

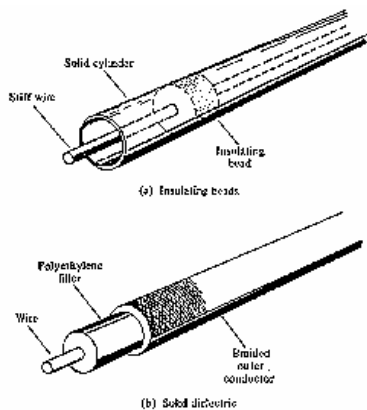
## Transmisi Data

**Keberhasilan Transmisi Data** tergantung pada :

1. Kualitas signal yang ditransmisikan
2. Karakteristik media transmisi

**Jenis-jenis media Transmisi :**

- a. Kawat terbuka / open wire
- b. Kabel jalin ganda / twisted pair cable  
Terdiri dari dua isolasi kawat tembaga yang diatur dalam suatu spiral yang terlindungi. Gulungan ini meminimkan interferensi antar kabel. Digunakan untuk dipakai pada sistem telephone, untuk jarak yang jauh dengan data rate 4 Mbps atau lebih, biaya murah. Mempunyai bandwidth terendah.
- c. Kabel coaxial



Terdiri dari konduktor cylinder rongga luar yang mengelilingi suatu kawat konduktor tunggal, kedua konduktor dipisahkan oleh bahan isolasi. Digunakan untuk transmisi telephone dan televisi jarak jauh, television distribution (TV kabel), local area networks, short-run system links.

Lebih mahal daripada twisted pair. Tidak mudah terkena noise bila dibandingkan dengan twisted pair sehingga dapat digunakan secara efektif pada frekuensi-frekuensi tinggi dan data rate yang tinggi, untuk transmisi analog yang jauh, dibutuhkan amplifier setiap beberapa kilometer sedangkan untuk transmisi digital, diperlukan repeater setiap kilometer.

- d. Fiber optik / serat optik  
Adalah suatu medium fleksibel tipis yang mampu menghantarkan sinar ray. Berbagai kaca dan plastik dipakai untuk membuatnya. Bandwidth yang lebih besar jika dibandingkan kabel koaksial atau twisted pair, attenuation yang lebih rendah, digunakan untuk local loops, local area networks. Paling kuat / tahan terhadap keadaan alam.

- e. Mikrowave / gelombang mikro  
Untuk memperoleh transmisi dengan jarak yang jauh, digunakan gedung-gedung relay microwave yang diseri dan point to point microwave yang dirangkai bersama sesuai dengan jarak yang diinginkan, digunakan antena parabolik, digunakan untuk telekomunikasi jarak jauh, transmisi suara dan televisi, local networks, local data distribution. Dibandingkan dengan kabel koaksial, jarak antar amplifier atau repeater lebih jauh.
- f. Transmisi satelit  
Adalah stasiun relay microwave yang digunakan untuk merangkai dua atau lebih transmitter / receiver dari ground-based microwave yang dikenal sebagai stasiun bumi, setiap satelit yang mengorbit akan beroperasi pada sejumlah band frekuensi yang disebut channel transponder atau transponder saja. Digunakan untuk television distribution, paling luas digunakan diseluruh dunia; memakai teknologi DBS (*Direct Broadcast Sattelite*) dimana sinyal video dari satelit ditransmisikan langsung ke rumah-rumah, transmisi telepon jarak jauh, private business networks, digunakan sistim VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) untuk menekan biaya.
- g. Infra red / sinyal infra merah
- h. Gelombang radio  
Perbedaan dengan microwave bahwa radio adalah segala arah sedangkan microwave adalah terfokus. Dengan demikian tidak diperlukan antena berbentuk parabola dan tidak perlu diletakkan pada jurusan yang tepat, digunakan pada band VHF dan UHF : 30 MHz sampai 1 GHz termasuk radio FM dan UHF dan VHF televisi, untuk komunikasi data digital digunakan *packet radio*. Paling terpengaruh oleh hujan, petir dan keadaan alam.

Transmisi data terjadi antara *transmitter* (pemancar / pengirim) dan *receiver* (penerima) melalui beberapa **media transmisi**.

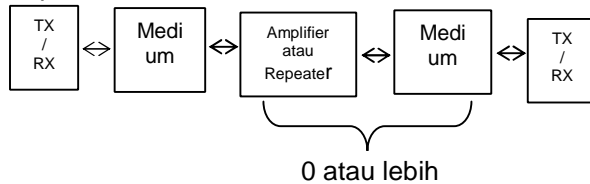
1. Hardwire / kawat keras / guided media  
Media yang dituntun karena gelombang-gelombang dituntun melalui jalur fisik.
2. Softwire / kawat lunak / unguided media  
Media yang tidak dituntun, menyediakan suatu device untuk mentransmisi gelombang elektromagnetik tetapi tanpa menuntunnya, melalui udara, hampa udara dan air laut.

**Direct link** / transmisi data melalui sambungan langsung, menyatakan arah transmisi antara dua device dimana sinyal disebarkan langsung dari transmitter ke receiver dengan tanpa device perantara (amplifier atau repeater yang dipakai untuk meningkatkan kekuatan sinyal)

### Terminologi Transmisi Data :

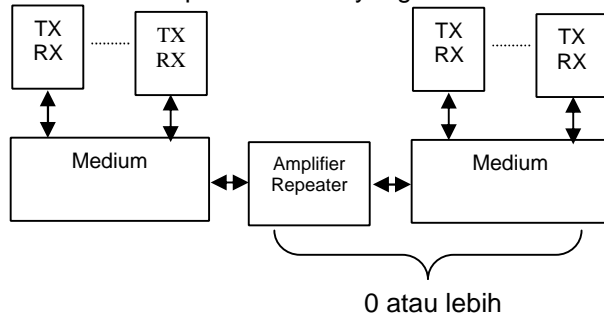
#### a. Point to point

Direct link antara dua device, dan hanya 2 peralatan sama-sama memakai media.



#### b. Multipoint

Konfigurasi multipoint dimana dapat lebih dari dua device pada medium yang sama.



### Mode Transmisi :

#### 1. Transmisi Serial

Data dikirimkan 1 bit demi 1 bit lewat kanal komunikasi yang telah dipilih.

#### 2. Transmisi Paralel

Data dikirim sekaligus misalnya 8 bit bersamaan melalui 8 kanal komunikasi, sehingga kecepatan penyaluran data tinggi, tetapi karakteristik kanal harus baik dan mengatasi masalah "Skew" yaitu efek yang terjadi pada sejumlah pengiriman bit secara serempak dan tiba pada tempat yang dituju dalam waktu yang tidak bersamaan.

Dalam transmisi serial harus ada sinkronisasi / penyesuaian antara Tx dan Rx, yang berfungsi sebagai :

#### a. Sinkronisasi bit

Supaya penerima mengetahui dengan tepat bilamana sinyal yang diterimanya merupakan bit dari suatu data.

#### b. Sinkronisasi karakter

Supaya penerima mengetahui dengan tepat bilamana sinyal yang diterimanya merupakan bit data yang membentuk sebuah karakter.

#### c. Sinkronisasi blok

Supaya penerima mengetahui dengan tepat bilamana sinyal yang diterimanya merupakan bit data yang membentuk sebuah blok data.

**Mode Transmisi** berdasarkan cara sinkronisasi :

#### 1. Asinkron

- Pengiriman data dilakukan 1 karakter setiap kali, sehingga penerima harus melakukan sinkronisasi agar bit data yang dikirim dapat diterima dengan benar
- Transmisi kecepatan tinggi
- 1 karakter dengan yang lainnya tidak ada waktu antara yang tetap
- Bila terjadi kesalahan maka 1 blok data akan hilang
- Membutuhkan start pulse / start bit (tanda mulai menerima bit data)
- Idle transmitter = '1' terus menerus, sebaliknya '0'
- Tiap karakter diakhiri dengan stop pulse / stop bit
- Dikenal sebagai start-stop transmission

#### 2. Sinkron

- Pengiriman dilakukan per-blok data
- Sinkronisasi dilakukan setiap sekian ribu bit data
- Transmisi kecepatan tinggi
- Tiap karakter tidak memerlukan bit awal / akhir
- Dibutuhkan 16-32 bit untuk sinkronisasi
- Bila terjadi kesalahan, 1 blok data akan hilang
- Pemakaian saluran komunikasi akan efektif, karena transmisi hanya dilakukan bila dimiliki sejumlah blok data
- Pengirim dan penerima bekerja sama, karena sinkronisasi dilakukan dengan mengirimkan pola data tertentu (karakter sinkronisasi) antara pengirim dan penerima.

#### 3. Isokron

- Merupakan kombinasi antara asinkron dan sinkron
- Tiap karakter diawali dengan start bit dan diakhir data ditutup dengan stop bit, tetapi pengirim dan penerima disinkronisasikan.

**Metode Transmisi**, menurut definisi ANSI :

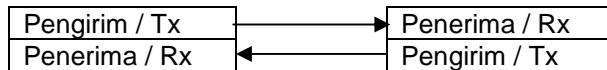
#### a. Simplex

- Sinyal ditransmisi dalam satu arah
- Stasiun yang satu bertindak sebagai transmitter dan yang lain sebagai receiver, tugasnya adalah tetap.
- Jarang digunakan untuk sistem komunikasi data



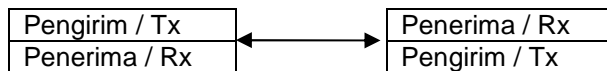
## b. Half Duplex

- Sinyal ditransmisikan ke dua arah secara bergantian
- Kedua stasiun dapat melakukan transmisi tetapi hanya sekali dalam suatu waktu
- Terdapat "turn around time" (waktu untuk mengubah arah)



## c. Full Duplex

- Sinyal ditransmisikan ke dua arah secara simultan / bersamaan
- Medium membawa dalam dua arah pada waktu yang sama.

**Karakteristik transmisi terdiri dari dua macam arus :**

1. DC (*Direct Current*)
  - Jarang digunakan
  - Untuk jarak dekat
  - Kecepatan dibawah 300 bps
2. AC (*Alternating Current*)
  - Sering digunakan
  - Untuk jarak jauh
  - Untuk kecepatan tinggi

**Kecepatan transmisi** tergantung pada lebar frekuensi / bandwidth. Yang terdiri dari :

1. Kecepatan transmisi serial  
Satuannya adalah bps (*bit per-second*), tetapi data yang diterima belum mempunyai arti sebelum mencapai jumlah bit tertentu.
2. Kecepatan transmisi paralel  
Satuannya adalah kps (*karakter per-second*), karena jalur komunikasi = banyaknya jumlah bit per karakter.
3. Baud per-second (bps) dimana 2 bit = 1 baud  
Variasinya 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 bps

**Berdasarkan bandwidth, kanal digolongkan menjadi :**

1. Broadband Channel
  - Untuk sinyal berfrekuensi tinggi
  - Digunakan untuk gelombang mikro, kabel koaksial dan serat optik
2. Voice Grade Channel
  - Dial up
  - Private line
  - Menggunakan frekuensi 300 – 3000 Hz

## 3. Subvoice channel

- Menggunakan kecepatan transmisi dibawah 600 bps

## 4. Telegraph channel

- Menggunakan kecepatan transmisi 45 - 75 bps

**Tabel Spectrum Electromagnetic**

Frequency Band	Name
3 – 10 KHz	ELF Extremely Low Frequency
10 – 30 KHz	VLF Very Low Frequency
30 – 300 KHz	LF Low Frequency
300 – 3000 KHz	MF Medium Frequency
3 – 30 MHz	HF High Frequency / Short wave
30 – 300 MHz	VHF Very High Frequency
300 – 3000 MHz	UHF Ultra High Frequency / Microwave
3 – 30 GHz	SHF Super High Frequency

**Sifat terpenting dalam sinyal periodik :**

Sinyal dapat dinyatakan sebagai fungsi waktu ataupun sebagai fungsi frekuensi.

## a. Amplitudo

Ukuran sinyal pada waktu tertentu, sinyal berupa gelombang elektrik / elektromagnetik sehingga diukur dalam volt.

## b. Frequency

Berbanding terbalik terhadap periode (1/T) atau banyaknya pengulangan periode / jumlah gelombang per-detik yang dipresentasikan dalam putaran perdetik (Hz atau cycles per second) atau ukuran dari jumlah berapa kali seluruh gelombang berulang.

## c. Phase

Ukuran dari posisi relatif terhadap waktu dengan tidak melewati periode tunggal dari sinyal.

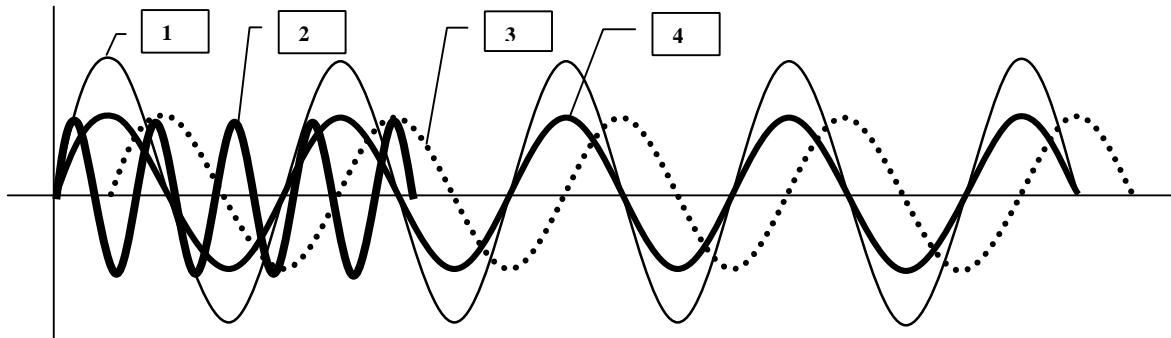
Bila dinyatakan suatu gelombang sinusoidal (gelombang nomor 1) sebagai :

$$s(t) = A \sin (2\pi f_1 t + \theta)$$

maka : A adalah amplitudo maksimum

$f_1$  adalah frekuensi

$\theta$  adalah phase

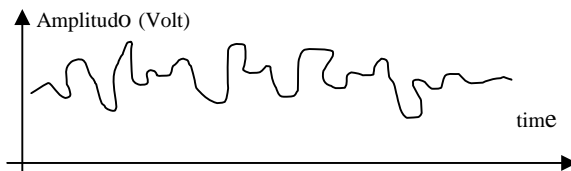


**Sinyal** merupakan fungsi dari :

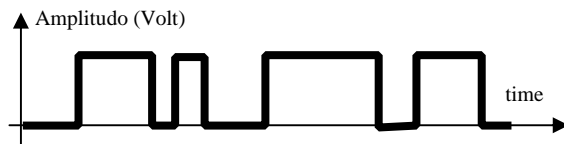
a. Waktu / time domain

- Kontinu, jika  $\lim_{t \rightarrow a} s(t) = s(a)$ , untuk seluruh

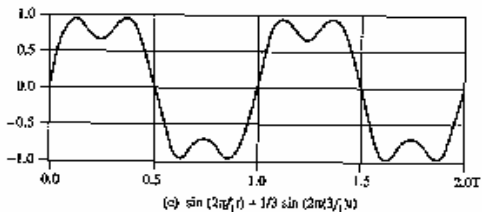
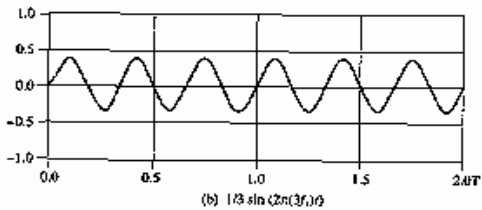
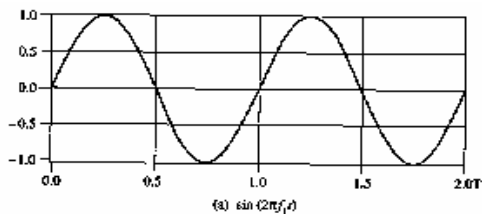
harga a, tidak ada patahan dalam sinyal itu.



- Diskrit, jika  $s(t+T) = s(t) \quad -\infty < t < +\infty$ , apabila diambil hanya pada harga-harga tertentu saja.



b. Frekuensi / frequency domain



Gambar : Penjumlahan dari komponen frekuensi  
( $T=1/f_1$ )

Dari gambar penjumlahan komponen frekuensi tersebut dapat dilihat bahwa :

- frekuensi kedua merupakan suatu perkalian integral dari frekuensi pertama sehingga frekuensi akhir dinyatakan sebagai frekuensi utama
- periode total sinyal sama dengan periode dari frekuensi utama; periode dari  $\sin(2\pi f_1 t)$  adalah  $T=1/f_1$  dan periode dari  $s(t)$  juga  $T$ .

Jadi semua sinyal apapun dapat dibuat dari komponen-komponen frekuensi, dimana tiap-tiap komponen adalah gelombang sinusoidal. Hal ini dikenal dengan **analisis Fourier**.

**Spektrum**

Suatu range yang berisikan frekuensi atau daerah frekuensi yang dapat dimuati.

**Lebar Pita / Bandwidth Absolute**

Lebar dari spektrumnya

**DC component**

Jika suatu sinyal termasuk suatu komponen frekuensi nol, dimana komponen tersebut adalah dc (arus searah) atau komponen konstan.

**Hubungan** antara kecepatan data (*data rate*) dengan lebar pita (*bandwidth*) adalah :

Medium transmisi apapun yang dipakai akan menyesuaikan dengan band frekuensi yang terbatas. Hal ini menyebabkan data rate yang dapat melewati medium transmisi terbatas.

Hubungan data rate dan bandwidth didapat bahwa pengurangan / penambahan bandwidth akan menyebabkan pengurangan / penambahan data rate dengan faktor pengurangan / penambahan yang sama. Jika kecepatan sinyal besar, maka lebar pita menjadi besar.

Contoh :

diinginkan bandwidth 4 MHz, jika  $f_1 = 10$  cycles/sec= 1 MHz,

maka :

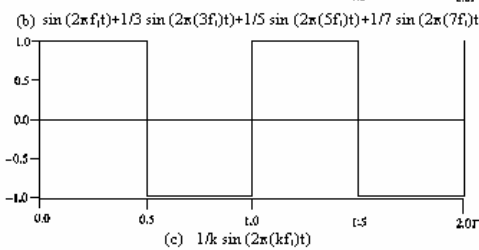
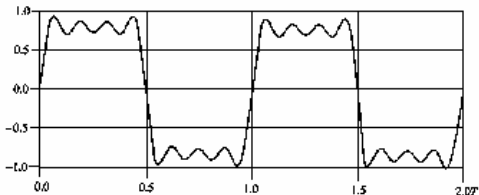
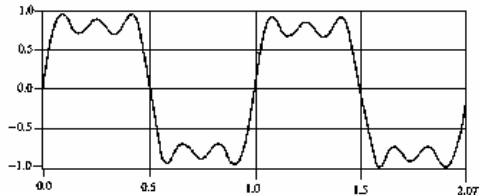
- bandwidth :

$$s(t) = \sin((2\pi \times 10^6)t) + 1/3 \sin((2\pi \times 3 \times 10^6)t) + 1/5 \sin((2\pi \times 5 \times 10^6)t) \\ = (5 \times 10^6) - 10^6 = 4 \text{ MHz}$$

- periode :

$$T = 1/10^6 = 1 \text{ sec (karena } f_1 = 10, T = 1/f_1)$$

Jika gelombang ini terdiri dari bit string '1' dan '0' maka tiap bit terjadi setiap 0,5 sec sehingga data rate :  $2 \times f_1 = 2 \times 10 = 2 \text{ Mbps}$ ; dengan demikian bandwidth 4 MHz, data ratenya 2 Mbps.



### Kekuatan Sinyal / signal strength

Sinyal ditransmisikan sepanjang medium, maka sinyal tersebut akan kehilangan attenuation (pelemahan) kekuatan sinyal. Cara mengatasinya dengan meletakkan amplifier di beberapa titik untuk memperbesar kekuatan sinyal (gain).

Mempresentasikan **gain**, **losses** dan **level relatif** dalam **decibel**, karena :

- Kekuatan sinyal sering ditulis dalam logaritma, sehingga loss sangat mudah diekspresikan dalam decibel yang mempunyai satuan logaritmit
- Gain dan loss dalam aliran lintasa transmisi dapat dihitung, dijumlahkan dan dikurangkan dengan mudah.

### dB / Desibel :

- Adalah ukuran dari perbedaan 2 level kekuatan / tenaga, (ukuran beda relatif bukan absolut), yaitu :

$$N_{dB} = 10 \log_{10} (P_2/P_1)$$

dengan :  $N_{dB}$  = nomor desibel

$P_{1,2}$  = tenaga

$\log_{10}$  = logaritma berbasis 10

contoh : sebuah sinyal dengan  $p = 10 \text{ mW}$  dialirkan melalui jalur transmisi dan pada suatu jarak tertentu harganya menjadi  $5 \text{ mW}$ , maka :

$$\text{Loss (dB)} = 10 \log_{10} (5 \text{ mW} / 10 \text{ mW}) \\ = 10 (-0,3) \\ = -3 \text{ dB}$$

- Digunakan juga untuk mengukur beda tegangan karena tenaga sebanding dengan kuadrat voltage, karena :

$$P = V^2/R$$

dengan :

$P$  = tenaga yang melalui tahanan  $R$

$V$  = tegangan yang melalui tahanan  $R$

$R$  = tahanan

Maka :

$$N_{dB} = 10 \log_{10} (P_2/P_1) \\ = 10 \log_{10} \{(V_2^2/R) / (V_1^2/R)\} \\ = 20 \log_{10} (V_2/V_1)$$

### dBW / Desibel Watt :

Secara intensif digunakan dalam pemakaian microwave, dimana harga 1 Watt sebagai referensi dan didefinisikan sebagai  $0 \text{ dBW}$  ( $1 \text{ W} = 0 \text{ dbW}$ ).

Maka :

$$\text{Tenaga(dBW)} = 10 \log \{\text{Tenaga(W)} / 1\text{W}\}$$

Contoh : tenaga 1000 W adalah 30 dBW, karena :

$$\text{Tenaga(dBW)} = 10 \log \{1000 \text{ W} / 1\text{W}\} \\ = 10 \times 3 \\ = 30 \text{ dBW}$$

dan

$$\text{tenaga } 1 \text{ mW} = -30 \text{ dBW}$$

### dBmV / Desibel milliVolt :

Secara intensif digunakan dalam pemakaian video, dimana harga 1 mV sebagai referensi dan didefinisikan sebagai  $0 \text{ dBmV}$  ( $1 \text{ mV} = 0 \text{ dbmV}$ ).

Maka :

$$\text{Voltage (dBmV)} = 20 \log \{\text{Voltage(mV)} / 1\text{mV}\}$$

Level voltage diumpamakan dalam tahanan  $75\Omega$

Sehingga desibel baik sekali untuk menentukan gain / loss total dalam sebuah sistem.

Contoh pada sambungan point to point yang terdiri dari jalur transmisi dengan amplifier tunggal, maka jika : loss jalur porsi I = 13 dB, gain pada amplifier = 30 dB, loss jalur porsi II = 40 dB, maka gain totalnya =  $-13 \text{ dB} + 30 \text{ dB} - 40 \text{ dB} = -23 \text{ dB}$  (tanda (-) menunjukkan bukan terjadi gain / penguatan tetapi telah terjadi loss).



### Transmisi data analog dan digital

Secara kasar analog dan digital keduanya adalah kontinu dan diskrit. Dan keduanya sering digunakan dalam komunikasi data. Dan sekurang-kurangnya ada 3 bagian yaitu :

1. Data  
Didefinisikan sebagai entity yang mengandung sesuatu arti
2. Signalling  
Pen-sinyal-an, adalah tindakan penyebaran sinyal melalui suatu medium yang sesuai.
3. Transmisi  
Adalah komunikasi dari data dengan penyebaran dan pemrosesan sinyal

### Data

1. Data analog  
Data analog diperoleh pada nilai-nilai continuous dalam beberapa interval. Contoh : suara, video, temperatur, tekanan, dll.
2. Data digital  
Data digital didapat pada nilai-nilai discrete. Contoh : text dan integer.

### Sinyal listrik

Komunikasi data berkaitan dengan komunikasi mesin ke mesin seperti terminal ke komputer dan komputer ke komputer. Karena mesin ini sinyalnya digital, maka komunikasi yang termudah dengan sinyal digital. Data merambat dari 1 titik ke titik lainnya berupa sinyal listrik.

Alasan penggunaan sinyal listrik atau elektro optik dalam komunikasi jarak jauh :

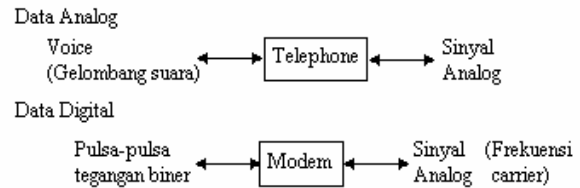
- a. jarak jangkauan tidak terbatas
- b. kecepatan sangat tinggi  $\pm 300.000$  km/dt
- c. pembangkit sinyal listrik mudah
- d. perubahan sinyal menjadi besaran listrik dan sebaliknya dapat dilakukan secara mudah

### Jenis Sinyal Listrik

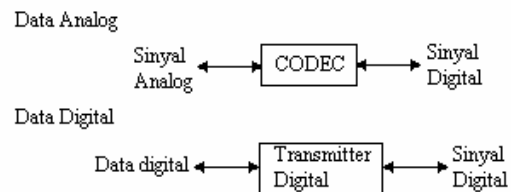
1. Sinyal analog  
Adalah sinyal yang sifatnya seperti gelombang, selalu sambung menyambung dan tidak ada perubahan yang tiba-tiba antara bagian-bagian sinyal tersebut. Penyaluran data banyak dilakukan dengan sinyal analog. Merupakan gelombang elektromagnetik yang berubah-ubah secara continuous yang menalar melalui suatu media, tergantung pada spektrumnya.
2. Sinyal digital  
Adalah sinyal yang sifatnya pulsa, terputus-putus / terjadi perubahan yang tiba-tiba antara bagian-bagian sinyal tersebut. Sistem komputer bekerja dengan sinyal ini. Merupakan serangkaian pulsa tegangan yang dapat ditransmisikan melalui suatu medium kawat.

Data digital dapat juga dijadikan sinyal analog dengan memakai *modem* (modulator / demodulator) sedangkan data analog dapat dijadikan sinyal digital dengan memakai *codec* (coder-decoder).

Sinyal analog mewakili data dengan gelombang elektromagnetik yang continuous



Sinyal digital mewakili data dengan serangkaian pulsa-pulsa tegangan



Gambar Pensinyalan analog dan digital dari data analog dan digital

### Data dan Sinyal

Data analog dapat merupakan sinyal analog. Demikian pula, data digital dapat merupakan sinyal digital.

1. Data analog, sinyal analog  
Merupakan fungsi terhadap waktu dan mempunyai spektrum frekuensi terbatas untuk masing-masing data. Dapat dipresentasikan oleh sinyal elektromagnetik yang mempunyai spektrum sama.
2. Data digital, sinyal digital  
Dipresentasikan oleh sinyal digital dengan beda level tegangan untuk masing-masing 2 binari digit. Dan dapat dipresentasikan oleh sinyal analog dengan menggunakan sebuah modem.

### Transmisi :

1. **Transmisi analog** adalah suatu upaya mentransmisi sinyal analog tanpa memperhatikan muatannya; sinyal-sinyalnya dapat mewakili data analog atau data digital. Untuk jarak yang jauh dipakai amplifier yang akan menambah kekuatan sinyal sehingga menghasilkan distorsi yang terbatas, tetapi akan menimbulkan noise / gangguan.
2. **Transmisi digital**, berhubungan dengan muatan dari sinyal. Untuk mencapai jarak yang jauh dipakai repeater yang menghasilkan sinyal sebagai '1' atau '0' sehingga tidak terjadi distorsi.

## Transmisi Impairment

### 1. Attenuasi dan distorsi attenuasi

Kekuatan sinyal akan melemah karena jarak yang jauh melalui medium transmisi apapun.

- Untuk medium hardware  
Attenuasi berbentuk logaritma dan biasanya merupakan harga konstan dari desibel persatuan jarak.
- Untuk medium software  
Attenuasi lebih kompleks, fungsi dari jarak dan melalui atmosfer.

dan

3 pertimbangan teknik transmisi untuk attenuasi, yaitu :

- Sinyal penerima harus mempunyai kekuatan yang cukup sehingga rangkaian elektronik penerima dapat mendeteksi dan menginterpretasi sinyal.
- Sinyal yang diterima harus tetap dijaga supaya cukup tinggi daripada noise tanpa ada gangguan
- Attenuasi bertambah besar fungsi terhadap frekuensi, contoh pada jalur telepon.

Serta

Attenuasi relatif dalam desibel yaitu :

$$N_F = 10 \log_{10} P_f / P_{100}$$

Yang diukur relatif terhadap attenuasi pada 100 Hz. Dengan  $P_f$  = tenaga tone / nada sebagai masukan dan  $P_{100}$  = tenaga pada keluaran.

### 2. Delay distorsi / kelambatan distorsi

Kejadian aneh dari media transmisi hardware yang disebabkan oleh kecepatan perambatan sinyal melalui medium hardware dengan variasi. Terjadi akibat kecepatan sinyal yang melalui medium berbeda-beda sehingga tiba pada penerima dengan waktu yang berbeda. Dan delay distorsi kritis untuk data digital.

### 3. Noise

Tambahan sinyal yang tidak diinginkan dan merupakan faktor pembatas utama dalam sistem komunikasi data. Terbagi dalam 4 kategori, yaitu :

- Thermal noise / white noise  
Disebabkan oleh panas elektron dalam konduktor (agitasi termal elektron), sehingga tidak dapat dihapus / dilenyapkan.  
Harga thermal noise dalam decibel :

$$N_o = k.T$$

Dengan :

$N_o$  = kerapatan tenaga noise (watt/Hz)

$k$  = konst Boltzman =  $1,3803 \times 10^{-23} \text{ J}^0\text{K}$

$T$  = temperatur ( $^0\text{K}$ )

Harga thermal noise dalam watt pada bandwidth  $W$  Hz adalah :

$$N = k.T.W$$

Dan dalam desibel watt :

$$N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log W$$

$$= - 228,6 \text{ dBW} + 10 \log T + 10 \log W$$

- Intermodulasi noise  
Apabila sinyal-sinyal dengan frequency berbeda bersamaan memakai medium transmisi yang sama, sehingga menghasilkan sinyal-sinyal pada suatu frekuensi yang merupakan penjumlahan atau pengalian dari dua frekuensi asalnya. misalnya : sinyal dengan frekuensi  $f_1$  dan  $f_2$  maka akan mengganggu sinyal dengan frekuensi  $f_1 + f_2$ , hal ini timbul karena ketidak linearan dari transmitter, receiver atau sistim transmisi.
- Crosstalk  
Ditimbulkan oleh kopel elektrik antara kabel yang diletakkan berdekatan, misalnya antara twisted pair / kabel coaxial yang membawa multiple sinyal, yang merupakan penghubung antar sinyal yang tidak diinginkan. Misalnya pada percakapan telepon mendengar suara lainnya, sinyal pemancar yang ditangkap antena.
- Impuls noise  
Terdiri dari pulsa-pulsa tak beraturan atau spike-spike noise dengan durasi pendek dan dengan amplitudo yang relatif tinggi, dihasilkan oleh kilat, dan kesalahan dan cacat dalam sistim komunikasi atau merupakan gangguan kecil untuk data analog karena gangguan elektromagnetik dan menjadi sumber utama dalam komunikasi data digital.

## Macam-macam gangguan saluran transmisi :

- Random  
Tidak dapat diramalkan terjadinya, misalnya : thermal noise, impulse noise, cross talk, echo, perubahan pasa, intermodulasi noise, phase jitter, dll
- Tak random  
Terjadinya dapat diramalkan / diperhitungkan, misalnya redaman dan tundaan.

**Kapasitas channel** (kanal) menyatakan kecepatan yang mana data dapat ditransmisikan melalui suatu path komunikasi yang diberikan, atau channel, dibawah kondisi-kondisi tertentu yang diberikan.

Ada empat konsep disini yang akan dihubungkan satu sama lain :

- **Data rate** : adalah kecepatan, dalam bit per second (bps), dimana data dapat berkomunikasi.
- **Bandwidth** : adalah bandwidth dari sinyal transmisi yang dimiliki oleh transmitter dan sifat dasar medium transmisi, dinyatakan dalam cycles per second, atau hertz.
- **Noise** : level noise rata-rata yang melalui path komunikasi.
- **Error rate** : kecepatan dimana error dapat terjadi.

Batas maximum **kapasitas channel** adalah dalam bps (bit per detik) menggunakan :

- rumus *Claude Shannon*

$$C = W \log_2 (1 + S/N) \text{ bps}$$

dimana : C = kapasitas channel (bps)

W = bandwidth dari channel (Hz)

Misal : dianggap suatu channel dengan bandwidth 3100 Hz, dan ratio S/N suatu line 1000:1, maka :  $C = 3100 \log_2 (1+1000) = 30894 \text{ bps}$ .

- rumus *Nyquist*

untuk bandwidth W, maksimum kecepatan data elemen signalling binary (2 level) adalah 2W. Tetapi untuk lebih dari 2 level :

$$C = 2M \log_2 M$$

dimana : M = jumlah sinyal discrete atau level tegangan

misal : bandwidth line telepon 3100 Hz ,

maka :  $C = 6200 \log_2 M$  dan jika M = 8 sehingga C = 18600 bps.

### Ratio Signal to Noise (S/N)

Rasio tenaga sinyal terhadap tenaga yang berisikan noise yang biasanya diukur pada penerima. Dalam decibel adalah :

$$(S/N)_{dB} = 10 \log_{10} (\text{tenaga sinyal} / \text{tenaga noise})$$

dengan hubungan :

S/N tinggi, maka kualitas sinyal tinggi

S/N penting dalam transmisi data digital

### Binary Phase Shift Keying

Rasio energi sinyal per bit terhadap energi noise per hertz,  $E_b/N_o$ , dimana  $E_b/N_o = 8,4 \text{ dB}$  untuk kecepatan error  $10^{-4}$ , karena  $1 \text{ W} = 1 \text{ j/dt}$ , maka  $E_b = S \text{ Tb}$  dan  $R = 1/\text{Tb}$

$$E_b / N_o = (S/R) / N_o = S / (KTR)$$

Dalam decibel :

$$E_b / N_o = S - 10 \log R + 228,6 \text{ dBW} - 10 \log T$$

Dimana :

S = tenaga sinyal

Tb = waktu yang diperlukan untuk mengirimkan 1 bit

Contoh :

$E_b/N_o$  untuk binari phase shift keying = 8,4 dB dan temperatur efektif noise =  $290^\circ \text{ K}$  (temperatur kamar), dan kecepatan data = 2400 bps.

Maka : level sinyal penerima yang diperlukan adalah :

$$8,4 \text{ dB} = S \text{ (dBW)} - 10 \log 2400 + 228,6 \text{ dBW} - 10 \log 290$$

$$= S \text{ (dBW)} - 10 (3,38) + 228,6 \text{ dBW} - 10 (2,46)$$

$$S = -161,8 \text{ dBW}$$

Data yg di transmisikan

Sinyal

Noise

Sinyal + Noise

Waktu sampel

Data yg diterima

Data asli

