-masing pada 64 Kbps. Satu jalur untuk sinyal pada 16 Kbps.</p>	<p><b><i>ATM-sampai 13,22 Gbps, gigabit</i></b>          Sebuah layanan berkecepatan tinggi yang mampu untuk mengiri suara, video dan data</p>
	<p><b><i>SONET-sampai 13,22 Gbps, gigabit</i></b>          Antarmuka multiplexing optis untuk transmisi berkecepatan tinggi. Digunakan terutama pada penyedia layanan dan jaringan telco.</p>
	<p><b><i>T-3 pada 44,7 Mbps, megabit (ekuivalen dengan rangkaian 28T-1)</i></b>          Cara untuk mentransmisikan 672 percakapan melalui serat optik atau gelombang mikro digital.</p>

Televisi dan kabel dibawa pada kecepatan wideband. Jalur yang saling menghubungkan kantor-kantor telepon menggunakan layanan wideband. Panggilan suara, video dan data ditransportasikan dalam jaringan penyedia layanan secara umum dibawa pada kecepatan wideband. Namun, kebanyakan lalu lintas kantor menuju rumah-rumah individu dan bisnis dibawa pada kecepatan narrowband yang lebih lambat.

### **1.3.2 Protokol dan arsitektur**

#### **1.3.2.1 Protokol sebuah bahasa umum**

Protokol membuat peralatan dapat saling berkomunikasi. Protokol menyediakan bahasa yang umum dan satu set aturan. Peralatan yang berkomunikasi melalui Internet menggunakan serangkaian protokol yang disebut TCP/IP. Sebagai contoh, IP, atau Internet Protocol bagian dari TCP/IP membuat bagian dari pesan-pesan yang disebut datagram untuk mengambil rute yang berbedabeda melalui Internet. Datagram dibangun ke dalam satu pesan pada saat akhir penerima rute. Protokol lain, seperti Ethernet memungkinkan komunikasi antar komputer personal dalam satu gedung organisasi. Internet menggunakan HTTP (HyperText Transport Protocol) agar pemakai komputer dapat mengakses dokumen dan halaman web pada Internet. Komputer Apple dapat saling dihubungkan melalui protokol Apple Talk. Contoh fungsi protokol adalah:

- Siapa yang mengirim lebih dahulu?
- Pada jaringan dengan banyak peralatan, bagaimana memutuskan siapa yang mendapat giliran mengirim data?
- Bagaimana struktur susunan alamat peralatan seperti komputer?
- Bagaimana cara menentukan apakah telah terjadi kesalahan?
- Bagaimana cara memperbaiki kesalahan?
- Jika tidak ada yang mengirim, sampai kapan harus ditunggu sebelum memutuskan hubungan?
- Jika ada suatu kesalahan, apakah seluruh transmisi harus diulang atau hanya bagian yang salah?
- Bagaimana paket data dikirim, satu bit pada satu saat atau satu blok bit pada satu saat? Berapa banyak bit pada setiap blok? Apakah sebaiknya data ditaruh pada amplop- amp lop yang di sebut paket ?

Struktur protokol memiliki implikasi pada kecepatan dan efisiensi. Protokolprotokol berikut mengilustrasikan hal ini:

- SLIP (Serial Line Interface Protokol): Memungkinkan komputer menggunakan IP untuk mengakses Layanan Internet-nya.
- PPP (Point-to-Point Protokol) memiliki pengganti IP yang besar. Dapat digunakan

pada lingkungan non TCP/IP dan memiliki fungsionalitas keamanan yang lebih baik melalui SLIP. Digunakan untuk mengakses Internet dan mengikat jaringan yang tersebar.

### **1.3.2.2 Arsitektur rangkaian kerja komunikasi untuk banyak jaringan**

Arsitektur mengikat banyak protokol yang berbeda-beda. Model-model standar dan perusahaan-perusahaan yang dominan, seperti IBM mengembangkan arsiur. Pada pertengahan 1970-an, IBM telah menjual kepada pelanggannya sejumlah printer, terminal dan mainframe dan mini-komputer. Peralatan-peralatan ini saling berkomunikasi melalui sejumlah protokol yang tidak kompatibel. Sebuah arsitektur telah dikembangkan oleh IBM untuk membuat berbagai peralatannya dapat saling berhubungan. Arsitektur ini disebut SNA dan hanya spesifik ke IBM.

Selama periode yang sama, sebuah arsitektur dikembangkan oleh Inter-national Standards Organization atau ISO. Arsitektur ini, Interkoneksi Sistem Terbuka (Open System Interconnectivity) atau OSI dikembangkan agar peralatan dari berbagai vendor dapat saling berkomunikasi. Ini adalah sebuah arsitektur yang terbuka.

Saat OSI belum terimplementasi secara luas, OSI telah, memiliki pengaruh yang mendalam pada telekomunikasi. OSI meletakkan dasar konsep .komunikasi terbuka (open communication) di antara banyak manufaktur pera. Konsep dasar OSI adalah layering. Kelompok-kelompok fungsi dipecah ke dalam tujuh layer/lapisan yang dapat diubah dan dikembangkan tanpa harus mengubah layer-layer lain. Baik LAN dan Internet adalah berbasis pada konsep yang dikembangkan OSI untuk arsitektur berlapis.

Layer 1 adalah layer paling dasar, yaitu physical layer. Layer 1 mendefinisikan antarmuka elektrik dan jenis media, sebagai contoh, tembaga, media tanpa kabel dan serat optik. Layer 1 juga mendefinisikan elektroniknya (misal: modulasi) untuk membuat sinyal on dan off jaringan. Pada modem yang bekerja pada jalur analog, modulasi mengubah sinyal digital komputer ke analog dan saat akhir penerimaan, mengubah sinyal analog ke digital.

Layer 2 adalah data link layer. LAN, jaringan dalam perusahaan, berhubungan dengan Layer 2 pada model OSI. Layer 2 menyediakan aturan untuk mengontrol kesalahan dan memperoleh akses pada jaringan lokal dalam organisasi. Peralatan Layer 2

mirip dengan rute surat system pos menuju ke kediaman pemakai akhir.

Layer 3 disebut network layer. Memiliki aturan-aturan kompleks untuk alamat dan pencarian rute (routing) dan lebih banyak kontrol kesalahan daripada Layer 2. Komunikasi antara jaringan secara umum berkaitan dengan protokol yang bersesuaian dengan Layer 3 OSI. Protokol Layer 3 bertanggung jawab untuk mencari rute lalu lintas antar jaringan atau tempat. Layer 3 mirip dengan sebuah kantor pos lokal yang mencari rute untuk surat-surat ke luar kota berdasarkan kode pos. Kode pos yang dilihat, bukan alamat jalan. Layer 3 juga dikenal sebagai routing layer, digunakan untuk merute lalu lintas IP (Protokol Internet/Internet Protocol).

Layer 4 adalah transport layer. Peralatan Layer 4 membuat jaringan dapat membedakan antara berbagai aplikasi yang berbeda. Peralatan Layer 4 mencari rute berdasarkan isi. Sebagai contoh, transmisi video atau suara melalui jaringan data dapat menerima prioritas atau kualitas layanan yang lebih tinggi daripada e-mail. Peralatan Layer 4 juga bertanggung jawab untuk keamanan di router yang terhubung ke Internet atau jaringan privat maya (virtualprivate network/VPN). (Untuk VPN lihat Bab 9.) Filter di router memperbolehkan atau menolak akses ke jaringan berdasar alamat IP pengirim.

Layer 5 adalah session layer. Layer 5 mengatur dialog aktual sesi. Sebagai contoh, dapatkah kedua akhir dikirim pada waktu yang bersamaan? Dapatkah transmisi menjadi half-duplex, satu arah pada satu waktu pengiriman? Layer 5 juga dapat mendefinisikan sesi, sehingga hanya satu sesi yang dapat melakukan pengiriman.

Layer 6 adalah presentation layer. Layer 6 mengendalikan format atau bagaimana informasi terlihat pada layar pemakai.

Layer 7 adalah application layer. Layer 7 termasuk aplikasinya sendiri ditambah layanan-layanan khusus seperti transfer berkas atau layanan pencetakan.

Kumpulan protokol Internet, TCP/IP, berhubungan dengan fungsifungsi di Layer 3 dan 4 pada model OSI. Fungsi-fungsi ini adalah pengalamatan, kontrol kesalahan dan akses terhadap jaringan. Kumpulan protokol TCP/IP menyediakan cara yang seragam bagi peralatan yang berbeda-beda untuk saling berhubungan dari seluruh penjuru dunia. Dikembangkan pada tahun 1970-an oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat dan tersedia tanpa biaya kepada pemakai akhir dalam format dasarnya. Setelah siap dipakai, protokol standar adalah bahan kunci dalam penyebaran Internet.

## **1.4 Kompresi dan Multiplexing**

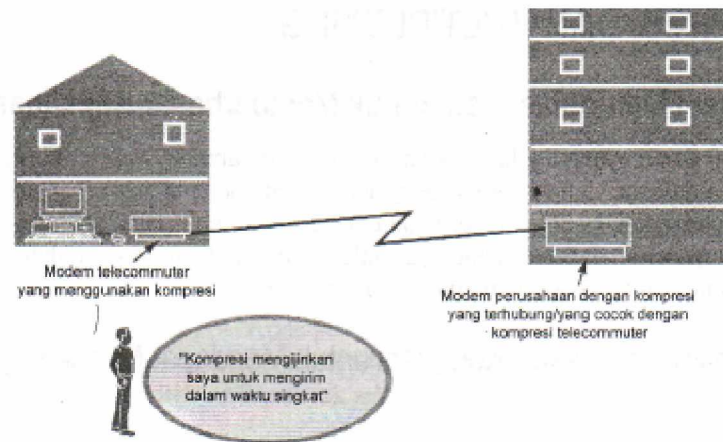
### **1.4.1 Kompresi manipulasi data untuk memperbesar kapasitas**

Kompresi dapat dibandingkan dengan kompaktor sampah. Seperti kompaktor sampah membuat sampah lebih kecil agar dapat memuat lebih banyak pada tong pembuangan, kompresi membuat data menjadi lebih kecil sehingga lebih banyak informasi dapat dimuat pada jalur telepon. Kompresi adalah teknik untuk mendapat kapasitas lebih pada jalur telepon.

### **1.4.2 Modem menggunakan kompresi untuk mendapat masukan yang lebih tinggi**

Dengan kompresi, data yang ditransmisikan dibuat lebih kecil dengan cara menghilangkan white space dan citra yang redundan, dan dengan menyingkat huruf-huruf yang paling sering timbul. Sebagai contoh, dengan faksimile, kompresi menghilangkan white space dari gambar dan hanya mengirimkan citranya. Modem menggunakan kompresi untuk mencapai kecepatan transmisi, atau saluran yang lebih tinggi. Masukan adalah jumlah aktual data berguna yang dikirimkan pada suatu transmisi. Saat modem yang dilengkapi dengan kompresi mengirim teks, kata-kata yang diulang disingkat menjadi kode yang lebih kecil. Sebagai contoh, huruf E, T. O. dan I sering muncul dalam teks. Kompresi akan mengirimkan versi pendek huruf-huruf ini dengan 3 bit daripada keseluruhan delapan bit untuk huruf E, T. O dan I. Karena itu, satu halaman teks kemungkinan dapat dikirim menggunakan 1600 bit daripada 2200 bit.

Modem menggunakan kompresi untuk mengirimkan data komputer dalam jumlah lebih besar dalam waktu lebih singkat melalui jalur analog. Sebagai contoh, jika ada sebuah berkas pengolah kata sepanjang sepuluh halaman, kompresi yang menghilangkan white space, keredundanan menyingkat karakter, mungkin dapat memampatkan dokumen tersebut menjadi tujuh halaman. Tujuh halaman data memerlukan waktu yang lebih singkat untuk ditransmisikan daripada sepuluh halaman. Ini adalah contoh kompresi yang meningkatkan masukan, atau jumlah informasi yang dikirim melalui sebuah jalur dalam suatu waktu. Telecommuter yang mengakses dan mengirimkan data kepada lokasi korporat sering menggunakan modem yang dilengkapi dengan kompresi untuk mentransmisikan berkas secara lebih cepat. Kompresi yang cocok diperlukan baik pada rumah telecommuter maupun situs korporat (Lihat Gambar 1.3).



Gambar 1.3

Kompresi pada modem

### 1.4.3 Video kompresi membuat konferensi video tersedia secara komersial

Pada video, kompresi bekerja dengan cara mentransmisikan hanya gambar yang berubah, tidak gambar yang sama terus menerus. Sebagai contoh, pada sebuah pertemuan video konferensi dengan orang yang mendengarkan, tidak ada yang ditransmisikan setelah gambar awal berupa orang yang diam mendengarkan sampai orang tersebut bergerak atau berbicara. Objek tetap, seperti tembok, meja, dan latar tidak ditransmisikan secara berulang-ulang. Cara lain bekerjanya kompresi video adalah dengan tidak mentransmisikan seluruh gambar. Sebagai contoh, peralatan yang mengerjakan kompresi, atau pengkode, mengetahui bahwa dengan menghilangkan perubahan-perubahan kecil pada gambar tidak akan merusak gambar yang dilihat dan dapat diperhatikan.

Perbaikan pada pertengahan 1980-an di kompresi video menelurkan keberadaan sistem konferensi video berjenis ruangan. Perbaikan ini berarti penggunaan video secara ekonomis karena diperlukan bandwidth yang lebih kecil, yang berarti juga jalur telepon yang lebih murah. Sistem kompresi yang lebih lama memerlukan sebuah T-1 secara penuh untuk video. Ini menghalangi penjualan sistem video berjenis ruangan sampai akhir 1980-an. Teknik-teknik kompresi yang lebih baru pada tahun 1980-an dari perusahaan seperti PictureTel memerlukan hanya 56 Kbps sampai 128 Kbps untuk kualitas gambar yang dapat diterima.

Dengan demikian, konferensi video menjadi terjangkau secara luas bagi

organisasi-organisasi. Sebagai contoh, daripada menggunakan T-1 dengan biaya ratusan dollar per jam, organisasi dapat menggunakan layanan seperti MCI Worldcom dengan biaya yang rendah, \$14 per jam, dan tetap dapat memiliki kapabilitas video yang dapat diterima. Algoritma-algoritma kompresi baru berarti bahwa jalurjalur digital yang lebih lambat dapat menjadi pilihan yang dapat diterima untuk pertemuan video. Sebuah ledakan industri.

#### **1.4.4 Standar kompresi = interoperabilitas**

Ada banyak jenis metode kompresi. Perusahaan seperti AT&T, Motorola, PictureTel, dan Compression Labs semuanya telah mendesain skema-skema kompresi yang unik dengan menggunakan algoritma matematika. Sebuah alat yang disebut codec (singkatan dari coder-decoder) mengkodekan teks, audio, video, atau gambar menggunakan algoritma kompresi. Agar kompresi dapat bekerja, maka ujung pengiriman dan penerimaan data harus menggunakan metode kompresi yang sama. Ujung pengirim melihat pada data, suara atau gambar, kemudian mengkodekannya dengan menggunakan suatu algoritma kompresi. Ujung penerima transmisi mendekodekan transmisi tersebut. Supaya peralatan dari berbagai pamanufaktur dapat saling beroperasi, maka disepakatilah standar-standar kompresi untuk modem, televisi digital, telekonferensi video dan peralatan-peralatan lain. Lihat lampiran untuk standar kompresi.

### **1.4.5 Streaming media**

#### **1.4.5.1 Mempercepat koneksi internet**

Streaming media (aliran media), juga disebut streaming video dan streaming audio, adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mempercepat transmisi video dan audio melalui Internet. Saat grafik dan teks dikirim kepada seorang pemakai Internet, teks dapat dilihat segera setelah sampai pada PC. Sedang grafik menjadi terisi saat sedang diterima.

Pornografi adalah aplikasi terbesar saat ini untuk streaming video. Untuk pertama kalinya digunakan kamera untuk merekam adegan langsung (live action). Namun, banyak ahli berpikir bahwa streaming media akan membuat Internet menjadi medium lain untuk komunikasi. Perusahaan-perusahaan utama menggunakan streaming media untuk menyebarkan pidato dan event perusahaan. Universitas-universitas menggunakan teknologi ini untuk membuat penawaran mereka tersedia lebih luas. Secara khusus, mahasiswa tingkat lanjut pada banyak universitas mengambil kursus dengan pengembangan pada bidangnya tanpa harus berpergian ke kampus-kampus yang jauh.

Situs Web mulai menawarkan pada pelanggan kemampuan untuk membangkitkan klip audio dan video sendiri. Sebagai contoh, GeoCities mengumumkan pada tanggal 1 Maret 1999 bahwa mereka telah mengembangkan Perangkat lunak server RealNetworks pada situs GeoCities. Pemakai akhir dapat menggunakan peralatan RealNetworks untuk memproduksi klip video dan audio mereka sendiri. Namun, mereka akan dikenai biaya untuk penyimpanan data jika menggunakan lebih dari jatah minimal yang ditawarkan tanpa biaya.

#### **1.4.5.2 Streaming vs. downloading dan standar MPEG**

Saat teks atau grafik di-download, seluruh berkas harus di-download sebelum dapat dilihat. Dengan teknologi streaming, segera setelah URL di-klik, teks langsung mulai dapat dilihat oleh pemakai akhir. Streaming adalah fasilitas penting browser. Saat halaman Web dengan teks dan grafik di-download, teks sampai pada pemakai akhir lebih cepat daripada grafik. Sebagai contoh, seseorang yang membaca editorial online Wall Street Journal dapat mulai membaca artikel saat iklan-iklan sedang diterima.



Standar MPEG digunakan untuk streaming audio dan video. ITIJ (International Telecommunication Union) membentuk Moving Picture Expert Group pada tahun 1991 untuk mengembangkan standar kompresi untuk playback klip video dan TV digital. MPEG3 pun mulai digunakan untuk streaming audio. MPEG dan skema kompresi streaming media proprietary adalah asimetris. Diperlukan kemampuan pemrosesan yang lebih tinggi untuk mengkodekan, daripada mendekodekan gambar. Algoritma kompresi streaming mengasumsikan bahwa pemakai akhir akan memiliki kemampuan pemrosesan yang lebih kecil untuk mendekode daripada pengembang dan pemancar yang mengkodekan video dan audio.

Produk perangkat lunak streaming media yang paling lazim adalah yang dikembangkan oleh RealNetwork, Inc. dan Microsoft Corporation. RealNetwork memiliki pangsa pasar yang lebih besar daripada Microsoft. Produk-produk RealNetworks adalah RealSystem® dan RealPlayer®. Produk-produk Microsoft adalah layanan NetShow. Streaming media adalah kekuatan yang penting pada kemajuan Internet untuk menjadi mesin media massa. Rob Glaser, Chief Executive RealNetworks, dalam menanggapi pengumuman AtHome Corporation yang akan mengantarkan klip video berkualitas televisi pada modem kabel pelanggan, mengatakan: "[Ini adalah] langkah maju penting lain dalam membuat Internet sebagai media massa baik untuk konsumen dan content provider." (*The Wall Street Journal*, "AtHome to Use Real Network in Video Clips," 15 Jan. 1999, hal. B-6).

Baik Microsoft dan RealNetworks memberikan streaming media mereka secara gratis dengan harapan akan menjadi standar de facto dan developer-developer akan membeli produk berbasis server dari mereka.

#### **1.4.5.3 Kemampuan pemrosesan: faktor dalam memperbaiki streaming media**

Peningkatan kemampuan komputer personal dan juga perbaikan pada kompresi meningkatkan penggunaan streaming audio dan video melalui Internet. Pada kenyataannya, Intel Corporation, pada bulan September 1998, melisensikan teknologi pada RealNetworks untuk mengembangkan perangkat lunak streaming media mereka. Intel berharap untuk membuat orang bersemangat membeli lebih banyak komputer yang lebih kuat. Streaming audio dan video memerlukan chip yang kuat, seperti Pentium®,

untuk mendekodekan aliran dengan cukup cepat sehingga dapat menjalankan perangkat lunak streaming.

Intel Corporation dan Microsoft Corporation, pada bulan April 1998, mengumumkan bahwa program perangkat lunak InterCast® milik Intel akan disertakan pada Sistem Operasi Windows 98 milik Microsoft. InterCast~ membuat pemancar dapat menyertakan data dalam bentuk statistik bersama dengan program-program TV. Contoh aliran data ini termasuk statistik olah raga dan pengumuman belanja elektronik. Windows 98® juga menyertakan dukungan untuk kartu tuner TV dalam PC. PC juga memerlukan antena untuk menerima pancaran digital. Sekarang, baru sedikit manufaktur PC yang telah membuat tuner ini. Unit Panasonic milik Matsushita Electric Industrial Company dan Philips Electronic NV keduanya mengumumkan bahwa mereka akan memiliki kartu tuner untuk TV digital yang tersedia pada tahun 1999.

#### **1.4.5.4 Televisi digital mengirim gambar berkualitas studio dengan kompresi**

Kompresi menekan sinyal video dan analog menjadi unit-unit yang cukup kecil sehingga televisi berkualitas studio dapat dikirim pada saluran televisi digital standar. Standar analog untuk televisi disetel pada 525 scan line, atau 525 garis gambar. HDTV (high definition television) membuat layar TV menampilkan 1080 garis gambar horizontal dan 1029 garis gambar vertikal. Jumlah garis gambar yang lebih besar menghasilkan gambar TV berkualitas studio yang lebih jernih. Ini dikerjakan melalui manipulasi komputer pada bagian video dan audio dari sinyal televisi. Kompresi terkomputerisasi menghilangkan redundansi dan citra dalam gambar yang tidak mengalami perubahan. Ini mengurangi sinyal yang perlu ditransmisikan dari 1,5 Gigabit menjadi 19,3 megabit. Namun, pemirsa yang sedang melihat gambar TV menerima gambar hampir sejernih program asli. Karena peralatan kompresi dan dekompresi yang kuat, hanya sedikit pandangan yang hilang. Kualitas gambar televisi digital adalah seperti yang dilihat orang di rumah-rumah mereka yang menerima kualitas seperti film di teater.

#### 1.4.5.5 Multiplexing ayo berbagi

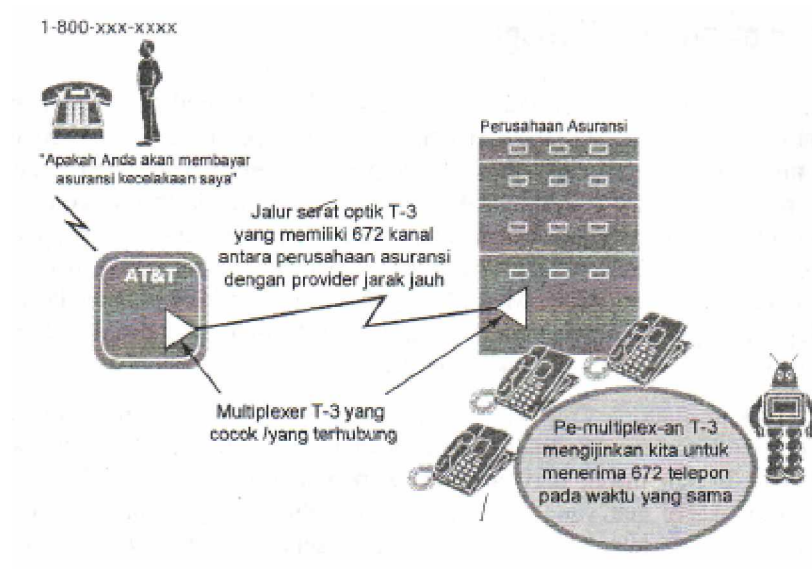
Multiplexing mengkombinasikan lalu lintas dari banyak peralatan telepon atau data ke dalam satu aliran (stream) sehingga banyak peralatan dapat memakai bersama-sama saluran telekomunikasi. Seperti kompresi, multiplexing membuat pemakaian jalur telepon lebih efisien. Namun, tidak seperti kompresi, multiplexing tidak mengubah data aktual yang dikirim. Peralatan multiplexing berada pada perusahaan telepon lokal, perusahaan telepon jarak jauh, dan pada penghubung pemakai akhir. Multiplexing diasosiasikan baik dengan layanan analog dan digital. Contoh multiplexing melalui fasilitas digital meliputi T-1, sebagian T-1, T-3, ISDN dan teknologi ATM.

Teknik multiplexing yang tertua dirancang oleh AT&T untuk digunakan dengan layanan suara analog. Tujuannya adalah untuk membuat pemakaian bagian-bagian mahal dari jaringan telepon publik menjadi lebih efisien, yaitu kabel-kabel luar yang digunakan untuk saling menghubungkan rumah-rumah dan kantor telepon. Teknik analog ini disebut *frequency division multiplexing*. Pembagian frekuensi (*frequency division*) memperbanyak pembagian jangkauan frekuensi di antara banyak pemakai. Banyak panggilan suara dan data selanjutnya dapat berbagi jalur antar kantor-kantor pusat. Maka, AT&T tidak perlu mengkonstruksi hubungan kabel untuk tiap percakapan. Tetapi, banyak percakapan dapat berbagi kabel yang sama antar kantor pusat telepon.

Skema multiplexing digital juga membuat banyak potongan suara dan data untuk berbagi satu jalur. Skema multiplexing digital beroperasi pada kecepatan yang lebih tinggi dan membawa lebih banyak lalu lintas daripada multiplexing analog. Sebagai contoh, T-3 membawa 672 percakapan melalui satu jalur pada kecepatan 45 megabit per detik (lihat Gambar 1.4). Pada multiplexing analog dan digital, diperlukan sebuah multiplexer yang cocok pada akhir pengiriman dan penerimaan saluran komunikasi.

Jika T-3 digunakan untuk pelanggan yang sangat banyak dan untuk perusahaan telepon dan untuk jaringan ISP, maka T-1 adalah bentuk multiplexing yang paling umum untuk organisasi pemakai akhir. T-1 lebih rendah baik dari segi kapasitas maupun harganya daripada T-3. T-1 memperbolehkan 24 percakapan suara dan atau data untuk berbagi satu jalur. Aplikasi T-1 mencakup menghubungkan tempat-tempat organisasi bersama untuk panggilan suara, e-mail, akses basis data dan menghubungkan antara pemakai akhir dan perusahaan telepon untuk mengurangi kerapatan panggilan telepon.

Seperti layanan T-3, multiplexer yang cocok diperlukan pada kedua akhir hubungan T-1.



Gambar 1.4

Multiplexer untuk berbagi satu jalur telepon

**Latihan :**

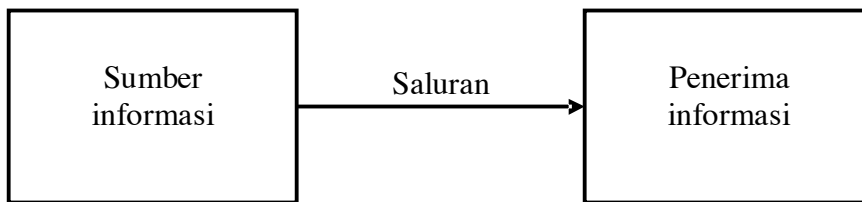
1. Apa yang saudara ketahui dari telekomunikasi?, jelaskan dengan singkat!
2. Apakah pengertian dari istilah berikut ini dan berikan contohnya, jelaskan!
  - a. Digital
  - b. Analog
  - c. Bandwidth
  - d. Kompresi
  - e. Kode, dan
  - f. Bit
3. Jelaskan kelebihan dan kekurangan pada masing-masing layanan Digital dan Analog!
4. Jelaskan dengan gambar untuk layanan digital dan analog pada komunikasi!
5. Apakah pengertian dari protocol? Jelaskan!
6. Jelaskan mengenai jalur Narrowband dan jalur Wideband pada telekomunikasi!
7. Bagaimanakah arsitektur rangkaian kerja komunikasi pada jaringan?
8. Apa yang anda ketahui mengenai kompresi dan multiplexing? Jelaskan!
9. Di dalam komunikasi kita sering mendengar istilah streaming, apakah pengertian dari streaming dan bagaimana pengaruhnya terhadap dunia komunikasi dewasa ini?
10. Apa yang saudara ketahui mengenai E-learning dan M-learning (Mobile Learning)?

## BAB II

### JARINGAN TELEKOMUNIKASI

#### 2.1 Pendahuluan

Telekomunikasi berasal dari kata tele dan komunikasi. Tele berarti jauh, komunikasi dapat diartikan sebagai hubungan atau pembicaraan. Jadi secara harafiah, telekomunikasi dapat diartikan sebagai hubungan atau pembicaraan yang dilakukan dari suatu tempat ke tempat lain yang jaraknya berjauhan. Secara khusus telekomunikasi didefinisikan sebagai, "Kegiatan penyaluran informasi dari suatu titik/tempat ke titik/tempat lain". Menurut definisi ini, komunikasi tidak harus 2 arah. Yang penting adanya informasi yang beralih dari pengirim (sumber informasi) ke penerima.



Gambar 2.1.

Komunikasi sebagai kegiatan penyaluran informasi

Telekomunikasi telah menjadi kebutuhan pokok dalam dunia modern. Kebutuhan untuk saling berhubungan satu dengan yang lainnya tanpa memperdulikan jarak apakah hanya beberapa meter saja (interkom), ratusan ribu kilometer (interlokal) ataupun sampai ratusan juta kilometer (dalam angkasa luar). Upaya manusia untuk menyelenggarakan telekomunikasi telah lama tercatat dalam sejarah peradabannya, namun perkembangan yang nyata baru terjadi beberapa abad terakhir ini, khususnya dalam abad ke-20 ini, sebagai hasil perkembangan teknologi elektronika.

Ada pengaruh timbal balik antara kemajuan telekomunikasi dan kemajuan manusia secara umum. Seperti telah disebut diatas kemajuan manusia dalam bidang teknologi elektronika memacu perkembangan telekomunikasi. Sebaliknya, kemajuan dalam bidang telekomunikasi mempercepat proses tukar-menukar informasi secara langsung kemudian memajukan alam berpikir manusia. Dengan demikian maju pulalah peradabannya. Segi peradaban ilmu akan diikuti dengan kemajuan teknologi.

Kemajuan teknologi memungkinkan dihasilkan teknik-teknik telekomunikasi baru yang lebih maju. Demikian seterusnya daur atau siklus saling topang ini berlangsung makin luas dan makin tinggi intensitasnya. Dewasa ini, sistem telekomunikasi makin banyak macam dan ragamnya. Masing-masing mempunyai sifat dan lingkup pemakaiannya sendiri-sendiri.

Telekomunikasi dapat dilakukan karena perkembangan teknologi yang terus berkembang dari waktu ke waktu. Komunikasi pada jarak yang berjauhan dapat dilakukan dengan menggunakan terminal radio, telepon dan lain-lain. Terminal di satu tempat dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan terminal di tempat lain yang berjauhan karena adanya hubungan antara kedua terminal tersebut. Suatu terminal yang terhubung dengan terminal-terminal lainnya akan membentuk jaringan telekomunikasi.

Perkembangan infrastruktur telekomunikasi telah mengalami perubahan besar baru-baru ini, dan kelihatannya bahwa tafsiran perubahannya meningkat secara ekponensial terhadap perubahan waktu berlalu.

## **2.2 Jaringan Telekomunikasi Secara Umum**

Dalam praktek sistem komunikasi telepon tidak hanya melibatkan 2 pesawat saja, tetapi lebih dari 2 mungkin puluhan hingga jutaan, yaitu secara nasional ataupun internasional. Untuk dapat menyelenggarakan hubungan antar pesawat telepon yang terdapat dalam satu sistem, perlu diadakan sistem persambungan tertentu. Sistem persambungan tersebut ada bermacam-macam tergantung kebutuhannya.

Sistem persambungan pada sejumlah telepon langganan akan membentuk suatu sistem jaringan komunikasi. Secara klasik infrastruktur jaringan pendukung layanan telekomunikasi yang diberikan oleh operator dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Layer yaitu jaringan transmisi

Jaringan transmisi adalah jaringan backbone (core network) telekomunikasi yang berfungsi membawa trafik antar local exchange atau antar trunk (layanan POTS). Karena jaringan ini harus mampu menampung banyak kanal suara atau kanal informasi, maka jaringan ini haruslah merupakan jaringan broadband dengan kecepatan/kapasitas tinggi.

## 2. Jaringan akses

Jaringan akses adalah jaringan yang menghubungkan pelanggan dengan infrastruktur telekomunikasi yang dijalankan oleh operator telekomunikasi tersebut. Contoh paling umum jaringan akses adalah jaringan telepon local loop yang menghubungkan pelanggan dengan local exchange. Dalam perkembangannya jaringan akses ini tidak hanya membawa sinyal suara tetapi juga membawa data dan sinyal multimedia yang menghubungkan pelanggan dengan penyedia jasa informasi (service provider).

## 3. Perangkat switching.

Perangkat switching adalah perangkat pada infrastruktur telekomunikasi yang menghubungkan jaringan akses dengan jaringan transmisi dan berfungsi mengantarkan informasi suara, data dan multimedia ke tujuan.

### 2.3 Jaringan Lokal

Untuk menyelenggarakan komunikasi antar 2 tempat, maka dibutuhkan suatu sirkuit komunikasi antara 2 tempat tersebut. Apabila jumlah langganan hanya beberapa, maka dapat digunakan saluran langsung yaitu menghubungkan setiap langganan ke setiap langganan yang lain. Akan tetapi, apabila jumlah langganan bertambah banyak, dengan sendirinya saluran-saluran yang dibutuhkan menjadi terlalu besar sehingga tidak praktis dan dipandang dari sudut ekonomis tidak menguntungkan.

Dalam hal demikian, maka cara yang dapat digunakan adalah dengan melengkapi suatu peralatan switching yang ditempatkan ditengah-tengah atau di pusat dari sekelompok langganan.

Pada umumnya jaringan komunikasi terdiri dari sejumlah alat penghubung (switch) dan sirkuit-sirkuit pengontrol yang mengerjakan switch tadi. Jaringan-jaringan komunikasi dapat dibagi dalam 4 macam: jaringan telepon, jaringan telex, jaringan telegraph dan jaringan yang disewakan.

Ketika jumlah langganan sedikit, cukup menggunakan satu sistem switching. Namun dengan bertambahnya langganan-langganan yang semakin banyak yang tersebar dalam wilayah (area) yang luas, maka secara teknis tidaklah praktis untuk memperluas kapasitas dari switching tersebut. Oleh karena itu, langganan-langganan tersebut dibagi-



bagi dalam beberapa wilayah (area). Setiap area dilengkapi dengan satu sistem switching dan sistem-sistem dari seluruh area dihubungkan satu sama lain dengan saluran-saluran transmit.

Jaringan atau saluran lokal adalah suatu fasilitas yang menjadikan sistem telepon yang keluar dan berakhir pada tempat-tempat dalam suatu kota. Saluran langganan dari sebuah sentral menuju langganan adalah relatif pendek dan mempunyai sedikit persoalan transmisi. Untuk sebuah langganan yang jauh dari sentral yang akan menerima tanda bicara pada tingkat yang rendah diberikan pertimbangan untuk menyediakan telepon bermutu tinggi. Untuk menjamin tanda-tanda dengan cukup, maka untuk langganan ditentukan diameter konduktor yang sesuai.

Disamping persoalan transmisi ini, masih ada lagi persoalan lain yaitu bagaimana merencanakan dan menurunkan biaya pemasangan dan operasi dari fasilitas saluran langganan yang meliputi daerah sentral dan yang seharusnya diadakan untuk segala kemungkinan kejadian dari peralatan langganan.

### **2.3.1 Metode distribusi**

Setiap pesawat telepon telah diberikan masing-masing nomor dan setiap pemanggil dapat memanggil sejumlah nomor tertentu dengan nomor yang sudah terdaftar atas kehendaknya.

Hal ini dimungkinkan karena sistem switching di sentral memilih sebuah langganan dengan nomor yang dikehendaki dari sejumlah langganan telepon. Pemilihan langganan yang dipanggil ini dan penghubungan yang memanggil dengan yang dipanggil melalui terminal yang bersangkutan dari pada MDF harus benar-benar dijalankan didalam sentral.

Terminal merupakan awal dari sebuah pair keluar ( outgoing pair ) dari sebuah sentral menuju langganan. Tidak seperti pada distribusi saluran listrik, sebuah pair konduktor harus benar-benar dipakai oleh sebuah langganan melalui jarak antara langganan dan sentral. Untuk 2000 langganan yang mempunyai jumlah nomor yang sama, maka harus disediakan pair dengan jumlah yang sama. Sebenarnya yang dikehendaki lebih dari 2000 nomor, dengan alasan bahwa ada kemungkinan langganan berpindah-pindah dan pemasangan telepon baru menghendaki adanya beberapa cadangan

dalam kabel catu. Cara pembagian dari pair konduktor melalui jarak antara sentral menuju ke tiap-tiap langganan disebut sebagai sistem catu.

### **2.3.2 Sistem paralel**

Seperti namanya, semua pesawat yang terdapat dalam sistem ini terhubung paralel sehingga setiap pesawat berhubungan dengan yang lainnya. Jadi setiap pembicaraan dapat didengar oleh semua dan setiap pendengar dapat mendengar semua yang berbicara. Dengan demikian ini, sistem ini sangat cocok untuk keperluan pembicaraan bersama antar beberapa pihak seperti yang dilakukan dalam rapat, pertemuan, diskusi dan lain-lain. Tentu saja, seperti biasa dalam suatu rapat atau pertemuan, pembicaraan harus diatur oleh seorang pimpinan dengan suatu aturan.

Untuk suatu pembicaraan biasa, yaitu bukan rapat, sistem ini disebut "tak rahasia (non secret)", karena semua pihak dapat ikut mendengarkan. Namun sistem ini cukup banyak penggunaannya, karena secara teknis amat sederhana sehingga mudah instalasi dan perawatannya serta biaya investasi yang rendah. agar sistem ini lebih baik, diadakan tambahan kemampuannya dalam hal cara pemanggilannya. Semula bila salah satu pesawat memanggil pesawat lain, semua pesawat yang sedang istirahat akan terpanggil. Tentunya semua pesawat akan diangkat dan setelah jelas siapa sebenarnya yang dituju oleh panggilan tersebut, kemudian yang lainnya meletakkan kembali gagang pesawatnya. Hal ini tentunya merepotkan.

### **2.3.3 Kabel antar sentral / junction**

Sebuah kabel antar sentral adalah sebuah kabel yang menghubungkan tiap-tiap sentral yang berdekatan dalam suatu kota bersentral banyak (multi office). Juga pada sebuah kota sedang (dalam hal pembagian langganan yang agak jauh dari sentral induk). Sebuah sentral ditempatkan guna memenuhi kekurangan kebutuhan saluran secara ekonomis. Dalam hal demikian kabel antara 2 sentral tersebut disebut kabel junction (penghubung).

Jumlah pair dalam suatu kabel antar sentral ditentukan sesuai kesibukan lalu lintas antar sentral tersebut, kebalikannya dengan jumlah pair kabel langganan yang rata-rata sama dengan jumlah langganan pada ujungnya.

Dari segi transmisi sebuah kabel antar sentral ditempatkan antara kabel langganan dan kabel distrik (toll cable), untuk keperluan ini digunakan kabel junction PFF-LAP.

#### **2.3.4 Sistem intercom**

Sistem ini merupakan awal sistem hubungan pembicaraan yang lebih dikehendaki yaitu dalam arti pemakai dapat lebih leluasa dalam menggunakannya. Seperti dapat dimengerti pada sistem paralel, apabila dua pihak sedang melakukan pembicaraan maka yang lain harus menunggu untuk dapat menggunakan sistem yang sama untuk mengadakan hubungan yang terpisah. Sistem hubungan terpilah memberikan jalan keluar dari keterbatasan dari sistem paralel tersebut. Dalam satu sistem terpilah ini lebih dari satu pembicaraan dapat berlangsung secara serentak ( secara simultan tanpa saling ganggu ).

Secara fisis sistem ini memerlukan banyak jalur terpasang dari dan menuju masing-masing pesawat sehingga makin banyak pesawat, maka makin banyak pula jalur yang diperlukan. Itulah sebabnya, sistem ini hanya praktis untuk komunikasi jarak pendek, misalnya antar ruang tempat dalam satu gedung/bangunan. Maka secara khusus disebut INTERKOM (Intercommunication Sistem), ciri-cirinya antara lain : tidak adanya operator khusus untuk melayani penyambungan, cukup pemakai sendiri yang melakukan penyambungan dengan cara memutar atau menekan tombol yang berkaitan dengan nomor pesawat atau pihak yang dikehendaki.

#### **2.3.5 Sistem penyambungan otomatis**

Banyaknya permintaan penyambungan, baik karena banyaknya pelanggan maupun padatnya kegiatan komunikasi, menuntut pengembangan sistem penyambungan yang cepat dan tepat. Disebabkan keterbatasan manusia sebagai operator mendorong para perancang lebih memusatkan perhatian pada upaya pengembangan sistem, teknik, maupun teknologi peralatan penyambungan yang dapat lebih diandalkan dalam kecepatan dan ketepatan yang diperlukan. Hingga kini berbagai sistem dan teknik penyambungan otomatis telah dikembangkan, sehingga kadang-kadang satu sama lain "tak tampak" persamaannya sama sekali, berbeda dengan sistem penyambungan manual yang lebih kurang telah bersifat standart dari pabrik ke pabrik.

## 2.4 Jaringan Interlokal

Fasilitas suatu jaringan interlokal direncanakan untuk memenuhi kebutuhan sirkit interlokal. Perkiraan kebutuhan sirkit interlokal antara 2 sentral ditentukan atas dasar pengumpulan dan analisa dari data lalu lintas sehari-hari. Seperti pada operasi secara nasional akan menjelaskan kesibukan distribusi lalu lintas.

Memang benar lalu lintas tidak sama dibagi-bagikan. Pada tiap daerah ada sebuah pusat kota dan beberapa kota satelit yang berhubungan dekat dengan pusat kota, secara politis, ekonomis, dan geografis. Selanjutnya group-group tersebut membentuk blok dan akhirnya terdapatlah pusat kota dalam blok tersebut.

*Jaringan telepon interlokal* merupakan fasilitas saluran interlokal yang harus dibentuk memenuhi sifat kebutuhan lalu lintas, guna menghubungkan semua kota dalam suatu Negara dengan sirkit-sirkit yang penting dan mencukupi.

Pada umumnya sebuah jaringan atau saluran interlokal itu panjang dan banyak peredaman. Hubungan tandem yang sederhana dari pada sirkit-sirkit dasar tidaklah menjadikan sebuah sirkit interlokal, situasinya tidak sama dengan saluran langganan.

### 2.4.1 Per-multipleks-an (multiplexing)

Sebuah saluran intelokal yang panjang dalam gawang membutuhkan banyak sirkit dan fasilitas, maka penggunaan pair haruslah efisien. Perbanyakkan (multiplexing) terpikir untuk menggunakan sebuah pair lebih ekonomis sebagai saluran (channel) untuk lebih banyak sirkit.

Sistem FDM (Frequency Division Multiplex) adalah salah satu jalan multiplexing. Hal itu sama seperti memperlebar jalan satu jurusan guna dapat menampung lalu lintas kendaraan yang lebih banyak. Ini merupakan sebuah sistem untuk membawa sejumlah frekuensi bicara dalam arus pembawa (carrier current) yang frekuensinya lebih besar dari pada frekuensi suara. Sejak meningkatnya kerugian arus saluran dalam frekuensi arus pembawa, maka dipasanglah repeater pada tiap sektor (amplifier dengan transistor) pada jarak tertentu sepanjang saluran guna menghilangkan peredaman tanda-tanda arus pembawa yang berubah.

Jika jumlah sirkit atau saluran yang mengalir dalam sebuah pair meningkat, maka jumlah arus pembawa juga meningkat dan maksimum frekuensi carrier menjadi besar.

Repeater haruslah dipasang pada jarak yang lebih pendek lagi guna mengkompensasi kerugian arus saluran yang meningkat pada frekuensi carrier yang besar. Multiplexing tidak selamanya ekonomis, jika multiplexing yang berlebihan diterapkan dengan tujuan menggunakan saluran secara ekonomis, memerlukan terlalu banyak fasilitas repeater.

Pada prakteknya diterapkan kombinasi yang paling cocok antara sistem perkabelan dan transmisi sesuai panjang saluran transmisi dan jumlah sirkuit yang dikehendaki.

Jumlah maksimum dari saluran yang tersedia dalam service adalah 10800 dari sistem kabel coaxial 60 MHz. Kabel interlokal FEP-P digunakan sebagai kabel interlokal. Konstruksi kabel tersebut adalah sebagai berikut:

1. Konduktor diberi isolasi polyethylene yang berbusa (foamed).
2. Konduktor untuk frekuensi carrier (sistem FDM) diatur lapisan per lapisan ditengah-tengah kabel.
3. Kabel untuk sirkuit suara diatur dalam lapisan luar kumpulan pair frekuensi carrier.
4. Keseluruhan pair dibungkus dengan pita aluminium dan kemudian dilapisi polyethylene hitam sebagai kulit.

#### **2.4.2 Jaringan lokal dan interlokal**

Jaringan yang dipasang dari sebuah sentral telepon menuju pelanggan disebut jaringan pelanggan dan saluran-saluran yang dipasang dalam suatu daerah sentral disebut jaringan saluran local. Jaringan-jaringan yang menghubungkan sentral-sentral distrik disebut fasilitas jaringan distrik (interlokal jarak dekat).

##### **2.4.2.1 Jaringan lokal**

Jaringan local adalah fasilitas yang menjadikan system telepon yang keluar dan berakhir pada tempat-tempat dalam satu kota. Jaringan pelanggan dari sebuah sentral menuju pelanggan adalah relatif pendek dan mempunyai sedikit persoalan transmisi. Untuk sebuah pelanggan yang jauh dari sentral yang akan menerima tanda bicara pada tingkat yang rendah diberikan pertimbangan untuk menyediakan telepon bermutu tinggi. Untuk menjamin tanda-tanda dengan cukup maka untuk pelanggan ditentukan diameter konduktor yang sesuai.

Disamping persoalan transmisi ini, masih ada lagi persoalan lain yaitu bagaimana merencanakan dan menurunkan biaya pemasangan dan operasi dari fasilitas jaringan pelanggan yang meliputi daerah sentral dan yang seharusnya diadakan untuk segala kemungkinan kejadian dari peralatan pelanggan.

### **Distribusi jaringan pelanggan**

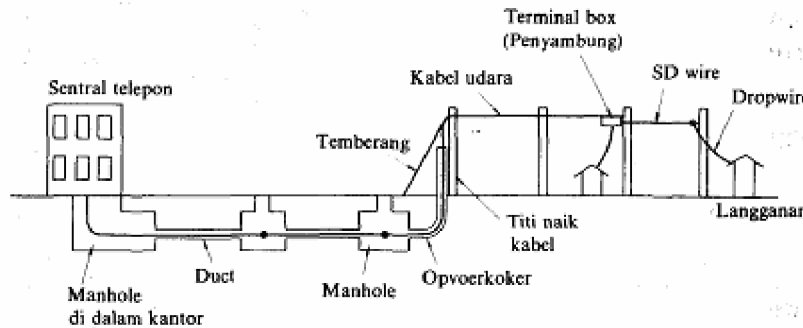
Tiap pesawat telepon telah diberikan masing-masing nomor dan setiap pemanggil dapat memanggil sejumlah nomor tertentu dengan nomor yang sudah terdaftar. Ini dimungkinkan karena system Switching di sentral memilih sebuah pelanggan dengan nomor yang dikehendaki dari sejumlah pelanggan telepon. Pemilihan pelanggan yang dipanggil ini dan penghubungan yang memanggil dengan yang dipanggil melalui terminal yang bersangkutan dari pada MDF harus benar-benar dijalankan di dalam sentral.

Terminal adalah awal dari pada sebuah pair keluar (outgoing pair) dari sebuah sentral menuju pelanggan. Sebuah pair konduktor harus benar-benar dipakai oleh sebuah pelanggan melalui jarak antara pelanggan dan sentral. Untuk 2000 pelanggan yang mempunyai jumlah nomor yang sama, maka harus disediakan pair dengan jumlah yang sama. Cara pembagian dari pada pair konduktor melalui jarak antara sentral menuju ke tiap-tiap pelanggan disebut system catu.

Sebuah kabel dengan banyak pair keseluruhannya dibagikan pada sebuah group pelanggan pada jurusan yang sama. Sebuah kabel multipair yang mulai dari sentral akan dipisah-pisah menjadi kabel lebih kecil lagi dan seterusnya seolah-olah kabel-kabel yang bersangkutan mendekati pelanggan. Akhirnya sebuah pair tunggal diperuntukkan sebuah pelanggan disambung dengan pelanggan melalui sebuah dropwire (distribusi metode pengurangan berjenjang). Kabel-kabel yang keluar dari sentral ke beberapa jurusan adalah berkapasitas besar, berdiameter besar dan berat. Kabel demikian pada umumnya disebut kabel induk, dan untuk dipasang di bawah tanah kabel berkapasitas lebih dari 600.

Kabel yang menyambung kabel induk menuju group pelanggan disebut kabel pembagi (kabel sekunder) dan tersusun tidak lebih dari 200 pair. Pada ujung kabel pembagi didirikan sebuah kotak pembagi/ kotak terminal (terminal box/ distribution box)

dan dari terminal tersebut sebuah dropwire menyambung sebuah pair dari kabel pembagi menuju pelanggan yang bersangkutan. Atau dari beberapa pair ditarik SD wire yang membawa kawat pelanggan-pelanggan pada jurusan yang sama menyambung pair-pair yang bersangkutan dalam kabel pembagi menuju pelanggan.



Gambar 2.2

Konstruksi distribusi jaringan pelanggan sebuah saluran langganan

#### 2.4.2.2 Jaringan interlokal

Jaringan Interlokal adalah fasilitas jaringan yang menyangkut segala kebutuhan jaringan antara 2 kota. Fasilitas jaringan interlokal direncanakan untuk memenuhi kebutuhan sirkit interlokal. Perkiraan kebutuhan sirkit interlokal antara 2 sentral ditentukan atas dasar pengumpulan dan analisa dari data lalu lintas sehari-hari.

Pada tiap daerah ada sebuah pusat kota dan beberapa kota satelit yang berhubungan dekat dengan pusat kota, secara politis, ekonomis dan geografis. Selanjutnya group-group tersebut membentuk blok dan akhirnya terdapatlah pusat kota dalam blok tersebut. Jaringan telepon interlokal, sebagai fasilitas saluran interlokal, harus dibentuk memenuhi sifat kebutuhan lalu lintas, guna menghubungkan semua kota dalam suatu Negara dengan sirkit-sirkit yang penting dan cukup. Pada umumnya sebuah saluran interlokal itu panjang dan banyak peredaman. Hubungan tandem yang sederhana dari pada sirkit-sirkit dasar tidaklah menjadikan sebuah sirkit interlokal.

**Per-Multipleks-an (Multiplexing)**

Sebuah saluran interlokal yang panjang dalam gawang membutuhkan banyak sirkit dan fasilitas, maka penggunaan pair haruslah efisien. Perbanyakan (multiplexing) terpikir untuk menggunakan sebuah pair lebih ekonomis sebagai aluran (channel) untuk lebih banyak sirkit.

System FDM (Frequency Division Multiplex) adalah salah satu jalan multiplexing. Ini adalah sebuah system untuk membawa sejumlah frekuensi bicara dalam arus pembawa (carrier current) yang frekuensinya lebih besar daripada frekuensi suara. Sejak meningkatnya kerugian arus saluran dalam frekuensi arus pembawa, maka dipasanglah repeater pada tiap sector (amplifier dengan transistor) pada jarak tertentu sepanjang saluran guna menghilangkan peredaman tanda-tanda arus pembawa yang berubah. Jika jumlah sirkit atau aluran yang mengalir dalam sebuah pair meningkat, maka jumlah arus pembawa juga menungkat dan maksimum frekuensi carrier menjadi besar. Repeater haruslah dipasang pada jarak yang lebih pendek lagi guna meng-kompensasi kerugian arus saluran yang meningkat pada frekuensi carrier yang besar.

Multiplexing tidak selamanya ekonomis jika multiplexing yang berlebihan ditrapkan dengan tujuan menggunakan saluran secara ekonomis, memerlukan terlalu banyak fasilitas repeater. Pada prakteknya ditrapkan kombinasi yang paling cocok antara system perkabelan dan transmisi sesuai panjang saluran transmisi dan jumlah sirkit yang dikehendaki. Jumlah maksimum dari aluran yang tersedia dalam service adalah 10.800 dari system kabel coaxial 60 Mhz.

Kabel interlokal FEP-P digunakan sebagai kabel interlokal.

Konstruksi kabel tersebut adalah sebagai berikut :

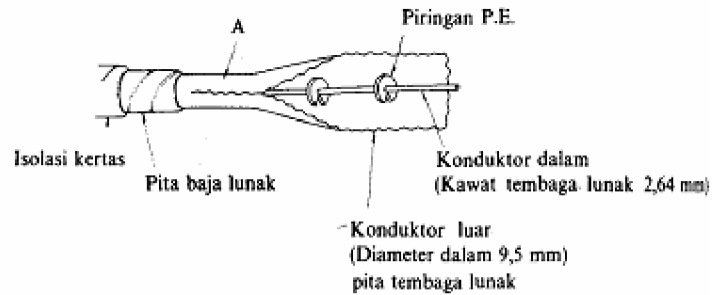
1. konduktor diberi isolasi polyethylene yang berbusa (foamed-)
2. konduktor untuk frekuensi carrier (system FDM) diatur lapisan per lapisan di tengah-tengah kabel.
3. konduktor untuk sirkit suara diatur dalam lapisan (di luar) kumpulan pair frekuensi carrier.
4. keseluruhan pair dibungkus dengan pita aluminium dan kemudian dilapisi polyethylene hitam sebagai kulit.

Kabel coaxial pada umumnya digunakan untuk saluran transmisi super multiplex.

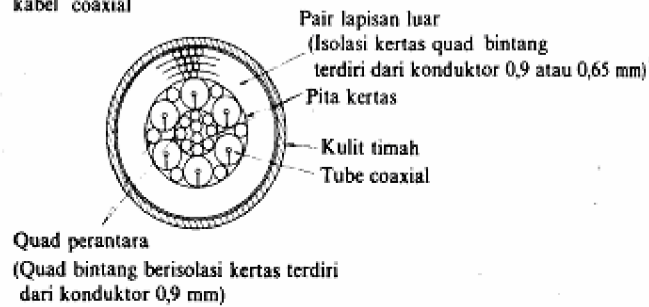


A. Type S : Bersisi tebal bergelombang  
(Butt and corrugate edges)

Type W: Bersisi bersambung ke dalam  
(Interlook and seam edges)



(a) Konstruksi sebuah "pipa" (Tube)  
kabel coaxial



(b) Penampang kabel

Gambar 2.3

Konstruksi sebuah kabel coaxial

## BAB III MEDIA TRANSMISI

Prinsip transmisi secara umum sama dengan proses memindahkan tenaga dari satu titik ke titik yang lain. Dalam prakteknya bentuk tenaga ini berupa data informasi. Dan media transmisi sendiri banyak dan disini akan paparkan beberapa transmisi baik kabel ataupun sinyal elektromagnet.

### 3.1 Media Transmisi Kabel

Kabel disini akan dibahas kabel kawat dan optik. Kabel kawat meliputi

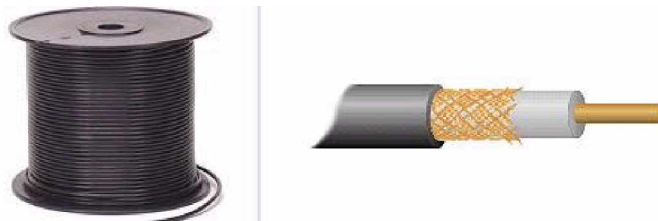
1. kabel seimbang
2. kabel koaksial

#### 3.1.1 Kabel seimbang

Penggunaan kabel seimbang dan koaksial sebenarnya terletak pada pola penggunaanya. Penggunaan kabel seimbang ini membutuhkan beberapa kriteria.

1. impedansinya adalah terutama 300 dan 500 ohm
2. saluran seimbang sebaiknya lurus tidak membelok
3. kalau terpaksa membelok, sudutnya supaya setumpul mungkin.
4. peletakkan sisi kawat terhadap logam harus seimbang
5. secara umum saluran ini terdiri dari unsur induktans (L) dan unsur kapasitif (C).

#### 3.1.2 Kabel koaksial (coaxial)



Gambar 3.1

Kabel Koaksial 50 Ohm

Kabel koaksial ini mempunyai satu bagian tembaga yang bertindak sebagai media pengalir elektrik yang terletak di tengah-tengah. Satu lapisan plastik bertindak sebagai pemisah kepada bagian tembaga yang berada di tengah-tengah itu dengan satu lapis pintalan besi. Pintalan besi ini bertindak sebagai penghalang kepada sebarang gangguan dari cahaya florensen, komputer dan sebagainya.

Walaupun pengkabelan koaksial agak sukar untuk dimasukkan, namun ia amat peka pada kehadiran isyarat. Selain itu, ia bisa menampung pengkabelan yang lebih panjang di antara rangkaian dengan peranti-peranti lain berbanding kabel lapik pasangan berpintal.

Kabel koaksial yang tipis juga dikenali sebagai thinnet. 10Base2 merujuk kepada spesifikasi untuk keupayaan koaksial tipis yang membawa isyarat Ethernet. Angka 2 merujuk kepada panjang bagi segmen maksimal 200 meter. Kabel koaksial yang tipis ini adalah popular di dalam rangkaian yang terdapat di sekolah-sekolah.

Kabel koaksial yang tebal turut juga dikenali sebagai thicknet. 10Base5 merujuk kepada spesifikasi bagi keupayaan koaksial tebal membawa isyarat Ethernet. Angka 5 mewakili segmen maksima yaitu 500 meter. Kabel koaksial ini mempunyai penutup (cover) plastik yang berupaya menghalang kelembaban dari bahan konduktor yang berada di tengah-tengah. Ini menjadikan ia mampu menampung gelombang yang lebih besar terutama pada topologi linear bus. Namun begitu, kekurangan kabel ini ialah ia amat sukar untuk dibengkokkan dan ini turut menyukarkan proses kemasukan (install).

### **3.1.3 Penyambung kabel koaksial**

Penyambung yang paling sesuai digunakan dengan kabel koaksial ialah Bayone-Neil-Councilman (BNC). Adapter yang berlainan disediakan untuk penyambung BNC dan ini termasuk T-connector, barrel connector dan pemula dan pemutus litar (terminator).

Penyambung bagi kabel merupakan kondisi paling lemah bagi sesuatu rangkaian. Bagi menghindari masalah pada suatu rangkaian, lebih baik menggunakan BNC yang mudah dikacipkan dan bukan diskrukan kepada kabel.

### 3.2 Saluran Optik (Fiber Optik)



Gambar 3.2

Fiber optik

Perkembangan dan penerapan teknologi telekomunikasi dunia yang berkembang dengan cepat, secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi perkembangan sistem telekomunikasi Indonesia. Beroperasinya satelit telekomunikasi Palapa dan kemudian pemakaian SKSO (Sistem Komunikasi Serat Optik) di Indonesia merupakan bukti bahwa Indonesia juga mengikuti dan mempergunakan teknologi ini di bidang telekomunikasi.

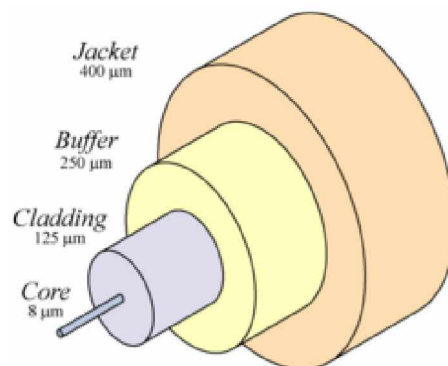
Tidak disangkal lagi bahwa serat optik akan memberikan kemungkinan yang lebih baik bagi jaringan telekomunikasi. Serat optik adalah salah satu media transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar dengan keandalan yang tinggi. Berbeda dengan media transmisi lainnya, maka pada serat optik gelombang pembawanya tidak merupakan gelombang elektromagnet atau listrik, akan tetapi merupakan sinar/cahaya laser. Sistem telekomunikasi ini sebenarnya sudah diteliti sejak lama, tetapi karena banyaknya kesulitan atau hambatan yang timbul terutama di dalam usaha menghilangkan kotoran dalam pembuatan serat optik. Kotoran di dalam serat optik dapat mengakibatkan rugi-rugi transmisi dan dispersi yang tidak sempurna.

Sebagaimana namanya maka serat optik dibuat dari gelas silika dengan penampang berbentuk lingkaran atau bentuk-bentuk lainnya. Pembuatan serat optik dilakukan dengan cara menarik bahan gelas kental-cair sehingga dapat diperoleh serabut/serat gelas dengan penampang tertentu. Proses ini dikerjakan dalam keadaan bahan gelas yang panas.

Yang terpenting dalam pembuatan serat optik adalah menjaga agar perbandingan relatif antara bermacam lapisan tidak berubah sebagai akibat tarikan. Proses pembungkusan seperti pemberian bahan pelindung atau proses pembuatan satu ikat kabel yang terdiri atas beberapa buah hingga ratusan kabel pengerjaannya tidak berbeda dengan pembuatan kabel biasa.

Sebuah kabel serat optik dibuat sekecil-kecilnya (mikroskopis) agar tak mudah patah/retak, tentunya dengan perlindungan khusus sehingga besaran wujud kabel akhirnya tetap mudah dipasang. Satu kabel serat optik disebut sebagai *core*. Untuk satu sambungan/link komunikasi serat optik dibutuhkan dua *core*, satu sebagai *transmitter* dan satu lagi sebagai *receiver*. Variasi kabel yang dijual sangat beragam sesuai kebutuhan, ada kabel 4 core, 6 core, 8 core, 12 core, 16 core, 24 core, 36 core hingga 48 core. Satu core serat optik yang terlihat oleh mata kita adalah masih berupa lapisan pelindungnya (coated), sedangkan kacanya sendiri yang menjadi inti transmisi data berukuran mikroskopis, tak terlihat oleh mata.

Serat optik terdiri dari 2 bagian, yaitu *cladding* dan *core*. *Cladding* adalah selubung dari *core*. *Cladding* mempunyai indek bias lebih rendah dari pada *core* akan memantulkan kembali cahaya yang mengarah keluar dari *core* kembali kedalam *core* lagi.



Gambar 3.3  
Penampang Fiber optik

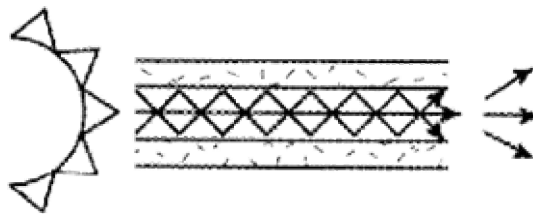
Bentuk kabel dikenal dua macam, kabel udara (KU) dan kabel tanah (KT). Kabel udara diperkuat oleh kabel baja untuk keperluan penarikan kabel di atas tiang. Baik KU maupun KT pada lapisan intinya paling tengah diperkuat oleh kabel khusus untuk menahan kabel tidak mudah bengkok (biasanya serat plastik yang keras). Di sekeliling inti tersebut dipasang beberapa selubung yang isinya adalah core serat optik, dilapisi gel (katanya berfungsi juga sebagai racun tikus) dan serat nilon, dibungkus lagi dengan bahan metal tipis hingga ke lapisan terluar kabel berupa plastik tebal. Dari berbagai jenis jumlah core, besaran wujud akhir kabel tidaklah terlalu signifikan ukuran diameternya.

Memotong kabel serat optik sangat mudah, cukup menggunakan gergaji kecil. Sering terjadi maling-maling tembaga salah mencuri, niatnya mencuri kabel tembaga yang laku di pasar besi/loak malah menggergaji kabel serat optik. Yang sulit adalah mengupasnya, namun hal ini dipermudah dengan pabrikan kabel menyertakan serat nilon khusus di bawah lapisan terluar yang keras sehingga cukup dikupas sedikit dan nilon tersebut berfungsi membelah lapisan terluar hingga panjang yang diinginkan untuk dikupas. Pengupasan bertujuan untuk keperluan penyambungan atau terminasi.

### 3.2.1 Jenis serat optik

Berdasarkan sifat karakteristiknya maka jenis serat optik secara garis besar dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

#### 1. Multimode



Gambar 3.4

Pulsa serat optik multi-mode

Pada jenis serat optik ini penjalaran cahaya dari satu ujung ke ujung lainnya terjadi dengan melalui beberapa lintasan cahaya dengan panjang gelombang 850-1300nm, karena itu disebut multimode. Diameter inti (core) sesuai dengan rekomendasi dari CCITT G.651 sebesar 50  $\mu\text{m}$  dan dilapisi oleh jaket selubung (cladding) dengan diameter 125  $\mu\text{m}$ . Sedangkan berdasarkan susunan index biasanya serat optik multimode memiliki dua profil yaitu **graded index** dan **step index**.

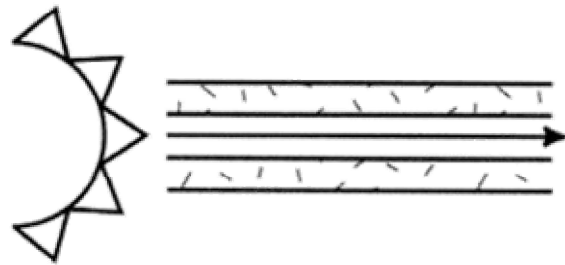
Pada serat graded index, serat optik mempunyai index bias cahaya yang merupakan fungsi dari jarak terhadap sumbu/poros serat optik. Dengan demikian cahaya yang menjalar melalui beberapa lintasan pada akhirnya akan sampai pada ujung lainnya pada waktu yang bersamaan.

Berlainan dengan graded index, maka pada serat optik step index (mempunyai index bias cahaya sama) sinar yang menjalar pada sumbu akan sampai pada ujung lainnya dahulu (dispersi). Hal ini dapat terjadi karena lintasan yang melalui poros lebih pendek dibandingkan sinar yang mengalami pemantulan pada dinding serat optik. Sebagai hasilnya terjadi pelebaran pulsa atau dengan kata lain mengurangi lebar bidang frekuensi. Oleh karena itu secara praktis hanya serat optik graded index sajalah yang dipergunakan sebagai saluran transmisi serat optik multimode.

## 2. Single Mode

Serat optik single mode/monomode mempunyai diameter inti (core) yang sangat kecil 3 – 10  $\mu\text{m}$ , sehingga hanya satu berkas cahaya dengan panjang gelombang 1310-1550nm saja yang dapat melaluinya. Oleh karena hanya satu berkas cahaya maka tidak ada pengaruh index bias terhadap perjalanan cahaya atau pengaruh perbedaan waktu sampainya cahaya dari ujung satu sampai ke ujung yang lainnya (tidak terjadi dispersi). Dengan demikian serat optik singlemode memberi kelebihan kapasitas bandwidth dan jarak yang lebih tinggi, hingga puluhan kilometer dengan skala bandwidth gigabit. Sedangkan graded index dipergunakan untuk jaringan telekomunikasi lokal (local network).

Bit rate ( Mbit/dt )	Jarak repeater multimode	Jarak repeater singlemode
140	30	50
280	20	35
420	15	33
565	10	31



Gambar 3.5

Pulsa serat optik single-mode

### 3.2.2 Prinsip kerja transmisi pada serat optik

Berlainan dengan telekomunikasi yang mempergunakan gelombang elektromagnet maka pada serat optik gelombang cahayalah yang bertugas membawa sinyal informasi. Pertama-tama microphone merubah sinyal suara menjadi sinyal listrik. Kemudian sinyal listrik ini dibawa oleh gelombang pembawa cahaya melalui serat optik dari pengirim (transmitter) menuju alat penerima (receiver) yang terletak pada ujung lainnya dari serat. Modulasi gelombang cahaya ini dapat dilakukan dengan merubah sinyal listrik termodulasi menjadi gelombang cahaya pada transmitter dan kemudian merubahnya kembali menjadi sinyal listrik pada receiver. Pada receiver sinyal listrik dapat dirubah kembali menjadi gelombang suara.



Tugas untuk merubah sinyal listrik ke gelombang cahaya atau kebalikannya dapat dilakukan oleh komponen elektronik yang dikenal dengan nama komponen optoelectronic pada setiap ujung serat optik.

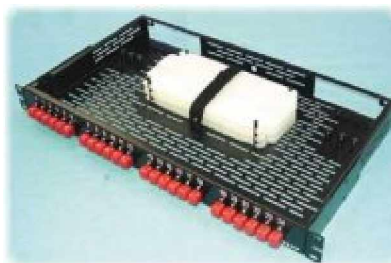
Dalam perjalanannya dari transmitter menuju ke receiver akan terjadi redaman cahaya di sepanjang kabel serat optik dan konektor-konektornya (sambungan). Karena itu bila jarak ini terlalu jauh akan diperlukan sebuah atau beberapa repeater yang bertugas untuk memperkuat gelombang cahaya yang telah mengalami redaman.

### 3.2.3 Teknik penyambungan serat optik

Ujung kabel serat optik berakhir di sebuah terminasi, untuk hal tersebut dibutuhkan penyambungan kabel serat optik dengan pigtail serat optik di Optical Termination Board (OTB), bisa wallmount atau 1U rackmount. Dari OTB kabel serat optik tinggal disambung dengan patchcord serat optik ke perangkat multiplexer, switch atau bridge (converter to ethernet UTP).



Gambar 3.6  
OTB wallmount



Gambar 3.7  
OTB rackmount

Penyambungan kabel serat optik disebut sebagai splicing. Splicing menggunakan alat khusus yang memadukan dua ujung kabel seukuran rambut secara presisi, dibakar pada suhu tertentu sehingga kaca meleleh tersambung tanpa bagian coated-nya ikut meleleh. Setelah tersambung, bagian sambungan ditutup dengan selubung yang dipanaskan. Alat ini mudah dioperasikan, namun sangat mahal harganya. Inilah sebabnya meskipun harga kabel fiber optik sudah jauh lebih murah namun alat dan biaya lainnya masih mahal, terutama pada biaya pemasangan kabel, splicing dan terminasinya.



Gambar 3.8

Konektor kabel serat optik

Pigtail yang disambungkan ke kabel optik bisa bermacam-macam konektornya, yang paling umum adalah konektor FC. Dari konektor FC di OTB ini kita tinggal menggunakan patchcord yang sesuai untuk disambungkan ke perangkat. Umumnya perangkat optik seperti switch atau bridge menggunakan konektor SC atau LC. Cukup menyulitkan ketika menyebut jenis konektor yang kita kehendaki kepada penjual, FC, SC, ST, atau LC.

Setelah kabel optik terpasang di OTB dilakukan pengujian end-to-end dengan menggunakan Optical Time Domain Reflectometer (OTDR). Dengan OTDR akan didapatkan kualitas kabel, seberapa besar loss cahaya dan berapa panjang kabel totalnya. Harga perangkat OTDR ini sangat mahal, meskipun pengoperasiannya relatif mudah. OTDR ini digunakan pula pada saat terjadi gangguan putusnya kabel laut atau terestrial antar kota, sehingga bisa ditentukan di titik mana kabel harus diperbaiki dan disambung kembali.

### **3.2.4 Keunggulan transmisi serat optik**

Sistem transmisi serat optik ini dibandingkan dengan teknologi transmisi yang lain mempunyai beberapa kelebihan, antara lain:

#### **1. Redaman transmisi yang kecil.**

Sistem telekomunikasi serat optik mempunyai redaman transmisi per km relatif kecil dibandingkan dengan transmisi lainnya, seperti kabel coaxial ataupun kabel PCM. Ini berarti serat optik sangat sesuai untuk dipergunakan pada telekomunikasi jarak jauh, sebab hanya membutuhkan repeater yang jumlahnya lebih sedikit.

#### **2. Bidang frekuensi yang lebar**

Secara teoritis serat optik dapat dipergunakan dengan kecepatan yang tinggi, hingga mencapai beberapa Gigabit/detik. Dengan demikian sistem ini dapat dipergunakan untuk membawa sinyal informasi dalam jumlah yang besar hanya dalam satu buah serat optik yang halus.

#### **3. Ukurannya kecil dan ringan**

Dengan demikian sangat memudahkan pengangkutan pemasangan di lokasi. Misalnya dapat dipasang dengan kabel lama, tanpa harus membuat lubang polongan yang baru.

#### **4. Tidak ada interferensi**

Hal ini disebabkan sistem transmisi serat optik mempergunakan sinar/cahaya laser sebagai gelombang pembawanya. Sebagai akibatnya akan bebas dari cakap silang (cross talk) yang sering terjadi pada kabel biasa. Atau dengan perkataan lain kualitas transmisi atau telekomunikasi yang dihasilkan lebih baik dibandingkan transmisi dengan kabel. Dengan tidak terjadinya interferensi akan memungkinkan kabel serat optik dipasang pada jaringan tenaga listrik tegangan tinggi (high voltage) tanpa khawatir adanya gangguan yang disebabkan oleh tegangan tinggi.

#### **5. Kelebihan lain, antara lain**

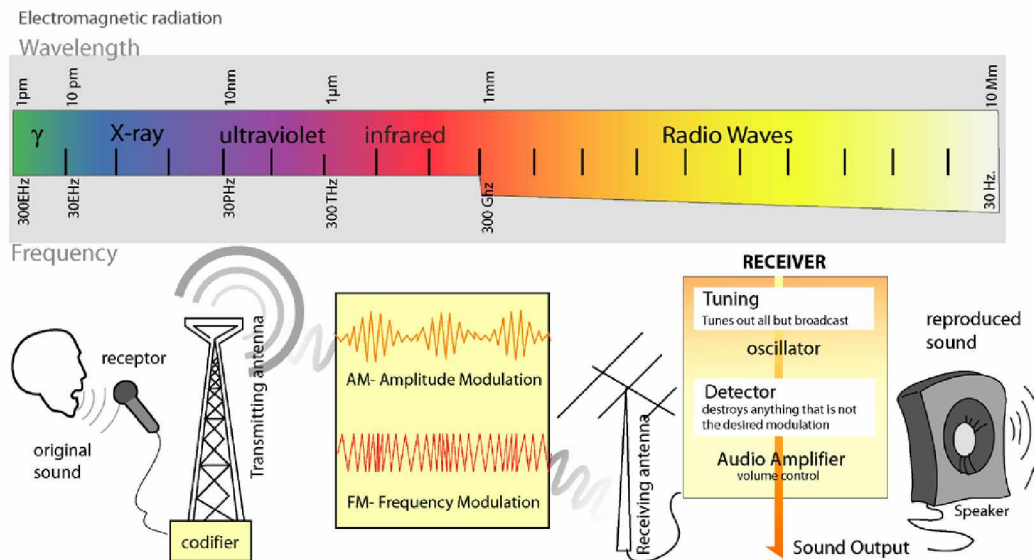
Adanya isolasi antara pengirim (transmitter) dan penerimanya (receiver), tidak ada ground loop serta tidak akan terjadi hubungan api pada saat kontak atau terputusnya serat optik. Dengan demikian sangat aman dipasang di tempat-tempat yang mudah terbakar. Seperti pada industri minyak, kimia, dan sebagainya.

Tabel 3.1 Perbedaan Kabel Coaxial dan Kabel Serat Optik

	Kabel Coaxial	Kabel Serat Optik
Delay	0.005 ms/km	0.048 ms/km
Keamanan	- aman dari penyadapan - tidak dapat di jamming	- aman dari penyadapan - tidak dapat di jamming
Penambahan kanal	memasang kabel baru	memasang kabel baru
Kapasitas kanal	sedang-besar	sedang-besar sekali
Transmisi TV	baik, tidak ekonomis	baik dan ekonomis
Broadcast	tidak dapat	tidak dapat
Transmisi data	baik, tidak praktis	baik sekali
Umur sistem	lebih dari 25 tahun	lebih dari 25 tahun
MTBF	$\pm 10$ tahun	$\pm 10$ tahun

### 3.3 Radio

Radio adalah teknologi yang digunakan untuk pengiriman sinyal dengan cara modulasi dan radiasi elektromagnetik (gelombang elektromagnetik). Gelombang ini melintas dan merambat lewat udara dan bisa juga merambat lewat ruang angkasa yang hampa udara, karena gelombang ini tidak memerlukan medium pengangkut (seperti molekul udara).



Gambar 3.9

Frekuensi gelombang radio untuk pengiriman suara

### 3.3.1 Gelombang radio

Dasar teori dari perambatan gelombang elektromagnetik pertama kali dijelaskan pada 1873 oleh James Clerk Maxwell dalam papernya di Royal Society mengenai teori dinamika medan elektromagnetik (bahasa Inggris: *A dynamical theory of the electromagnetic field*), berdasarkan hasil kerja penelitiannya antara 1861 dan 1865.

Pada 1878 David E. Hughes adalah orang pertama yang mengirimkan dan menerima gelombang radio ketika dia menemukan bahwa keseimbangan induksinya menyebabkan gangguan ke telepon buatanya. Dia mendemonstrasikan penemuannya kepada Royal Society pada 1880 tapi hanya dibilang itu cuma merupakan induksi.

Adalah Heinrich Rudolf Hertz yang, antara 1886 dan 1888, pertama kali membuktikan teori Maxwell melalui eksperimen, memperagakan bahwa radiasi radio memiliki seluruh properti gelombang (sekarang disebut gelombang Hertzian), dan menemukan bahwa persamaan elektromagnetik dapat diformulasikan ke persamaan turunan partial disebut persamaan gelombang.

Gelombang radio adalah satu bentuk dari radiasi elektromagnetik, dan terbentuk ketika objek bermuatan listrik dimodulasi (dinaikkan frekuensinya) pada frekuensi yang terdapat dalam frekuensi gelombang radio (RF) dalam suatu spektrum elektromagnetik. Gelombang radio ini berada pada jangkauan frekuensi 10 hertz (Hz) sampai beberapa gigahertz (GHz), dan radiasi elektromagnetiknya bergerak dengan cara osilasi elektrik maupun magnetik. Gelombang elektromagnetik lainnya, yang memiliki frekuensi di atas gelombang radio meliputi sinar gamma, sinar-X, inframerah, ultraviolet, dan cahaya terlihat.

Ketika gelombang radio dipancarkan melalui kabel, osilasi dari medan listrik dan magnetik tersebut dinyatakan dalam bentuk arus bolak-balik dan voltase di dalam kabel. Hal ini kemudian dapat diubah menjadi signal audio atau lainnya yang membawa informasi.. Meskipun kata 'radio' digunakan untuk hal-hal yang berkaitan dengan alat penerima gelombang suara, namun transmisi gelombangnya dipakai sebagai dasar gelombang pada televisi, radio, radar, dan telepon genggam pada umumnya.

Tabel 3.2 Bandwith Transmisi Radio

	<i>Frekuensi</i>	Panjang Gelombang	Nama
Very Low Frequency (VLF)	< 30 Khz	> 10 km	Gelombang Myriametri
Low Frequency (LF)	30 – 300 Khz	1 – 10 km	Gelombang Kilometer
Medium Frequency (MF)	300 – 3000 Khz	100 – 1000 m	Gelombang Hektometer
High Frequency (HF)	3 – 30 Mhz	10 – 100 m	Gelombang Dekameter
Very High Frequency (VHF)	30 – 300 Mhz	1 – 10 m	Gelombang Meter
Ultra High Frequency (UHF)	300 – 3000 Mhz	10 – 100 cm	Gelombang Decimeter
Super High Frequency (SHF)	3 – 30 Ghz	1 – 10 cm	Gelombang Centimeter
Extremwly High Frequency	30 – 300 Ghz	1 – 10 mm	Gelombang Milimeter

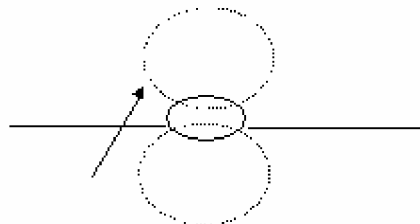
### 3.4 Antena

Antena adalah piranti untuk memancarkan dan menangkap pancaran tenaga elektromagnet. Antena akan beroperasi efektif jika dimensinya sama dengan panjang gelombang isyarat yang hendak dipancarkan atau diterima. Oleh karena itu, orang tidak memancarkan isyarat berfrekuensi rendah. Karena hal ini akan menyebabkan ukuran panjang antena menjadi tidak praktis

#### 3.4.1 Karakteristik Antena

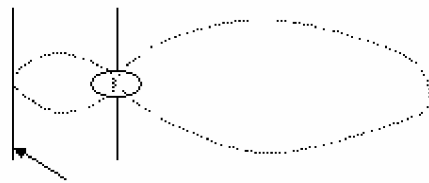
1. sifat-sifat antena adalah serupa dengan saluran transmisi yang berhubungan dengan panjang, impedansi, tegangan dan arus.
2. antena untuk frekuensi tinggi (HF) dipasang vertikal ataupun horisontal terhadap bumi. Antena yang dipasang vertikal memancarkan gelombang-gelombang vertikal (berpolarisasi vertikal). Sebaliknya antena yang dipasang horisontal memancarkan gelombang-gelombang horisontal.
3. antena untuk frekuensi sangat rendah (VLF), frekuensi rendah (LF) dan frekuensi menengah (MF) dibangun dengan polarisasi vertikal. Sebab akan dekat dengan bumi.
4. antena untuk frekuensi lebih tinggi akan baik, kalau menggunakan polarisasi horisontal.
5. dalam komunikasi jarak pandangakan dapat diperoleh tenaga isyarat yang maksimum apabila pada ujung-ujung yang sama terdapat polaritas yang sama.

#### 3.4.2 Macam-macam konfigurasi antena



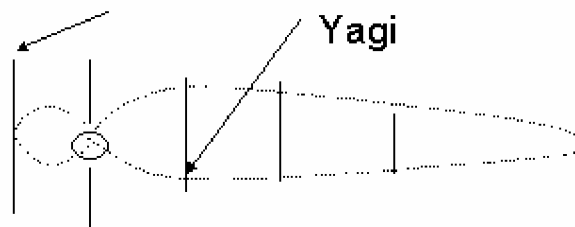
Gambar 3.10

Dipole



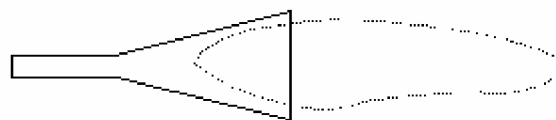
Gambar 3.11

Dipole dengan pemantul



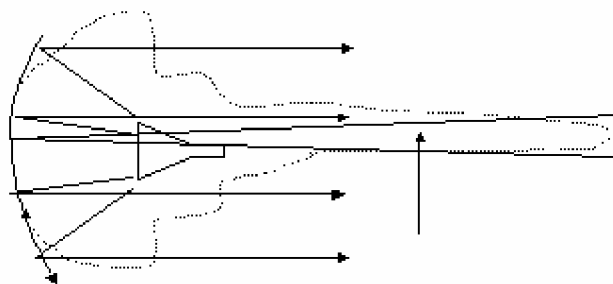
Gambar 3.12

Dipole dengan pemantul dan penyearah



Gambar 3.13

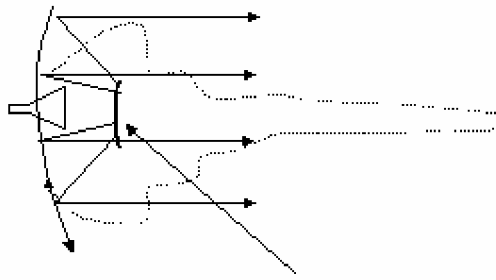
Horn



Gambar 3.14

Parabola dengan prime focus





Gambar 3.15

Parabola dengan casegrain

**Latihan**

1. Gambarkan bentuk kabel seimbang dan sebutkan bagian-bagiannya?
2. Gambarkan bentuk kabel koaksial dan sebutkan bagian-bagiannya?
3. Apa maksud dari thicknet. 10base5?
4. Sebutkan 3 cara penyambungan kabel koaksial
5. Sebutkan jenis-jenis serat optik?
6. Sebutkan keunggulan serat optik?
7. Apa kepanjangan dari VLF, MF, HF, SHF, dan EHF?
8. Apa pengertian dari antena?

## BAB IV

### TRANSMISI ANALOG DAN TRANSMISI DIGITAL

#### 4.1 Transmisi Analog

**Transmisi analog** adalah Sistem yang mentransmisikan sinyal-sinyal analog—yaitu time signal yang berada pada nilai kontinu pada interval waktu yang terdefinisikan. Sinyal yang besaran powernya bisa berubah-ubah atau dikenal dengan nama amplitude dan banyaknya perubahan besaran power didalam satu siklus waktu tertentu dikenal dengan nama frequency.

##### 4.1.2 Karakteristik transmisi analog:

- Sinyal analog ditransmisikan tanpa memperdulikan content
- Bisa data analog atau digital
- Mengalami redaman thd jarak
- Menggunakan amplifier utk memperkuat sinyal
- Juga memperkuat noise



Gambar 4.1  
Sinyal Analog

#### Sinyal analog

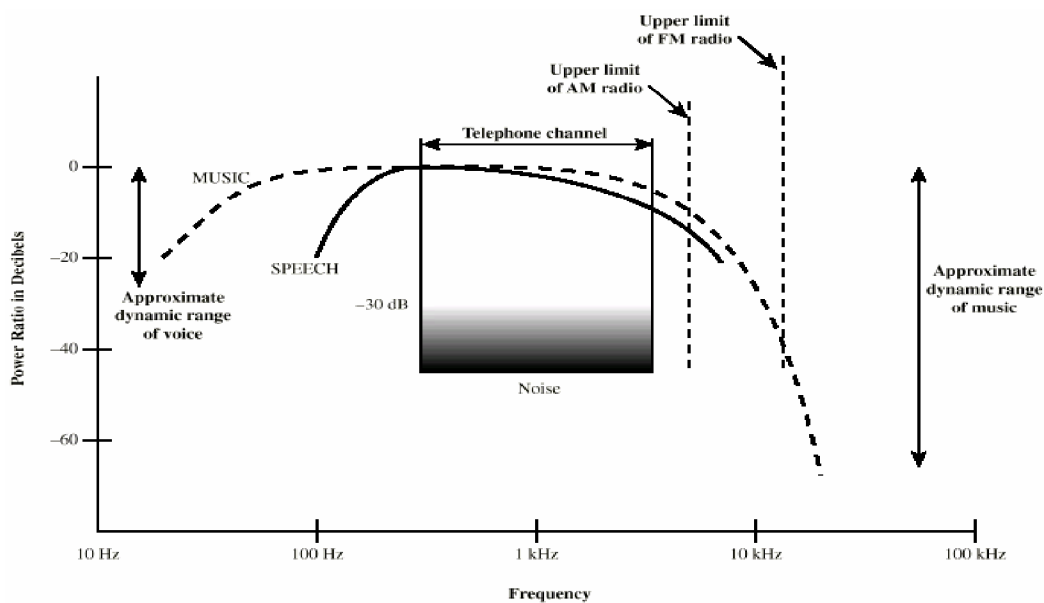
- Cara dimana data dipropagasikan
- Analog
- Secara kontinyu berubah
- Macam-macam media
- kawat, serat optik (fiber optic), udara

- Bandwidth suara (speech) 100Hz sd 7kHz
- Bandwidth telepon 300Hz sd 3400Hz
- Bandwidth video 4MHz

### Perbandingan Data Analog dan Data Digital

- Analog
  - Nilainya kontinyu dalam suatu interval
  - Misalnya: sound, video
- Digital
  - Nilainya diskrit
  - Misalnya: text, integer

#### 4.1.3 Spektrum daya analog



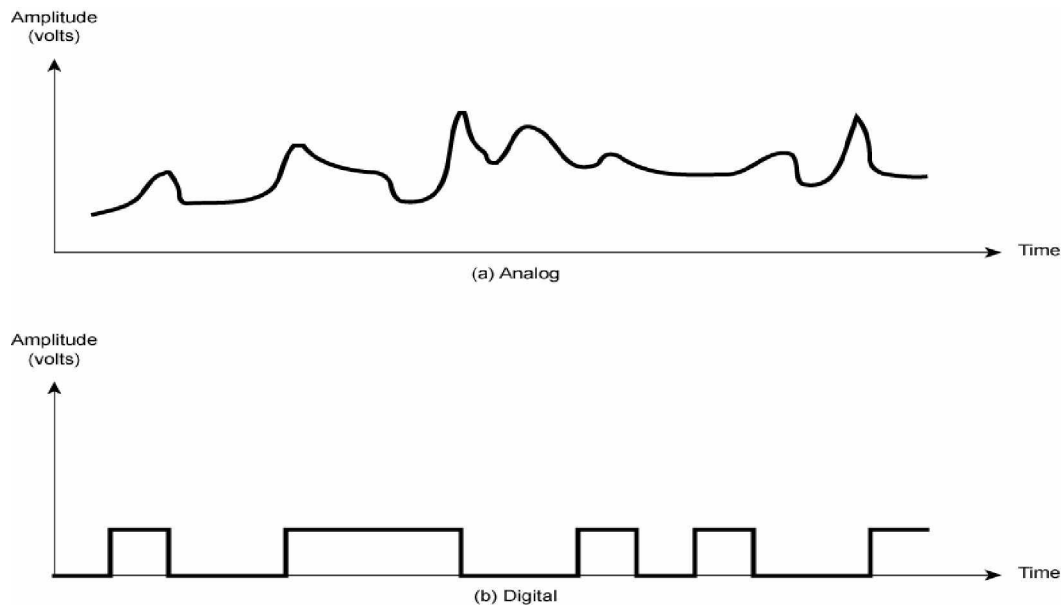
Gambar 4.2

Spektrum daya analog

Sebuah transmisi analog hampir mempunyai kemampuan yang tak terbatas dalam berkomunikasi. Sebagai contoh: Pada saat kita menggunakan analog sinyal dalam berkomunikasi secara verbal (lisan).

Suara kita yang kita hasilkan akan bergetar diudara pada frekwensi dan amplitudo yang berbeda. Getaran ini diterima oleh eardrum (gendang telinga) dan di interprestasikan sebagai kata. Perubahan-perubahan kecil pada suara dan volume secara dramatis akan mengubah maksud dari apa yang kita katakan.

Gambar dibawah menunjukkan perbandingan dari transmisi analog dan transmisi digital.



Gambar 4.3

Perbedaan transmisi analog dan digital

Perhatikan bahwa amplitudo puncak gelombang signal analog berubah-ubah setiap siklus waktu. Setiap puncak gelombang dari beberapa amplitudo itu digunakan untuk menyampaikan informasi yang berbeda sesuai dengan karakter alpanumerik yang kita ucapkan. Merupakan cara yang sangat efisien dalam menyampaikan informasi, setiap siklus gelombang bisa digunakan untuk menyampaikan informasi tambahan.

Permasalahan yang sering terjadi pada transmisi analog adalah mudah sekali terkena gangguan Noise, atau interferensi. Noise adalah sinyal tambahan yang tidak diinginkan. Sehingga bisa menghasilkan sejumlah **retransmission data**, dan mengakibatkan lambatnya suatu pengiriman (transfer) informasi.



Gambar 4.4

## Noise

Contoh suatu percakapan di dalam ruang kelas yang crowded (ramai). Setiap orang berbicara sehingga menghasilkan noise, sehingga sangat sulit membedakan antara suatu diskusi dengan pembicaraan yang lain dalam suatu ruang kelas itu. Sehingga seorang moderator musti mengulang suatu pertanyaan dengan pertanyaan “apa?” atau “apa yang anda katakan?” sehingga memperlambat transfer/pengiriman informasi dan ini dikenal dengan istilah **Retransmission Data**.

Apabila sinyal analog terpengaruh noise, maka akan sangat sulit menentukan amplitudo yang sebenarnya dari tiap bentuk gelombang. Ini bisa menghasilkan informasi yang salah atau membutuhkan retransmission data untuk mendapatkan informasi yang benar.

Ini merupakan bentuk yang simpel, digital communication lebih resistant/tahan terhadap noise, tapi juga mempunyai kelemahan yang besar. Pada sinyal analog penyampaian informasi untuk ASCII karakter A bisa ditransmisikan dengan single gelombang analog atau single vibration (getaran), tetapi pentransmisian dengan menggunakan binari atau digital membutuhkan delapan gelombang atau vibration (untuk mentransmisikan 01000001), Meskipun mempunyai kelemahan, biasanya lebih efisien menggunakan digital communication pada saat yang diperlukan. Rangkaian analog membutuhkan lebih banyak overhead pada saat mendeteksi dan memperbaiki noisy transmission. Inilah mengapa jaringan moderen menggunakan digital communications.

Overhead-adalah banyaknya informasi tambahan yang harus ditransmisikan pada suatu circuit untuk memastikan sistem penerima dalam mendapatkan data yang benar dan data itu bebas dari kesalahan. Secara tipikal ketika suatu circuit membutuhkan lebih banyak overhead, bandwidth yang tersedia untuk mengirim data yang sebenarnya menjadi berkurang.

Ini seperti kemasan yang digunakan pada saat kita ingin mengirimkan suatu barang, tentu kita tidak menginginkan seratus styrofoam yang kecil, tapi lebih menginginkan agar barang tersebut disimpan didalam kotak yang bisa memuat semuanya dan memastikan barang yang akan kita kirimkan aman.

#### **4.1.4 Penyebab Noise**

Noise bisa dibagi dalam dua kategori:

1. Electromagnetic interference (EMI)
2. Radio frequency interference (RFI)

EMI dihasilkan oleh circuit yang menggunakan Alternating Signal (Sinyal bolak-balik). Sebagai contoh jika anda menyambungkan kabel pada sebuah aki mobil maka arus listrik akan mengalir pada kabel tersebut dan jika anda mengukurnya dengan alat multimeter maka besar tegangan tetap konstan 12 volts. Aki mobil merupakan contoh dari Direct Current Circuit (arus searah).

Dan jika anda memasang kabel pada sebuah stop kontak listrik rumah, dan arus listrik mengalir pada kabel itu dan anda mengukur dengan menggunakan multimeter maka anda akan melihat jarum berubah antara +120 volts dan -120 volts. Besarnya tegangan secara konstan berubah. Besaran tegangan akan menyerupai analog signal seperti pada gambar diatas. Ketika tegangan berubah dan arus mengalir pada kabel, elektron secara dominant akan mengalir pada permukaan. Pada inti kabel hampir tidak ada elektron yang mengalir.

Jika kita menaikkan frekwensi dari siklus power maka elektron yang mengalir pada permukaan akan lebih banyak sehingga hampir tidak ada yang mengalir pada inti kabel. Contoh dari peristiwa ini adalah permainan Sky Air, jika kecepatan boat ditambah maka Sky Air yang ditarik cenderung meninggalkan permukaan dan menjauhi dasar air.

Ketika siklus power dinaikkan energi akan memulai radiasi pada sudut 90 derajat dari arah arus. Radiasi ini secara langsung berhubungan dengan signal pada kabel: Jika tegangan atau frekwensi dinaikkan, maka besarnya energi yang meradiasi juga akan meningkat

#### **4.1.4.1 EMI yang terjadi antar kabel yang berdekatan**

Energi ini mempunyai sifat magnetik dan menjadi dasar bagaimana electromagnet dan transformator (trafo) bekerja. Radiasi elektromagnetik bisa menghasilkan sinyal listrik ke kabel lain jika berdekatan. Interferensi ini mempengaruhi sinyal yang ada dan menjadi noise.

EMI bisa menyebabkan sinyal menjadi Loss. Energi yang menjadi EMI adalah energi tidak bisa digunakan untuk membawa sinyal mengalir pada kabel.

#### **4.1.4.2 Radio frequency interference (RFI)**

Radio Frequency Interference (RFI) dihasilkan jika dua signal mempunyai properti yang sama. Bentuk gelombang bisa bergabung, sehingga bisa mengubah frekwensi dan amplitud dari sinyal yang asli. Inilah mengapa secara geografis dua stasiun radio tidak boleh mengirim sinyal pada frekwensi yang berdekatan, jika terjadi radio penerima tidak bisa menerima sinyal dengan baik. Kebanyakan penyebab RFI pada networking ini diakibatkan oleh suatu kondisi yang dikenal sebagai reflection. Reflection terjadi ketika sinyal dipantulkan kembali oleh beberapa komponen sepanjang jalur transmisi itu. Sebagai contoh connector yang rusak didalam suatu circuit bisa memantulkan kembali sinyal itu ke pengirimnya. Inilah mengapa setiap end point pada pada network harus mempunyai kemampuan tidak hanya menerima sinyal, tetapi juga mampu mengabsorbsi seluruh energi sinyal.

#### **4.1.5 Communication Synchronization**

Hal penting lainnya dalam komunikasi adalah dengan membuat sistem penerima mengetahui ketika transmisi data dimulai. Jika sebuah sistem penerima tidak bisa menentukan permulaan dari suatu transmisi data, sistem itu mungkin akan melakukan kesalahan dalam menerima sebuah transmisi data.

#### 4.1.5.1 Signal to noise ratio

Signal to noise ratio (**SNR**) adalah besarnya rasio/perbandingan antara daya sinyal utama dan daya noise/derau yang mengganggu sinyal utama.

Besarnya dalam satuan “decibel(db)”.

#### 4.1.5.2 Pengaruh derau:

- Pada saat pentransmisian data terdapat sinyal-sinyal distorsi yang tidak diinginkan
- Faktor yang mempengaruhi performance sistem komunikasi
  - Derau suhu
  - Crosstalk

##### 4.1.5.2.1 Derau suhu

- Derau suhu diakibatkan oleh thermal elektron, muncul di semua perangkat elektronik dan media transmisi yang diakibatkan temperatur.
- Derau suhu tidak dapat dihilangkan karena sebagai batasan kemampuan kerja sistem komunikasi.

##### 4.1.5.2.2 Crosstalk

- Di telpon, terdengar percakapan orang lain
- Terjadi karena sambungan yang kurang baik atau kabel elektrik yang berdekatan, melalui antenna gelombang elektromagnetik





Gambar 4.5

Crosstalk

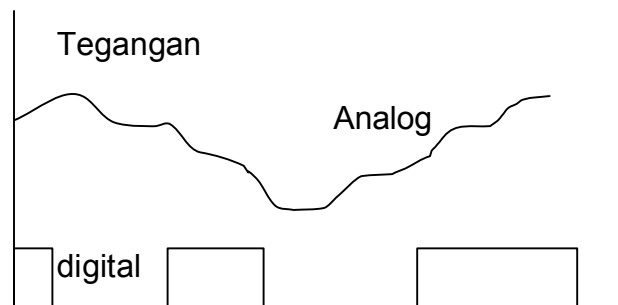
Evolusi perkembangan teknologi komunikasi dapat dipastikan akan menuju ke bentuk ISDN (*Integrated Service Digital Network*), yaitu segala jenis pelayanan telekomunikasi akan diberikan secara terpadu, dalam arti bahwa dalam satu sistem penyambungan dan transmisi akan dapat disalurkan berbagai macam bentuk sinyal (suara, gambar, data dan sebagainya).

Faktor penunjang untuk pengembangan ke arah itu adalah pertama, karena adanya tuntutan untuk mendapatkan sistem yang ekonomis dan efisien, dan yang kedua adalah akibat dari perkembangan yang sangat pesat di sektor teknologi komponen yang telah memungkinkan pembuatan sistem mampu memiliki keandalan tinggi dan murah. Unjuk kerja sistem transmisi digital tergantung dari sifat statistik sinyal. Deretan panjang bit “0” atau “1” akan menyebabkan hilangnya sinkronisasi bit, sehingga pada penerima dapat terjadi pendeteksian yang salah. Untuk menghindari hal tersebut, deretan sinyal data masukan biasanya diacak terlebih dahulu sehingga deretan panjang bit “0” atau “1” dapat dihilangkan.

## 4.2 Transmisi Digital

- Bentuk tegangan pada analog sesuai dengan perubahan informasi
- Bentuk tegangan pada digital adalah bit ( tegangan tinggi “1” atau tegangan rendah “0”)

- Lebih mudah mengirim digital karena :
- Untuk deteksi “on” dan “OFF” mudah
- Pembuatan rangkaian digital lebih mudah. (Menggunakan IC VLSI)
- Dengan sistem coding, maka error yang terjadi selama perjalanan pada sinyal digital dapat diperbaiki.
- Sinyal digital dapat compress walau dengan mengorbankan kualitas
- Sistem digital dapat diproses terpadu dengan sistem komputer. ( misalnya Video CD, dll)
- Transmisi digital lebih handal dibandingkan transmisi analog.
- Sinyal digital jauh lebih mudah digabungkan ( Multiplexing ) dengan sinyal dari berbagai – bagai sumber maupun tujuan dan sangat flexibel.



Gambar 4.6  
Multiplexing

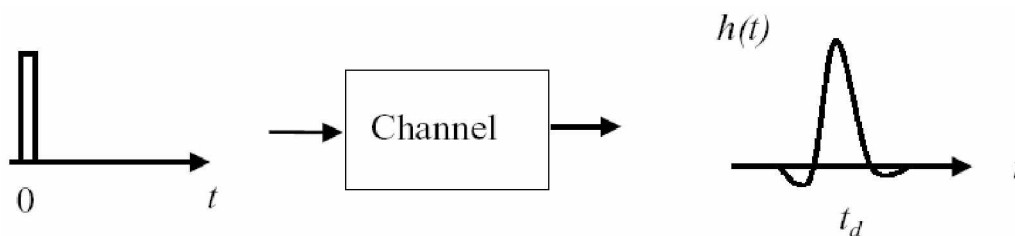
#### 4.2.1 Karakteristik sistem transmisi digital

- Sistem transmisi digital bertujuan untuk mentransfer deretan bit 0 dan 1 dari sisi pemancar ke sisi penerima.
- Kecepatan transmisi dinyatakan dengan bit rate, yang diukur dalam bit per detik.
- Kemampuan bit rate suatu sistem transmisi dipengaruhi oleh:
  - Besar energi yang diberikan pada sinyal kirim
  - Jarak yang harus dilintasi oleh sinyal (karena energi mengalami disipasi dan dispersi ketika berjalan di dalam media)

- Besar derau yang harus dilawan oleh penerima
- Bandwidth media transmisi
- Kemampuan suatu kanal untuk mentransfer frekuensi  $f$  dinyatakan dengan fungsi respon amplitudo  $A(f)$ , yang didefinisikan sebagai rasio antara amplitudo keluaran dibagi amplitudo masukan.
- Bandwidth suatu kanal didefinisikan sebagai kisaran frekuensi yang dapat dilewatkan oleh kanal tersebut.

#### 4.2.2 Pulsa-pulsa untuk transmisi baseband

- Jika pulsa yang sangat sempit dimasukkan ke kanal pada waktu  $t=0$ , maka keluaran kanal berupa sinyal  $h(t)$  yang disebut respon impuls kanal.
  - Pulsa keluaran  $h(t)$  akan lebih lebar dalam kawasan waktu
  - Lebar pulsa keluaran merupakan indikasi seberapa cepat keluaran dapat mengikuti perubahan pada masukan
  - Pada transmisi digital, jumlah pulsa per detik harus sebesar mungkin agar diperoleh laju data maksimum
- Jika range frekuensi masukan adalah 0 s.d.  $W$  Hz, maka respon impulsnya adalah  $h(t) = s(t-t_d)$  yang merupakan versi ter-delay dari
 
$$s(t) = (\sin(2\pi Wt)) / (2\pi Wt)$$
- Semakin besar  $W$ , lebar pulsa  $s(t)$  semakin kecil. Semakin sempit jarak antar pulsa masukan, semakin tinggi laju data.

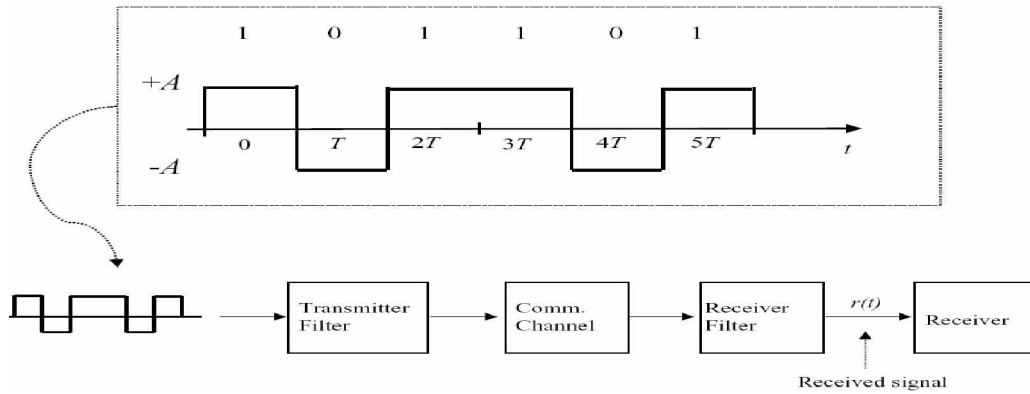


Gambar 4.7

Pulsa Transmisi Baseband

### 4.2.3 Transmisi baseband

- Transmisi baseband adalah pengiriman informasi digital melalui kanal komunikasi low-pass.
- Pada gambar berikut, setiap  $T$  detik pemancar menerima bit informasi, kemudian mengirim pulsa dengan amplitudo  $+A$  jika bit informasinya 1 dan  $-A$  jika bit informasinya 0.



Gambar 4.8

Transmisi baseband

### 4.2.4 Kode Nonreturn to Zero (NRZ)

Yang paling umum dan paling mudah dalam mentransmisikan sinyal-sinyal digital adalah dengan menggunakan dua tingkat voltase yang berlainan untuk dua digit biner. Kode-kode yang mengikuti cara ini membagi sifat-sifat tingkat voltase tetap konstan sepanjang interval bit, dalam hal ini tidak terdapat transisi (tidak kembali ke level voltase 0). Sebagai contoh, ketiadaan voltase dapat digunakan untuk menampilkan biner 0, dan voltase positif konstan untuk menampilkan biner 1.

Yang lebih umum lagi, voltase negatif digunakan untuk menampilkan biner 0, dan voltase positif konstan untuk menampilkan yang lain. Kode ini disebut sebagai Nonreturn to Zero-Level (NRZ-L). NRZ-L adalah kode-kode yang sering dipergunakan untuk membangkitkan atau mengartikan data digital melalui terminal atau perangkat-perangkat lain.

#### 4.2.4.1 Sifat-sifat dari NRZ

- Mudah dibangkitkan/dikodekan
- Mudah di-dekodekan
- Tidak memiliki error monitoring atau kemampuan koreksi
- Tidak memiliki self-clocking (timing)
- Lebar pita minimal
- Daya rata masukan penerima masukan penerima tergantung pada pola data base line wander
- String 1 atau 0 panjang tidak terdapat informasi timing karena tidak ada transisi level.

#### 4.2.4.2 NRZ terbagi atas dua yaitu

##### 1. Nonreturn to Zero-Level (NRZ-L)

- Dua tegangan yang berbeda antara bit 0 dan bit 1
- Tegangan konstan selama interval bit
- Tidak ada transisi yaitu tegangan no return to zero

##### 2. Nonreturn to Zero Inverted (NRZI)

- Nonreturn to Zero Inverted (NRZI) dalam kesatuan
- Pulsa tegangan konstan untuk durasi bit
- Data dikodekan/diterjemahkan sebagai kehadiran (ada) atau ketiadaan sinyal transisi saat permulaan bit time
- Transisi (dari rendah ke tinggi atau tinggi ke rendah) merupakan biner 1
- Tidak ada transisi untuk biner 0
- Sebagai contoh encoding differensial

##### Kode Nonreturn to Zero-Inverted (NRZ-I)

NRZ-I adalah contoh dari pengkodean diferensial. Pada pengkodean diferensial, informasi yang ditransmisikan lebih ditunjukkan pada pengertian susunan simbol-simbol data yang berurutan dibandingkan dengan elemen-elemen sinyal itu sendiri.

Satu keuntungan dengan pemberian kode yang berbeda adalah kemudahan atau keandalan mendeteksi transisi derau yang ada daripada dengan membandingkan nilai tersebut dengan threshold. Keuntungan lainnya adalah dalam rancangan transmisi yang rumit, semakin mudah kita untuk melepaskan sifat polaritas sinyal. Sebagai contoh, pada jalur twisted pair multi drop, bila leads pada perangkat yang dipasang di twisted pair kebetulan terbalik, maka keseluruhan 1s dan 0s untuk NRZ-L akan terbalik pula. Hal ini tidak akan terjadi dengan pemberian kode yang berbeda.

Karena kesederhanaan serta karakteristik respons frekuensi-rendahnya, kode-kode NRZ umumnya digunakan untuk perekaman magnetik digital. Bagaimanapun juga keterbatasan-keterbatasan mereka membuat kode-kode ini menjadi tidak menarik untuk diterapkan pada aplikasi-aplikasi transmisi sinyal.

#### **AMI (Alternate Mark Inversion)**

Golongan teknik-teknik pengkodean yang disebut sebagai multilevel biner diarahkan untuk mengatasi ketidakefisienan kode-kode NRZ. Kode-kode ini menggunakan lebih dari dua level sinyal. Dua contoh untuk skema ini diilustrasikan pada gambar yakni, bipolar AMI (Alternate Mark Inversion) dan Pseudoternary.

Dalam kasus skema bipolar ITU-T, biner 0 ditampilkan melalui Nonsinyal pada jalur (no line signal), sedangkan biner 1 ditampilkan melalui pulsa positif atau negatif. Pulsa biner pertama, kehilangan sinkronisasi tidak akan terjadi bila muncul string panjang 1s, masing-masing biner 1 menghasilkan transisi, dan receiver dapat melakukan sinkronisasi kembali pada transmisi tersebut. String panjang sebesar biner 0 masih akan menjadi suatu masalah. Kedua, karena sinyal-sinyal biner 1 berganti voltase dari positif ke negatif maka tidak ada dc komponen murni, selain itu bandwidth.

Sinyal-sinyal yang dihasilkan sangat tipis dibandingkan bandwidth untuk NRZ. Terakhir sifat pulsa yang berganti-ganti memungkinkan hanya diperlukan suatu alat sederhana untuk mendeteksi kesalahan. Apapun error yang terisolasi, apakah error yang menghapus pulsa ataukah yang menambah pulsa, menyebabkan penyimpangan dari sifat-sifat ini.

Dengan modifikasi yang sesuai, skema biner multilevel mampu mengatasi problem-problem kode NRZ. Tentu saja, saat keputusan rancangan disusun, saat itu juga terjadi pemilihan kemungkinan-kemungkinan. Dalam pengkodean biner multilevel,

sinyal jalur menerima satu dari tiga level, namun masing-masing elemen sinyal, yang dapat menampilkan  $\log_2 3 = 1.58$  bit informasi, hanya memuat satu bit informasi. Jadi, biner multilevel tidak seefisien pengkodean NRZ. Cara lain untuk menyatakan ini adalah bahwa receiver sinyal-sinyal biner multilevel harus membedakan diantara ketiga level (+A, -A, 0) daripada hanya dua level dalam format pensinyalan yang sebelumnya sudah dibahas. Karena hal ini, sinyal biner multilevel memerlukan daya sinyal kira-kira 3 dB lebih dibanding sebuah sinyal bernilai dua untuk probabilitas yang sama dalam kesalahan bit. Dengan mengambil cara lain, rate error bit untuk kode-kode NRZ secara signifikan lebih rendah dibandingkan untuk biner multilevel, pada rasio sinyal terhadap derau tertentu.

#### 4.3 Merubah Analog Menjadi Digital

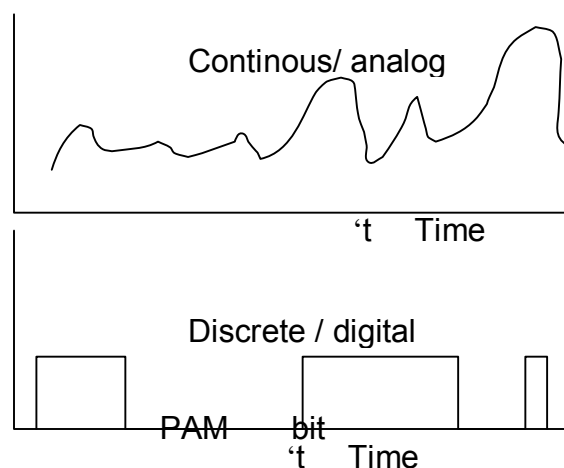
- Sistem transmisi digital menyalurkan informasi digital.
- Proses sampling
- Proses kwantisasi-
- Out put adalah sinyal digital.

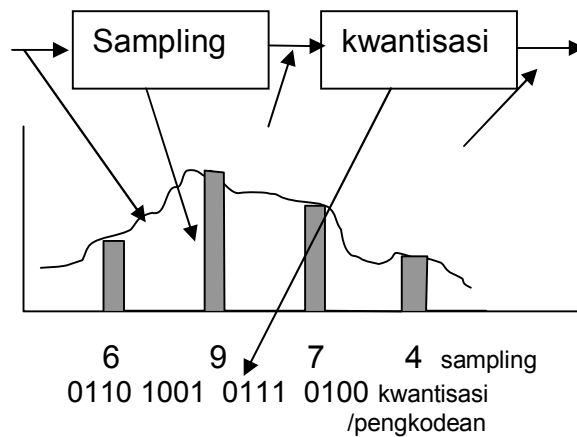
Jumlah sampling  $\sim 2 \times 4000$  bh/s

Jumlah bit kwantisasi = 8 / sampling

Maka jumlah bit perdetik adalah

$2 \times 4000 \times 8 = 64.000$  bit /det.



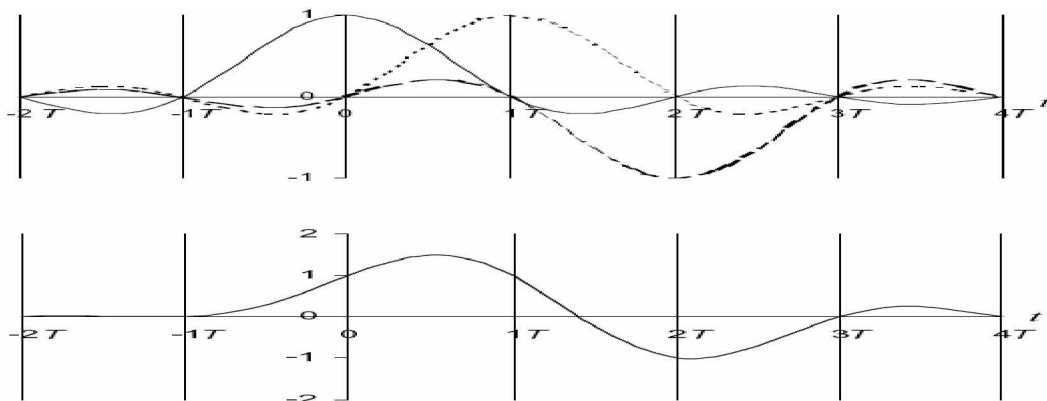


Gambar 4.9

Proses Sampling

#### 4.3.1 Kriteria Nyquist

- Pulsa-pulsa dikirimkan sebagai bagian dari deretan bit, sehingga sinyal total  $r(t)$  yang muncul di penerima adalah penjumlahan dari semua masukan  $r(t) = \sum_k A_k p(t-kT)$ .
- Laju pensinyalan Nyquist didefinisikan oleh  $r_{\max} = 2W$  pulsa/detik.



Gambar 4.10

Laju Pensinyalan Nyquist



- Jaringan komunikasi dapat dirancang untuk mengantarkan blok informasi agar tidak melebihi delay maksimum tertentu.
- Waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan file dapat dikurangi dengan meningkatkan laju bit R.
- Informasi stream dapat dipandang sebagai urutan beberapa blok informasi.
  - Persyaratan delay maksimum dapat diberlakukan untuk masing-masing blok informasi didalam suatu stream, misalnya 250 ms.
  - Pada saat stream melintasi jaringan, jarak antara blok informasi menjadi tidak seragam lagi
- Jitter didefinisikan sebagai variasi delay antara blok-blok berurutan.
- Salah satu cara mengatasi jitter adalah penerapan playout delay disisi penerima.

#### Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan transmisi analog ? apa bedanya dengan transmisi digital?
2. Tuliskan perbandingan data analog dengan digital? dan berapa kapasitas data analog dan digital yang ditransmisikan?
3. Apa yang dimaksud dengan noise?
4. Sebutkan apa yang dimaksud dengan intermodulasi ?
5. Sebutkan factor-faktor yang mempengaruhi noise ?
6. Sebutkan apa yang dimaksud dengan spectrum daya analog ?
7. Apa keuntungan dan kerugian dari transmisi analog? dan apa bedanya dengan transmisi digital?
8. Media apa yang dipakai untuk transmisi analog?
9. Mengapa transmisi analog membutuhkan lebih banyak overhead dalam mentransmisikan data ?
10. Apa yang dimaksud dengan over head dalam transmisi analog?

## BAB V

### KONSEP DASAR MODULASI DAN DEMODULASI

#### 5.1. Modulasi dan Demodulasi

Dalam gelombang pembawa apabila arus gelombang pembawa dibuat dan dipotong oleh kode-kode telegraf maka kodenya dimodulir oleh arus gelombang pembawa. Proses semacam ini disebabkan karena arus gelombang pembawa berubah-ubah seperti fungsi dari pada nilai gelombang kode telegraf pada saat itu yang disebut modulasi. Proses yang mengeluarkan kode telegraf asli yang dikirim dari modulasi arus gelombang pembawa disebut demodulasi.

##### 5.1.1 Metoda modulasi

Apabila gelombang pembawa diumpamakan dengan gelombang sinus  $i = A \sin(2\pi ft - \theta)$ , tiga kemungkinan type-type modulasi dapat diterangkan sebagai berikut:

1. Amplitudo  $A$  yang berubah-ubah - modulasi amplitudo.
2. Frekwensi  $f$  yang berubah-ubah - modulasi frekwensi.
3. Perbedaan fase yang berubah-ubah - modulasi fase.

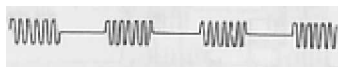
Penjelasan dari type modulasi yang ada diatas:

##### 5.1.1.1 Modulasi amplitudo

Arus gelombang pembawa yang berubah-ubah seperti yang diperlihatkan kan dalam gambar 5.1 (b), oleh kode telegraf dalam gambar 5.1 (a). Ketika arus kode ada dalam status minus gelombang pembawa dikirimkan.



a. Kode telegraf



b. Modulasi amplitude



c. Modulasi frekuensi



d. Modulasi fase

Gambar 5.1

Bentuk gelombang dari metoda modulasi yang berbeda-beda

#### 5.1.1.2 Modulasi frekwensi

Seperti yang terlihat dalam gambar 5.1, adalah frekwensi rendah dari gelombang pembawa sedangkan gelombang kode telegraf dalam status minus yang berubah-ubah dan pindah tinggi pada waktu gelombang kode menjadi plus.

Dalam telegraf gelombang pembawa seperti suatu type yang spesial dari modulasi frekwensi, dua frekwensi gelombang pembawa yang berbeda digunakan, satu untuk kode plus dan yang lain untuk kode minus. System modulasi ini disebut system frekwensi shift (sistem penggeseran frekuensi) dan disingkat menjadi FS. Nilai tengah dari kedua frekwensi disebut frekwensi tengah.

#### 5.1.1.3 Modulasi fase

Seperti yang terlihat dalam gambar 5.1 maka metoda ini merubah fase dari gelombang pembawa kode plus dan minus. Dalam metoda ini dua macam gelombang mempunyai amplitudo dan frekwensi yang sama, tetapi memerlukan fase yang berbeda. Metoda ini merubah  $180^\circ$  atau  $\pi$  radian seperti yang terlihat dalam gambar yang disebut metoda fase timbale balik.

$A$ ,  $f$  dan  $\theta$  dan  $A \sin(2\pi ft - \theta)$  untuk ketiga modulasi di atas itu tercatat dalam daftar 5.6.1

Tabel 5.1 Perbandingan Modulasi

Jenis modulasi	Perubahan notasi	Polaritas kode	
		+	-
Modulasi amplitude	$A$	$= 0$	$= A$
Modulasi frekuensi	$f$	$= f \text{ tinggi}$	$= f \text{ rendah}$
Modulasi inversi fase	$\theta$	$= \pi$	$= 0$

### 5.1.2 Struktur sirkit-sirkit untuk modulasi amplitudo dan modulasi frekwensi

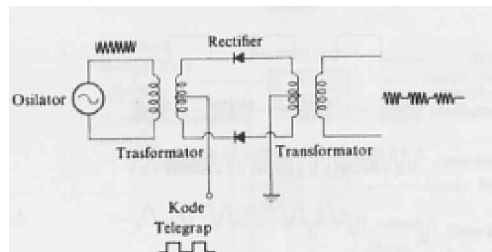
Prinsip modulasi setiap sirkit amplitudo dan frekwensi akan diterangkan dalam bagian ini.

#### 5.1.2.1 Sirkit modulasi amplitudo

Seperti yang terlihat dalam gambar 5.2, dua rectifier. Apabila voltasenya plus, maka hampir tidak ada arus gelombang pembawa yang dihasilkan karena arah arus berlawanan dengan apa yang dilakukan rectifier dan tahanan cukup besar. Apabila voltasenya minus arah arus dibiarkan bekerja oleh rectifier dan tahananapun menjadi kecil. Jadi arus gelombang pembawa yang ditimbulkan oleh osilator melalui transformator. Dengan jalan ini modulasi dari gelombang pembawa dibuat oleh adanya voltase plus dan minus dari sinyal telegraf terhadap rectifier.

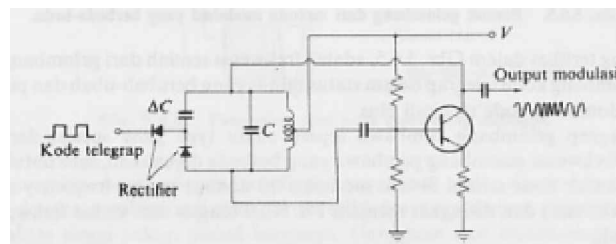
#### 5.1.2.2 Sirkit modulasi frekwensi

Sirkit ini adalah suatu sirkit yang orisinil yang menggunakan transistor pada gambar 5.3 Modulasi fekwensi ini dijalankan dengan menggabungkan atau melepaskan kondensator  $\Delta C$  atau dari sirkit osilator  $LC$ .



Gambar 5.2

Prinsip sirkit modulasi amplitudo



Gambar 5.3

Prinsip sirkit modulasi frekuensi

Frekwensi osilator  $f$  adalah:

$$f = 1 / 2\pi \sqrt{LC}$$

Oleh karena itu dengan merubah nilai  $C$ , maka frekwensinyapun berubah.

Umpamanya voltase sinyal telegraf dipasang pada sirkit dalam gambar. Apabila voltasenya plus, arusnya akan berada pada arah yang berlawanan dengan yang dilakukan oleh rectifier dan dengan demikian tahanannya menjadi lebih besar. Untuk alasan ini  $\Delta C$  dikirim dari sirkit  $LC$  dan frekwensinya akan menjadi:

$$f(+) = 1 / 2\pi \sqrt{LC}$$

Frekwensi ini agak tinggi. Sebaliknya apabila voltasenya minus arah arus dibiarkan oleh rectifier maka tahanannyapun kecil; oleh karena itu  $\Delta C$  adalah digandengkan dengan  $C$  yang diparalelkan dan frekwensi akan menjadi:

$$f(-) = 1 / 2\pi \sqrt{L \times (C + \Delta C)}$$

dalam hal ini frekwensinya rendah. Dengan memilih nilai  $\Delta C$  yang cocok, perbedaan antara  $f(+)$  dan  $f(-)$ .

### 5.1.2.3 Demodulasi dalam sistem modulasi amplitudo

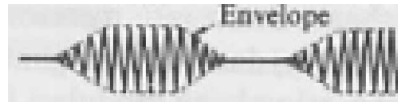
Modulasi gelombang pembawa mempunyai bentuk, misalnya, yang terlihat dalam gambar 5.4(b) tetapi apabila gelombang itu diterima setelah melewati saringan kirim dan saringan terima akan mempunyai gelombang yang diperlihatkan dalam gambar (c). Oleh sebab arus listrik biasanya lemah, maka diperkuat oleh amplifier, misalnya oleh transistor. Gelombang yang diperkuat direktifisir oleh full-wave type rectifier; bentuk gelombang terlihat dalam gambar (d). Bentuk dari gelombang ini selanjutnya diratakan dengan menggunakan kondensator dan tahanan seperti yang terlihat dalam gambar (e). Arus yang direktifikasikan ini menggiatkan rele penerima dimana arus bias setiap waktu mengalir. Apabila arus rektifikasi tidak mengalir, arus (+) mengalir dalam rele seperti arus penerima dan apabila arus rektifikasi mengalir, arus (-) penerima dan sinyal telegraf diproduksi seperti yang terlihat dalam gambar (f).



a. Mengirim kode telegraf



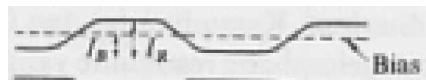
b. Bentuk gelombang modulasi



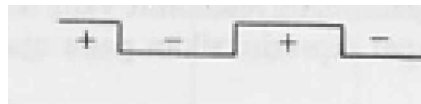
c. Bentuk gelombang yang diterima



d. Bentuk gelombang rektifikasi gelombang penuh/full-wave



e. Bentuk gelombang dari arus rele



f. Penerimaan kode telegraf

Gambar 5.4

Bentuk-bentuk gelombang dalam demodulasi (modulasi amplitudo)

#### 5.1.2.4 Demodulasi dalam sistem frekwensi modulasi

Dalam system frekwensi modulasi, plus dan minus dari arus sinyal membuat modulasi arus gelombang pembawa dengan frekwensi tinggi dan rendah. Demodulasi juga dilakukan oleh metoda diskriminasi frekwensi yang membuat arus searah dari intensitas yang berbeda-beda sesuai dengan frekwensi tinggi dan rendah. Gelombang yang melewati saringan terima mempunyai amplitudo yang tidak teratur seperti terlihat dalam gambar 5.4 (c), oleh karena itu dengan menggunakan amplifier, amplitudonya diseragamkan pada nilai tertentu seperti terlihat dalam gambar (d) dari gambar yang

sama. Prosedur ini disebut pembatasan amplitudo. Setelah amplitudo duseragamkan, maka diskriminasi frekwensi dimulai. Jalan yang umum untuk mendiskriminasikan frekwensi-frekwensi adalah penggunaan sirkit resonansi yang sederhana. Salah satu meresonsikan dengan frekwensi tinggi dan yang lain dengan frekwensi rendah. (e) dan (f) dalam gambar memperlihatkan bentuk-bentuk gelombang yang terima seketika gelombang modulasi frekwensi lewat. Gelombang (e) direktifikasikan dan rektifikasi arus searah (g) diterima. Gelombang (f) direktifikasikan dan dibalikkan, dan arus searah (h) diterima. Kemudian (g) dan (h) dijumlahkan bersama, dan dengan demikian tercapailah bentuk gelombang resultante yang terlihat dalam (i). arus ini menggiatkan rele dan kode-kode kirim dapat diproduksi pada ujung penerimaan seperti gamabar (j).

## **5.2 Jenis-jenis Modulasi**

Cara-cara modulasi yang diperlihat pada daftar berikut, secara garis besarnya dapat dibagi menjadi modulasi analog dan digital. Modulasi continuous parametric berarti modulasi amplitudo atau modulasi sudut.

Ini berarti bahwa pada modulasi pulsa parametric, amplitudo dari pulsa-pulsa atau sejenisnya dirubah secara analog. Modulasi kode Pulsa (PCM) adalah cara modulasi pengubahan A.D (Analog-Digital), sesuai dengan ketentuan yang tetap.

## **5.2 Modulasi Amplitudo dan Demodulasi**

### **5.2.1 Modulasi amplitudo**

Telah dinyatakan bahwa pada modulasi amplitudo, adalah membuat suatu cara sehingga amplitudo gelombang pembawa berubah sesuai dengan bentuk gelombang dari informasi yang akan dikirimkan, seperti pada gambar 5.5. Dalam hal ini, sinyal yang akan dibawa dinamakan sinyal modulasi dan gelombang radio yang membawa, dan umumnya frekwensi gelombang pembawa yang harus lebih tinggi dari pada sinyal modulasi, dinamakan gelombang pembawa.

Pada saluran telepon, fekwensi suara umunya terletak dibawah 3.400 Hz, sedangkan dimpihak lain yaitu gelombang pembawa, misalnya dalam hal HF, adalah beberapa MHz, jadi jauh lebih tinggi. Dalam hal ini pengiriman sinyal telegrap, juga demikian seperti diperlihatkan pada gambar 5.5

Gelombang pembawa yang dimodulasi jenis ini juga dinamakan gelombang A.1. Ini berarti bahwa amplitudo  $a$  dari gelombang pembawa dirubah sehingga diperoleh:

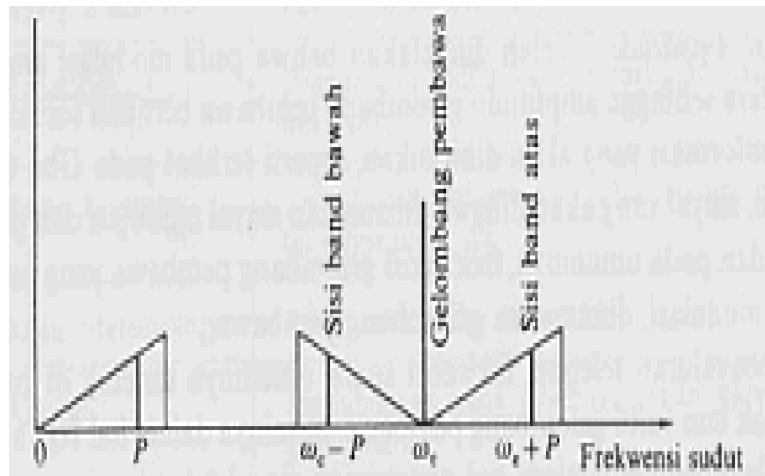
$$a = a_o + a_m \sin (pt + \phi) \quad (5.2.1)$$

oleh karena bentuk gelombang sinyal  $a_m \sin (pt + \phi)$ . Kemudian bentuk gelombang modulasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \{ a_o + a_m \sin (pt + \phi) \} \sin(\omega_c t + \theta) \\ &= a_o [\sin (\omega_c t + \theta) + k/2 \{ \cos (\omega_c - p)t + (\theta - \phi) - \cos(\omega_c + p)t + (\theta + \phi) \}] \end{aligned} \quad (5.2.2)$$

Dalam hal ini  $k = a_m / a_o$  yaitu factor modulasi.

Bentuk sinyal gelombang tidak berbentuk satu frekwensi seperti pada rumus 5.5. Tetapi dengan memperhatikan teori ekspansi Fourier, maka bentuk gelombang sinyal dapat dianggap sebagai superposisi. Apabila spectrum frekwensi informasi seperti gambar 5.5 (a), maka gelombang yang dimodulasi menjadi seperti gambar 5.5 (b).



a. Gelombang sinyal                      b. Gelombang modulasi

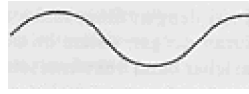
Gambar 5.5

Spektrum dari modulasi amplitudo

### 5.2.2 Modulasi sudut

Modulasi sudut adalah suatu proses modulasi dimana sudut dari gelombang pembawa yang berbentuk sinus adalah parameter subject yang dirubah-ubah. Sudut yang dimaksud adalah keseluruhan argumen dari fungsi sinus.





Bentuk gelombang sinyal yang akan dikirimkan  
(misal frekuensi suara)



Gelombang pembawa



Gelombang FM

Gambar 5.6  
Modulasi Frekuensi

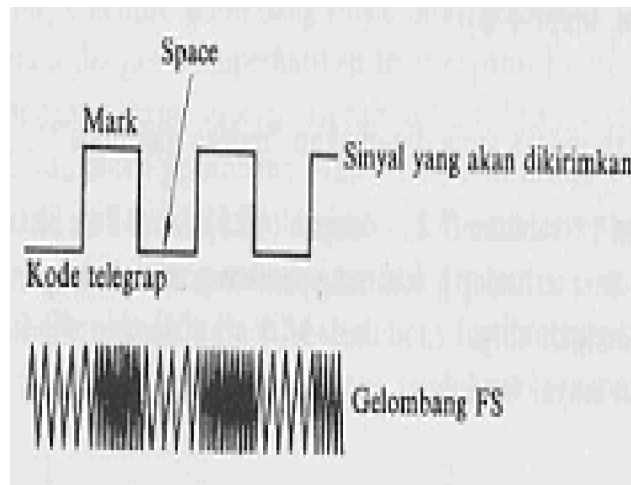
Baik modulasi fasa maupun modulasi frekwensi akan serupa setelah sinyalnya masing-masing didefensir dan diintergrir. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa gelombang modulasi fasa dapat diperoleh dengan modulasi fasa, atau melakukan dulu sinyal pada rangkaian deferensial baru kemudian diteruskan ke modulasi frekwensi. Dengan cara yang sama. Keduanya dinamakan modulasi sudut.

Tetapi sebaliknya system FM mempunyai keuntungan-keuntungan sebagai berikut:

1. Perhubungan dapat dilaksanakan dengan gerisik yang lebih kecil.
2. Dapat dilakukan perhubungan dengan kualitas yang sama dengan system AM, tetapi dengan tenaga yang lebih kecil.
3. Dapat dilakukan perhubungan tanpa timbulnya perubahan level dari bentuk gelombang sinyal yang disebabkan oleh perubahan amplitudo akibat fading mengingat sinyal yang ditumpangkannya terletak pada perubahan frekwensi.

Keadaan inilah yang menentukan sifat FM yang sangat penting, sehingga system FM dipergunakan secara luas diperbagai bidang, seperti siaran musik Hi-Fi, VHF radio

mobil dan radio-relay gelombang mikro. Karena kelemahannya di bidang frekwensi yang didudukinya, maka system tidak dipergunakan pada frekwensi-frekwensi VHF, UHF dan SHF. Gambar 5.6 memperlihatkan hal terjadinya frekwensi modulasi dengan menggunakan kode-kode telegrap. Dalam hal ini frekwensi kan dinamakan sinyal FSK (Frequency Shift Keying).



Gambar 5.7

Sinyal FS

### 5.2.3 Demodulasi

Pada dasarnya demodulasi adalah kebalikan modulasi dan juga memerlukan alat-alat taklinear atau berubah-ubah peng-switch-an (penggantian) liner. Karena rangkaian-rangkaian taklinear yang digunakan pada dasarnya sama, detil-detil operasi penemu (detector) .

## **BAB VI**

### **SISTEM TELEKOMUNIKASI GELOMBANG MIKRO**

Pancaran Radio Bumi, menggunakan frekuensi tertentu yang dipancarkan melalui antena sehingga dapat diterima oleh receiver pada area tersebut. Teknologi ini sering digunakan pada radio komersial dan mobile telephone. Microwave (gelombang mikro), merupakan pengiriman sinyal radio dengan frekuensi sangat tinggi pada dua buah relay station yang terlihat (tidak terhalang) satu sama lain. Pada gelombang mikro, kisaran frekuensinya adalah dari 1 GHz sampai 300 GHz. Propagasi/perambatan gelombang pada kisaran frekuensi ini adalah propagasi line-of-sight. Oleh karena itu antena microwave umumnya diletakkan diatas gedung, tower, atau puncak bukit/gunung. Jarak antara kedua stasiun dapat mencapai 30 mil (tergantung lengkungan bumi), dan dapat mengirimkan data 10 kali lebih besar dari kabel biasa tanpa perlu memikirkan cara menanam kabel atau memasangnya dengan tiang sehingga dapat terhubung lebih cepat. Namun demikian microwave rentan terhadap cuaca seperti hujan deras maupun badai salju.

#### **6.1 Propagasi Gelombang**

Propagasi gelombang radio melalui hujan, kabut dan salju akan mengalami pelemahan karena penyerapan daya pada saat terjadi rugi-rugi daya dielektrik yang disebabkan oleh air. Juga terdapat rugi-rugi pada saat gelombang transmisi langsung akibat adanya penghamburan energi keluar oleh titik-titik hujan, kabut dan salju. Rugi-rugi penghamburan biasanya relative kecil daripada rugi-rugi penyerapan. Satellite, merupakan pengiriman radio frekuensi menggunakan satelit. Mirip dengan microwave yang 2 buah titik yang saling terlihat, namun karena titik pertama berada di satelit maka coverage area nya dapat mencapai 30% permukaan bumi. Teknologi satelit antara lain dimanfaatkan pada Global Positioning System (GPS) untuk menetapkan posisi suatu tempat dimana terdapat alat GPS tersebut. GPS ini didukung oleh 24 satelit orbit rendah (ketinggian 10.900 mil) dimana posisi sebuah alat GPS akan ditentukan oleh 3 buah satelit sehingga akurasi nya mencapai 50 feet. Infrared, merupakan pancaran sinar infra merah yang tidak terlihat mata telanjang. Media ini mampu menyalurkan data sangat besar, tanpa terganggu oleh elektromagnetik. Hanya saja infrared terpengaruh pada kabut, asap, debu, hujan, serta hubungan setiap unit harus terlihat satu sama lain.

Tabel 6.1 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

No. Jenis gelombang elektromagnetik:	Panjang gelombang (m)	Frekuensi, (Hertz)
1. Gelombang radio:		
a. Radio gelombang panjang	$10^9 - 10^3$	$1 - 10^{11}$
b. Radio gelombang pendek	$10^9 - 10^3$	$1 - 10^5$
c. Komunikasi bands.	$10^3 - 10$	$10^5 - 10^7$
d. Televisi	$10^5 - 10^{-3}$	$10^3 - 10^{11}$
	$10 - 10^{-1}$	$10^7 - 10^9$
2. Gelombang Mikro:	$10 - 10^{-5}$	$10^7 - 10^{13}$
a. Radar	$10 - 10^{-3}$	$10^8 - 10^{11}$
3. Infra merah	$10^{-3} - 10^{-6}$	$10^{11} - 10^{14}$
4. Cahaya tampak	$10^{-6} - 10^{-7}$	$10^{14} - 10^{15}$
5. Ultra ungu	$10^{-7} - 10^{-10}$	$10^{15} - 10^{19}$
6. Sinar - X	$10^{-8} - 10^{-12}$	$10^{16} - 10^{21}$
7. Sinar gamma	$10^{-10} - 10^{-16}$	$10^{18} - 10^{25}$

## 6.2 Gelombang Mikro

### 6.2.1 Karakteristik

- o Antena yang paling biasa berbentuk piring parabola.
- o Diameter sekitar 3 m.
- o Antena berkedudukan tetap dan difokuskan pada gelombang tertentu untuk mencapai penghantaran line-of-sight kepada antena penerima.
- o Antena biasanya diletakkan di tanah tinggi untuk meluaskan jarak antar antena sehingga dapat lebih leluasa gangguan dari penghalang gelombang semakin kecil..
- o Jarak maksimum antara antena:

$$d = 7.14 \sqrt{Kh} \text{ (km)}$$

$h$  = tinggi antena,  $K$  = faktor penyesuaian (gelombang mikro mungkin berubah arah atau terbias disebabkan bentuk lengkok mukabumi)

biasanya  $K = 4/3$

- o Untuk mendapatkan jarak penghantaran yang jauh, beberapa menara geganti (relay) gelombang mikro digunakan.
- o Gelombang mikro point-to-point dipautkan untuk memperkuat satu sama lain.

### 6.2.2 Aplikasi

- o Penggunaan biasa adalah untuk telekomunikasi jarak jauh (alternatif bagi coaxial cable dan fiber optik)

Fasilitas gelombang mikro memerlukan jarak antara amplifier atau repeater yang jauh serta bilangan yang kecil, tetapi memerlukan penghantaran line-of-sight.

Digunakan untuk pengiriman sinyal suara dan televisi.

- o Boleh juga digunakan untuk jarak dekat point-to-point yang menyambungkan antara bangunan berdekatan.

Closed-circuit TV (CCTV)

Pautan data antar LAN

By-pass application (komunikasi jarak jauh untuk tujuan komersil, menggantikan penyedia jasa telepon lokal.)

### 6.2.3 Ciri – ciri penghantaran

- o Meliputi sebagian spectrum elektromagnetik.
- o Frekuensi biasa antara 2 ke 40 GHz.
- o Jika frekuensi lebih tinggi, lebar jalur lebih tinggi dan kadar data lebih tinggi.
- o Kehilangan utama disebabkan penurunan kualitas penerimaan (juga bagi frekuensi radio).

$$\text{Kehilangan, } L = 10 \log (4\pi d/\lambda)^2 \text{ db.}$$

- o Jarak antara amplifier atau repeater antara 10 ke 100 km.
- o Penurunan bertambah bila hujan, hal ini dapat dilihat pada frekuensi melebihi 10 GHz.
- o Kerusakan juga bisa disebabkan oleh gangguan/nois, semakin banyak gelombang mikro digunakan, semakin banyak gangguan, jadi perlu pilih frekuensi khusus.
- o Jalur frekuensi biasa bagi telekomunikasi jarak jauh ialah antara 4 GHz ke 6 GHz.(sekarang sampai 11 GHz)
- o Jalur 12 GHz digunakan untuk sistem TV kabel.

- o Pautan gelombang mikro menyediakan isyarat TV kepada sistem pemasangan CATV lokal, isyarat disebarkan kepada subscriber khusus melalui kabel coaxial.
- o Frekuensi lebih tinggi (22 GHz) digunakan untuk pautan point-to-point jarak dekat antara bangunan.
- o Frekuensi tinggi tidak begitu berguna untuk jarak jauh sebab akan terjadi penurunan kualitas yang tinggi, tetapi memerlukan antena lebih kecil dan murah (sesuai untuk jarak dekat).

### **6.3 Gelombang Satelit**

#### **6.3.1 Karakteristik**

- o Satelit komunikasi merupakan stasiun geganti gelombang mikro.
- o Ia memautkan dua atau lebih penghantar / penerima gelombang mikro di permukaan bumi (earth station / ground station)
- o Satelit menerima penghantaran pada satu jalur frekuensi (uplink), menguat dan mengulang isyarat, dan menghantar lagi pada frekuensi lain (downlink)
- o Satu satelit yang mengelilingi orbit beroperasi pada beberapa jalur frekuensi (transponder channels atau ringkasnya transponders)
- o Bila menginginkan satelit dapat bekerja lebih efisien, satelit harus tetap berada di tempatnya.
- o Satelit harus mempunyai waktu putaran yang menyamai putaran bumi.
- o satelit boleh diletakkan pada ketinggian 35, 784 km.
- o Dua satelit berdekatan yang menggunakan jalur frekuensi yang sama akan mengganggu satu sama lain.
- o Oleh karena itu, jarak  $4^0$  perlu untuk jalur 4/6 GHz dan  $3^0$  untuk jalur 12/14 GHz..

### 6.3.2 Aplikasi

- o Penyiaran televisi  
Program televisi dikirim ke satelit.  
Kemudian disiarkan ke beberapa stasiun di bumi.  
Stasiun ini pula menyiarkannya kepada individu.
- o Penghantaran telepon jarak jauh  
Menggunakan point-to-point trunks antara penyedia jasa telepon.
- o Rangkaian penyedia jasa komersil  
Pengguna dilengkapi dengan antena.  
Tegantung kepada penyedia.  
Sistem alternatif yang lebih murah : Very Small Aperture Terminal (VSAT) system.

### 6.3.3 Ciri – ciri penghantaran

- o Julat frekuensi : 1 hingga 10 GHz.
- o Jika kurang dari 1 GHz, kesan noise/derau agak terasa, disebabkan gangguan-gangguan seperti noise galaksi, matahari dan atmosfer atau gangguan dari peranti-peranti elektronik.
- o Kebanyakan satelit memberi penyesuaian point-to-point dengan lebarjalur 5.925 hingga 6.425 GHz (uplink) dan 4.7 hingga GHz (downlink).
- o Kombinasi ini dinamakan jalur 4/6 GHz.
- o Frekuensi berbeda untuk menghindari gangguan.
- o Jalur frekuensi ini sangat rentan kerana kebanyakan sama dengan jalur frekuensi gelombang mikro terrestrial.
- o Jalur 12/14 GHz (14 hingga 14.5 GHz uplink, 11.7 hingga 14.2 GHz - downlink) dibuat untuk mengatasinya.
- o Kesan penurunan perlu diatasi.
- o Jalur 19/29 GHz diwujudkan (uplink : 27.5 hingga 31.0 GHz, downlink : 17.7 hingga 21.2 GHz)
- o Jarak yang jauh, berlaku lengah (propagation delay) sebanyak 0.25 saat.

## **6.4 Gelombang Radio**

### **6.4.1 Karakteristik**

- o Perbedaan utama dengan gelombang mikro ialah ia dua arah.
- o Ia tidak perlu antena berbentuk parabola.
- o Antena tidak perlu diletakkan secara kekal dan kedudukan yang khusus.

### **6.4.2 Aplikasi**

- o Jumlah frekuensi 3 KHz hingga 300 GHz.
- o Jalur VHF dan UHF : 30 MHz hingga 1 GHz.
- o Jalur ini meliputi radio FM dan televisi VHF dan UHF.
- o Juga digunakan untuk aplikasi rangkaian data.

### **6.4.3 Ciri – ciri penghantaran**

- o Julat frekuensi 30 MHz hingga 1 GHz sesuai untuk komunikasi penyiaran.
- o Penghantaran dibagi beberapa saluran dan jarak pantulan terhadap atmosfer.
- o Jumlah penurunan kualitas kurang.
- o Sumber utama gangguan siaran ialah dari berbagai saluran yang saling mengganggu.



### **6.5 WiMAX: (Wireless Microwave Access)**

Di Indonesia, WiMAX belum banyak dikenal masyarakat mengingat masih belum meluasnya implementasi teknologi tersebut. Namun di luar negeri, WiMAX mulai dilirik sebagai pengganti kabel telepon untuk menyediakan layanan Internet berkecepatan tinggi, khususnya di daerah-daerah yang luas dan tersebar (seperti di pedesaan atau perkotaan). WiMAX dibangun berdasarkan standar yang dibuat oleh IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Dirancang untuk memenuhi kebutuhan akan akses nirkabel berkecepatan tinggi, WiMAX memungkinkan akses terhadap aneka aplikasi multimedia via koneksi nirkabel.

#### **6.5.1 Asal muasal WiMAX**

Bagaimana asal usul teknologi WiMAX dan nama WiMAX itu sendiri? Menurut James A. Johnson (Vice President, Intel Communications Group/General Manager, Wireless Networking Group), istilah WiMAX berasal dari singkatan wireless (disingkat Wi) Microwave Access (disingkat MAX). WiMAX menyerupai Wi-Fi dalam hal penggunaan teknologi modulasi yang sama.

Teknologi ini disebut OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). OFDM merupakan sebuah sistem modulasi digital di mana sebuah sinyal dibagi menjadi beberapa kanal dengan pita frekuensi yang sempit dan saling berdekatan, dengan setiap kanal menggunakan frekuensi yang berbeda. Teknologi tersebut dikembangkan dalam tahun 1960-an - 1970-an. Teknologi ini dikembangkan pada saat dilakukannya penelitian untuk mengurangi terjadinya interferensi frekuensi di antara berbagai kanal yang jaraknya saling berdekatan.

Pada frekuensi non-WiMAX, sebuah gelombang radio biasanya akan saling mengganggu gelombang radio lain, khususnya jika frekuensi tersebut memiliki siklus getaran yang berdekatan. Hal yang paling terlihat adalah saat kita memainkan dua mobil remote control pada frekuensi radio yang berdekatan, misalnya mobil A (frekuensi 27,125MHz) dan mobil B (frekuensi 27,5MHz). Jika kedua mobil (berikut kontrol radionya) dihidupkan, kedua frekuensi tersebut akan bisa saling mengganggu. Akibatnya, jika kita akan menggerakkan mobil A, mobil B bisa ikut berjalan. Atau jika kita membelokkan mobil B, mobil A akan mundur beberapa meter.

Bayangkan apa yang akan terjadi jika hal ini dialami oleh frekuensi yang dipakai untuk membawa data (carrier) seperti pada komunikasi data nirkabel. Gangguan tersebut bisa menimbulkan aneka kerugian, seperti terjadinya kerusakan data yang dibawa frekuensi tersebut, terjadinya kegagalan pengiriman data, atau terjadinya kesalahan dalam pengalihan data.

Dengan teknologi yang ditawarkan WiMAX, semua kendala tersebut akan sirna dengan sendirinya. Teknologi WiMAX memungkinkan kita memancarkan berbagai sinyal dalam jarak yang sangat berdekatan, tanpa harus cemas bahwa aneka sinyal tersebut akan saling mengganggu/berinterferensi. Dengan demikian, kita bisa menumpangkan lalu lintas data dengan kepadatan tinggi dalam berbagai kanal tersebut. Dengan banyaknya kanal yang bisa ditumpangi oleh data yang berlimpah dalam satu waktu, ISP atau penyedia layanan broadband bisa menghadirkan layanan berbasis kabel atau DSL untuk banyak pelanggan sebagai ganti media kabel tembaga.

Meskipun teknologi dasarnya sama, Wi-Fi dan WiMAX masih memiliki perbedaan. Menurut James, perbedaan antara keduanya terletak pada pembagian spektrum yang dipakai, dan pada penggunaan frekuensi berlisensi dalam WiMAX. Meskipun WiMAX dan Wi-Fi menggunakan salah satu frekuensi tidak berlisensi (yakni frekuensi 5,8GHz), WiMAX juga diarahkan untuk bisa memanfaatkan dua frekuensi lain yang berlisensi, yakni 2,5GHz and 3,5GHz. Hal ini memungkinkan kita meningkatkan daya keluaran perangkat WiMAX sehingga bisa menjangkau jarak yang lebih jauh.

Dengan demikian, jika WiFi hanya beroperasi pada kisaran meter, WiMAX bisa beroperasi pada kisaran kilometer. Selain itu, WiMAX dirancang dalam tataran teknologi carrier-grade. Hal ini membuat WiMAX memiliki kehandalan dan kualitas pelayanan yang lebih baik dibandingkan Wi-Fi. Dengan jangkauan jarak yang lebih jauh, dan kemampuan untuk melewati aneka penghalang seperti gedung atau pohon, WiMAX sesuai untuk diterapkan di daerah perkotaan yang memiliki gedung perkantoran dan pemukiman.

### 6.5.2 Karakteristik WiMAX

WiMAX merupakan standar IEEE 802.16 yang membawahi aneka standar turunannya. Standar ini mengatur penggunaan perangkat nirkabel untuk keperluan jaringan perkotaan (Metropolitan Area Network/MAN). Standar ini khususnya dirancang untuk memenuhi kebutuhan jaringan akan akses nirkabel berkecepatan tinggi atau BWA (broadband wireless access). Kehadiran teknologi ini diharapkan akan memungkinkan akses terhadap aneka aplikasi multimedia via koneksi nirkabel dengan jarak antarperangkat yang lebih jauh.

Standar 802.16 (dan turunannya) beroperasi pada pita frekuensi radio antara 2GHz sampai 11GHz. Standar ini memiliki transfer rate 75Mbit per detik dengan tingkat latency yang rendah, dan efisiensi penggunaan ruang spektrum frekuensi.

Untuk mengamankan koneksi yang terjadi, standar ini juga telah mendukung feature enkripsi data, dengan pengaturan kesalahan bertipe Forward Error Correction (FEC). Jarak yang bisa dijangkau oleh standar ini dapat diperluas sampai sekitar 30 mil, atau sekitar 48 kilometer dengan tingkat throughput yang masih memadai untuk mentransfer data.

WiMax terbagi menjadi dua model pemanfaatan yang masing-masing diwakili oleh dua standar IEEE yang berbeda. Model pemanfaatan pertama adalah pemanfaatan fixed-access, atau sambungan tetap yang menggunakan standar IEEE 802.16-2004 (sebagai hasil revisi atas standar IEEE 802.16a). Standar ini termasuk dalam golongan layanan "fixed wireless" karena menggunakan antenna yang dipasang di lokasi pelanggan. Antena ini dapat dipasang di atap atau tiang tinggi persis seperti cakram parabola untuk TV. Teknologi dari standar inilah yang menjadi substitusi dari teknologi-teknologi seperti modem kabel, segala macam digital subscriber line (xDSL), sirkuit transmit/exchange (Tx/Ex), dan sirkuit optical carrier (Oc-x).

Sementara model pemanfaatan kedua, sering disebut pemanfaatan portable atau mobile yang menggunakan standar IEEE 802.16e. Standar ini khususnya diimplementasikan untuk komunikasi data pada aneka perangkat genggam, atau perangkat bergerak (mobile) seperti PDA atau notebook.

### **6.5.3 WiMAX forum**

Untuk mempercepat penerapan dan sosialisasi standar ini di masyarakat dan kalangan industri, pada bulan April 2001, dibentuklah sebuah forum yang diberi nama WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) Forum. Tujuan pembentukan WiMAX Forum ini adalah untuk mempromosikan dan melakukan sertifikasi terhadap kompatibilitas dan interoperabilitas perangkat berbasis standar 802.16 dan standar turunannya.

Di samping itu, forum ini bertujuan mengembangkan perangkat-perangkat tersebut agar bisa memenuhi kebutuhan pasar. Forum ini beranggotakan berbagai organisasi dan perusahaan seperti Airspan, Alvarion, Analog Devices, Aperto Networks, Ensemble Communications, Fujitsu, Intel, Nokia, OFDM Forum, Proxim, dan Wi-LAN.

### **6.5.4 Keuntungan WiMAX**

Dengan penerapan standar IEEE 802.16-2004, diharapkan akan didapat aneka keuntungan, seperti tersedianya layanan jaringan secara lebih cepat (bahkan di daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan berbasis kabel), biaya instalasi yang lebih rendah, dan kemampuan untuk mengatasi batasan fisik yang terdapat dalam jaringan berbasis kabel. Untuk menjaga agar kinerjanya tetap optimal, jaringan 802.16 juga mendukung QoS (quality of service) yang sangat diperlukan dalam koneksi audio dan video.

Selain yang telah disebut sebelumnya, implementasi standar 802.16 ini akan mendatangkan keuntungan bagi para operator (dan penyedia layanan jaringan) maupun bagi para pengguna. Keuntungan ini antara lain tersedianya layanan broadband on demand, layanan broadband di perumahan, layanan jaringan di daerah terpencil, serta dimungkinkannya penjelajahan (roaming) antar-MAN hotspot oleh pengguna.

Dengan adanya broadband on demand, tempat-tempat yang tadinya belum memiliki akses Internet berkecepatan tinggi (karena terbatasnya daerah cakupan modem kabel dan DSL), akan bisa mendapatkan layanan broadband tanpa menunggu lama. Bagi bisnis modern dan perusahaan-perusahaan besar, akses Internet semacam ini tentulah merupakan sebuah kebutuhan yang tidak bisa ditawar-tawar lagi. Juga bagi para pengguna rumahan yang sejak lama mendambakan akses broadband.

Kehadiran standar 802.16 akan memungkinkan mereka mendapatkan layanan sekualitas DSL dengan instalasi yang lebih mudah dan jarak yang lebih jauh. Seperti kita ketahui, layanan DSL memiliki keterbatasan jarak, yakni sekitar 5 km dari pelanggan ke sentral telepon otomatis/STO. Jika lebih panjang daripada jarak ini, biasanya akan terjadi penurunan kualitas. Karena itu, layanan DSL biasanya hanya dijumpai di daerah perkotaan. Dengan menggunakan akses via jaringan 802.16 ini, niscaya lokasi calon pelanggan Internet tidak akan menjadi masalah besar lagi.

Penggunaan jaringan 802.16 ini juga memungkinkan perusahaan untuk secara mudah terkoneksi ke layanan broadband, saat harus pindah dari satu lokasi bisnis tertentu ke lokasi bisnis lainnya (atau saat melakukan ekspansi bisnis atau usaha). Tanpa harus tergantung pada layanan kabel telepon, perusahaan akan bisa menghubungkan cabangnya ke kantor pusat via Internet atau VoIP menggunakan jaringan 802.16.

#### **6.5.5 WiMAX di masa depan**

Bagaimana posisi WiMAX dibandingkan dengan komunikasi nirkabel lainnya? Sebagaimana dikatakan sebelumnya, WiMAX memiliki standar 802.16e yang akan diarahkan untuk menyediakan komunikasi data bagi perangkat genggam. Namun bukan berarti bahwa standar ini nantinya akan menggantikan layanan 3G untuk berkomunikasi. Terbatasnya spektrum frekuensi dalam 3G ini membuat cemas para penyedia layanan selular. Mereka beranggapan bahwa keterbatasan ini bisa menghalangi meningkatnya transfer data via jaringan selularnya. Para operator tersebut cemas bahwa spektrum yang mereka miliki tidak akan sanggup memenuhi kebutuhan komunikasi suara dan data pelanggannya. Dalam hal inilah, peran WiMAX diperlukan. Standar 802.16e bisa berperan sebagai penyedia layanan data yang akan berdampingan dengan layanan suara berbasis 3G. Standar ini bisa dipakai memperluas layanan yang sudah ada. Meskipun bisa menjadi pelengkap bagi jaringan 3G, WiMAX akan difokuskan untuk menyediakan komunikasi data secara nirkabel, dan bukan menyediakan komunikasi suara secara nirkabel.

Bagaimana dengan potensi pasar yang ditawarkan WiMAX? Para analis industri sejauh ini memperkirakan bahwa potensi pasar yang dikandung oleh WiMAX ini berkisar pada angka US\$ 3 milyar - US\$ 5 milyar pada tahun 2009. Siapa yang tidak akan tergiur

dengan potensi pasar sebesar itu? Tidak mengherankan jika para vendor perangkat telekomunikasi dan jaringan mulai berlomba untuk mengembangkan dan memasarkan aneka perangkat berbasis standar 802.16.

Contohnya, Nokia yang beberapa waktu lalu dikabarkan setuju bergandengan tangan dengan Intel untuk melengkapi standar 802.16e, dan mengembangkan perangkat bergerak dan infrastrukturnya agar bisa mendukung standar tersebut.

Intel dan ArrayComm (vendor pembuat antenna) juga telah menjalin kemitraan untuk mengembangkan antenna cerdas yang sesuai dengan standar 802.16. Tidak mau ketinggalan, Navini Networks (vendor perangkat telekomunikasi) mengumumkan jajaran produknya, antara lain perangkat base station dan klien, yang berjalan sesuai standar 802.16e. Perangkat klien tersebut dikabarkan akan tersedia pada akhir tahun ini (yang akan diikuti oleh tersedianya modem berformat PC card serta perangkat base station pada tahun 2006).

Sprint, salah satu operator telekomunikasi Amerika Serikat, juga setuju untuk mengadakan pengujian terhadap peralatan WiMAX produksi Motorola yang dijalankan pada frekuensi 2,5GHz. Di samping itu, Sprint menyatakan akan bekerjasama dengan Intel untuk mengembangkan perangkat komunikasi yang mendukung WiMAX, untuk menyajikan layanan multimedia bagi pelanggan Sprint.

Dengan antusiasme vendor yang begitu tinggi, para analis memperkirakan bahwa jaringan berbasis WiMAX boleh jadi akan tersedia secara komersial pada akhir tahun 2007 atau paling lambat pada tahun 2008. Yang mungkin bisa dicatat dari antusiasme itu adalah adanya kecenderungan dari para vendor layanan 3G (khususnya vendor infrastruktur) yang menawarkan produk-produk berbasis 3G dan WiMAX.

Kecenderungan lain yang juga terlihat adalah para vendor mengambil pendekatan yang kompromistis dengan titik berat terhadap layanan berbasis 3G. Sebelumnya, tidak lama saat WiMAX digulirkan, banyak kalangan menyatakan bahwa teknologi WiMAX akan menenggelamkan teknologi 3G. Namun kini, para vendor seperti Nokia menyatakan bahwa WiMAX akan menjadi pendamping sempurna bagi 3G, yang memungkinkan tersedianya layanan broadband dengan kandungan multimedia.

Jadi ke mana sebenarnya WiMAX akan mengarah? Para analis nyatanya masih belum bisa menjawab pertanyaan tersebut. Hal ini dipicu oleh perkembangan teknologi selular yang ternyata makin berkibar. Maraknya eksperimen teknologi 4G berlandaskan berbagai prinsip yang sama dengan yang dipakai dalam WiMAX telah meluluhlantakkan prediksi para ahli. Karena itu para analis menyatakan bahwa menyaksikan apakah WiMAX akan hidup berdampingan, tenggelam, atau justru akan berjaya terhadap teknologi selular tersebut merupakan atraksi yang menarik pada pertengahan dekade ini.

#### **6.5.6 Radio gelombang mikro SDH (Synchronous Digital Hierarchy)**

Walaupun optik fiber secara prinsip telah menjadi medium pilihan untuk transmisi long-haul maupun dari sudut pandang kapasitasnya, radio gelombang mikro SDH masih dibutuhkan oleh banyak perencana jaringan. Alasan pokoknya adalah berkaitan dengan masalah ekonomi, kecepatan penyebaran dan keamanannya.

Dari segi ekonomi, radio SDH menyediakan solusi yang paling ekonomis bagi para perencana jaringan jika infratraktur yang ada (sebagai contoh menara, shelter, power-plant dan sistem-sistem pengumpan antena) yang sudah ada dapat dimanfaatkan lagi ketika ijin melintasi suatu daerah memang telah dimiliki lebih dulu. Juga daerah yang tidak cocok medannya (seperti bergunung-gunung atau melintasi bangunan-bangunan air/bendungan) membuat penyebaran fiber sangatlah mahal. Pertimbangannya adalah bahwa untuk implementasi sebuah jaringan fiber, bagian terbesar pengeluaran modal awalnya untuk intalasi kabel-kabel fiber, yang sifatnya tidak tergantung pada kapasitasnya.

Hasil studi ekonomi gabungan yang dilakukan oleh Northern Telecom (Nortel) dan Stentor (aliansi dari perusahaan-perusahaan operator telepon di Kanada), yang bertujuan menentukan perancangan jaringan transmisi paling hemat biaya untuk pemasangan rute sepanjang 2000 km, yang berbasis pada kapasitas yang dibutuhkan maupun kondisi-kondisi lapangan, menunjukkan bahwa untuk kondisi lingkungan yang sulit, radio lebih hemat biaya untuk kapasitas sampai 2,5 Gbps (setara dengan 16 x STM-1). Untuk kondisi lingkungan medan yang tidak berat, jaringan fiber menjadi lebih hemat biaya untuk kapasitas yang lebih besar daripada 310 Mbps (setara dengan 2 x STM-1). Berdasar pada studi ini, Stentor dapat mengoptimalkan perancangannya sepanjang 6500

km jaringan sinkron kapasitas besar Trans Canadian secara ekonomis dengan penyebaran baik melalui fiber maupun radio.

Yang perlu dicatat di sini ialah bahwa studi perbandingan biaya tersebut berbasis pada rute fiber dan radio yang bersifat tunggal. Betapapun untuk memenuhi tujuan-tujuan ketersediaan yang bersifat long-haul dari ITU-T, sebuah rute ganda (dual) fiber (yang berarti difersitas rute) dibutuhkan, yang umumnya untuk mengkompensasi penyusutan/pengurangan kabel, yang terjadi secara rata-rata dua sampai tiga kali pertahun per rute sepanjang 1000 km. Harap dicatat bahwa dalam mendesain jaringan telekomunikasi selalu ada istilah degradasi/penurunan kualitas kerja kabel maupun berbagai peralatannya karena faktor usia, tak terkecuali pada optik fiber. Setiap pemotongan kabel dapat membutuhkan sampai 12 jam untuk reparasi. Dibanding dengan rute-rute radio long-haul yang dapat dirancang sebesar 99,98 persen ketersediannya untuk jarak sampai dengan 6500 km, yang jika dikonversikan menjadi kurang dari dua jam down time per tahun dengan menggunakan sebuah rute tunggal. Oleh sebab itu, jika studi ini diperuntukkan bagi perbandingan rute radio tunggal versus rute fiber ganda, yang memberikan ketersediaan jaringan yang sama, radio akan memiliki keuntungan dalam hal biaya bahkan dalam kapasitas yang lebih besar maupun kondisi-kondisi lingkungan yang disebutkan di atas.

Dari segi kecepatan penyebaran, radio SDH menawarkan penyebaran yang lebih cepat dan menghasilkan pendapatan yang lebih cepat pula daripada fiber, terutama ketika infrastruktur yang ada dapat digunakan kembali.

Konsekuensinya, strategi penyebaran yang praktis bagi para perencana jaringan adalah menyebarkan jaringan radio SDH pada awalnya. Kemudian, ketika pendapatan/pemasukan bagi perusahaan telah diperoleh, dan kapasitas yang dibutuhkan naik, sebuah rute fiber lalu disebarkan supaya diperoleh bermacam-macam rute dan media jaringan maupun untuk mendudukkan fiber bagi kapasitas yang lebih tinggi yang bersifat potensial (sekitar 10 Gbps) jika memang dikehendaki dan memungkinkan.

Dari segi keamanan, jaringan radio, yang terdiri dari sheltered radio site yang berjarak setiap 40 sampai 60 km, adalah lebih mudah untuk diamankan daripada jaringan fiber. Jaringan-jaringan fiber lebih sulit untuk diamankan karena keseluruhan rute fiber memang harus dilindungi dari berbagai macam gangguan alam dan tangan usil.



### **6.5.7 Integrasi radio SDH dengan elemen-elemen jaringan fiber**

Untuk memaksimalkan keuntungan-keuntungan radio SDH, radio harus dapat berfungsi sebagai pelengkap bagi suatu jaringan fiber sinkron. Betapapun, supaya radio SDH dapat diinteroperasikan dan diintegrasikan dengan elemen-elemen jaringan optik fiber, rancangannya harus mengarah pada beberapa parameter, termasuk kapasitas dan pertumbuhannya, manajemen jaringan, penyesuaian terhadap evolusi standar-standar SDH, antarmuka dan kinerjanya.

Sebagai sebuah teknologi bagi pembangunan jaringan transport, SDH sangat bermanfaat bagi operator jaringan yang bertujuan untuk menyediakan perbedaan-perbedaan layanan transport yang variasinya luas. SDH bersifat transparan bagi pengguna akhir, sebagai layanan yang ada yang berkualitas lebih baik maupun sebagai suatu layanan kapasitas besar yang baru secara keseluruhannya.

Latihan:

1. Apakah yang dimaksud dengan gelombang mikro?
2. Baaimanakah propagasi dari gelombang mikro?
3. Mengapa gelombang mikro rentan terhadap cuaca?
4. Apakah yang dimaksud dengan satelit?
5. Apa perbedaan pentransmisian antara gelombang mikro dan gelombang satelit?
6. Berikan contoh aplikasi pemanfaatan gelombang mikro!
7. Apakah beberapa gelombang mikro dengan frekuensi yang berdekatan akan menyebabkan terjadinya interferensi?
8. Apakah yang dimaksud dengan propagasi line-of-shight?
9. Berapa jarak maksimum yang dapat dilalui oleh gelombang mikro?
10. Sebutkan syarat-syarat antenna yang baik untuk pemanfaatan gelombang mikro