

TRANSMISI DATA

Dua faktor yang mempengaruhi keberhasilan dari suatu transmisi data :

- + kualitas sinyal yang ditransmisi
- + karakteristik media transmisi.

2.1 KONSEP DAN ISTILAH-ISTILAH

Data transmisi melewati *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima) melalui **medium transmisi**.

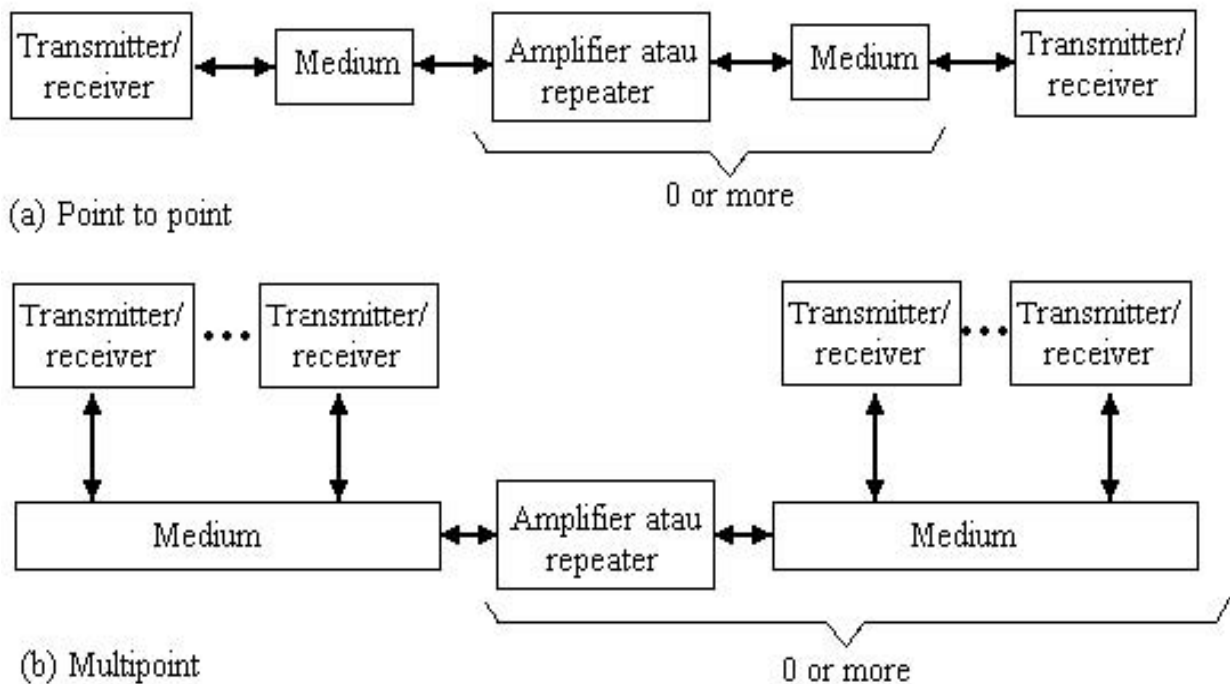
Media transmisi diklasifikasikan sebagai

+ Media yang dituntun (*guided media*), gelombang-gelombang dituntun melewati jalur fisik, contoh : twisted pair, kabel koaksial dan fiber optik.

+ Media yang tidak dituntun (*unguided media*), menyediakan suatu device untuk mentransmisi gelombang elektromagnetik tetapi tanpa menuntunnya, contoh : penyebaran melalui udara, hampa udara, dan air laut.

Direct link 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)(lihatgambar 2.1).

Gambar 2.1.a menunjukkan medium transmisi point to point untuk direct link antar dua device saja. Gambar 2.1.b menunjukkan konfigurasi multipoint dimana dapat lebih dari dua device pada medium yang sama.



Gambar 2.1. Konfigurasi Guided transmission.

Sistim-sistim transmisi (menurut definisi ANSI) :

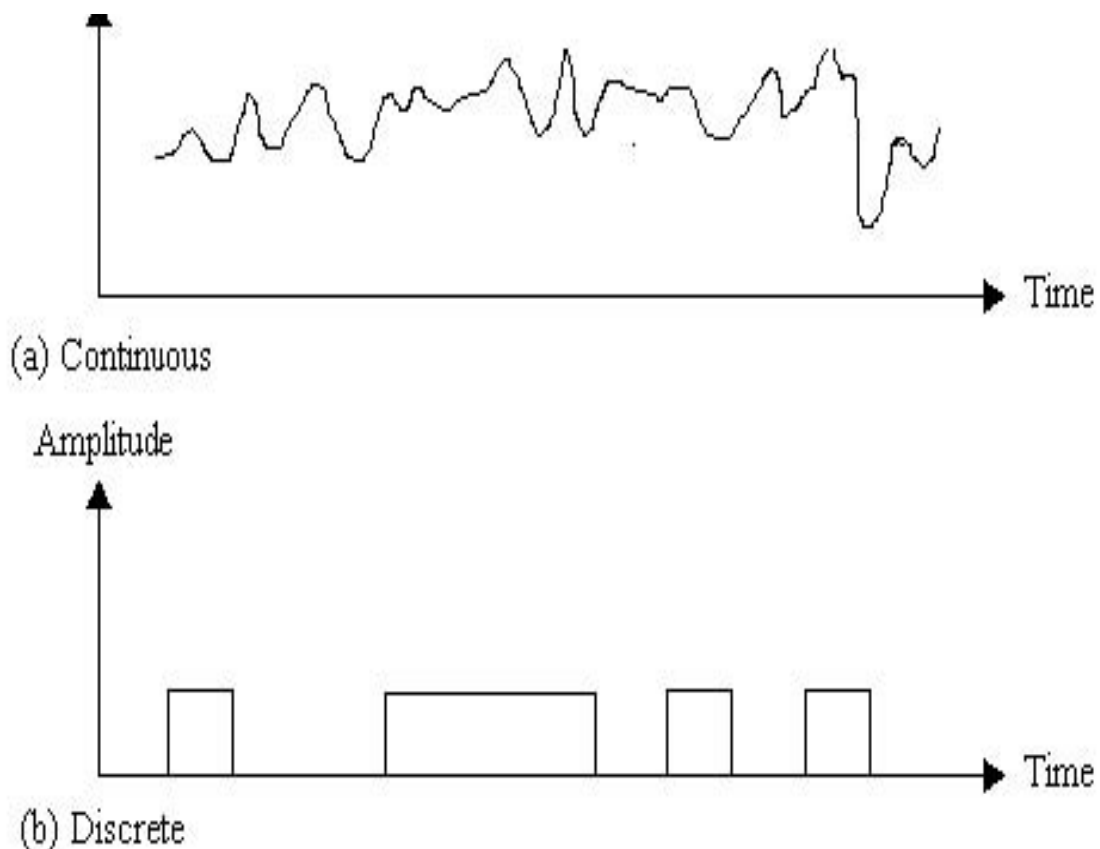
- ✚ *Simplex*, sinyal ditransmisi dalam satu arah saja; stasiun yang satu bertindak sebagai transmitter dan yang lain sebagai receiver.
- ✚ *Half-duplex*, kedua stasiun dapat melakukan transmisi tetapi hanya sekali dalam suatu waktu.
- ✚ *Full-duplex*, kedua stasiun dapat bertransmisi secara simultan, medium membawa dalam dua arah pada waktu yang sama.

FREKUENSI, SPEKTRUM DAN BANDWIDTH

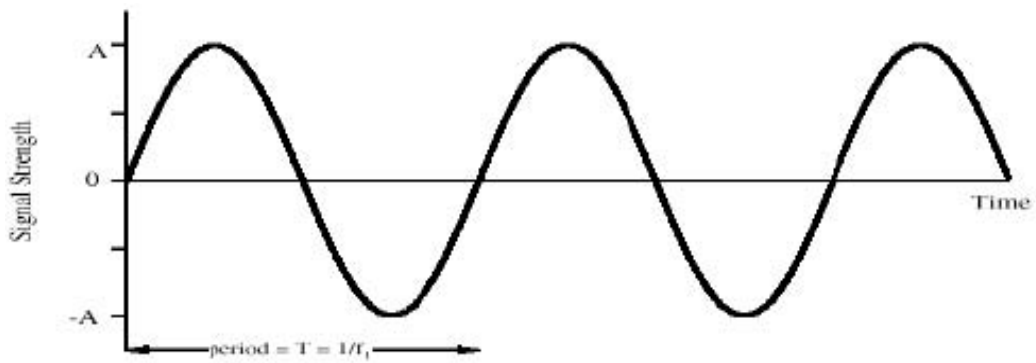
Sinyal dapat dinyatakan sebagai fungsi waktu ataupun sebagai fungsi frekuensi.

KONSEP TIME-DOMAIN

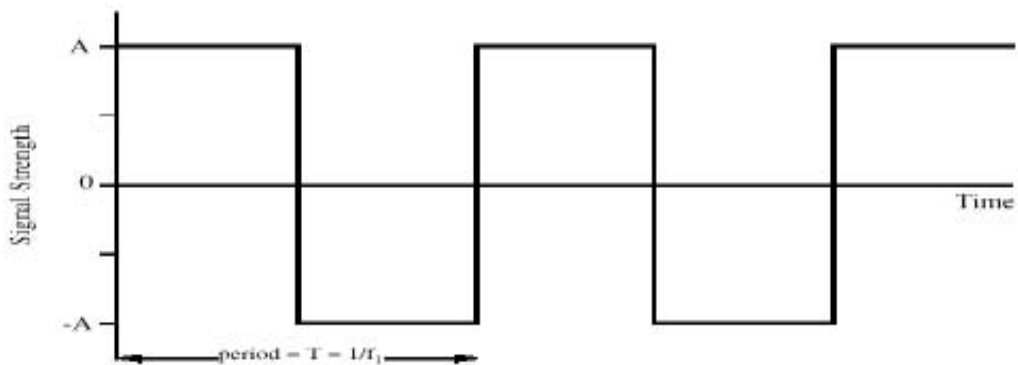
Suatu sinyal $s(t)$ continuous jika : $\lim_{t \rightarrow a} s(t) = s(a)$



Gambar 2.2. Sinyal continuous dan discrete.



(a) Sine Wave

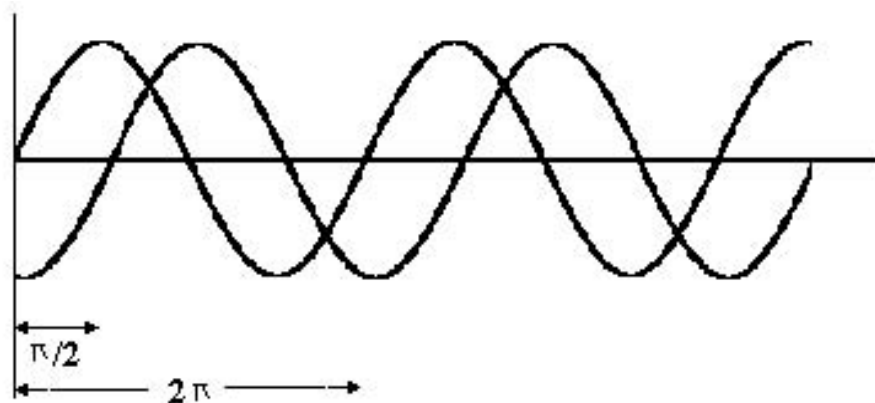


(b) Square Wave

Gambar 2.3. Contoh dari sinyal-sinyal periodik

Tiga karakteristik penting sinyal periodik :

- ✚ **Amplitudo**, ukuran sinyal pada waktu tertentu
- ✚ **Frekuensi**, kebalikan dari periode ($1/T$) atau banyaknya pengulangan periode per detik (Hz atau cycles per second) atau ukuran dari jumlah berapa kali seluruh gelombang berulang.
- ✚ **Phase**, ukuran dari posisi relatif pada suatu saat dengan tidak melewati periode tunggal dari sinyal; lihat gambar 2.4 dimana terdapat dua gelombang dengan beda phase $\pi/2$.



Gambar 2.4. Contoh dari perbedaan phase.

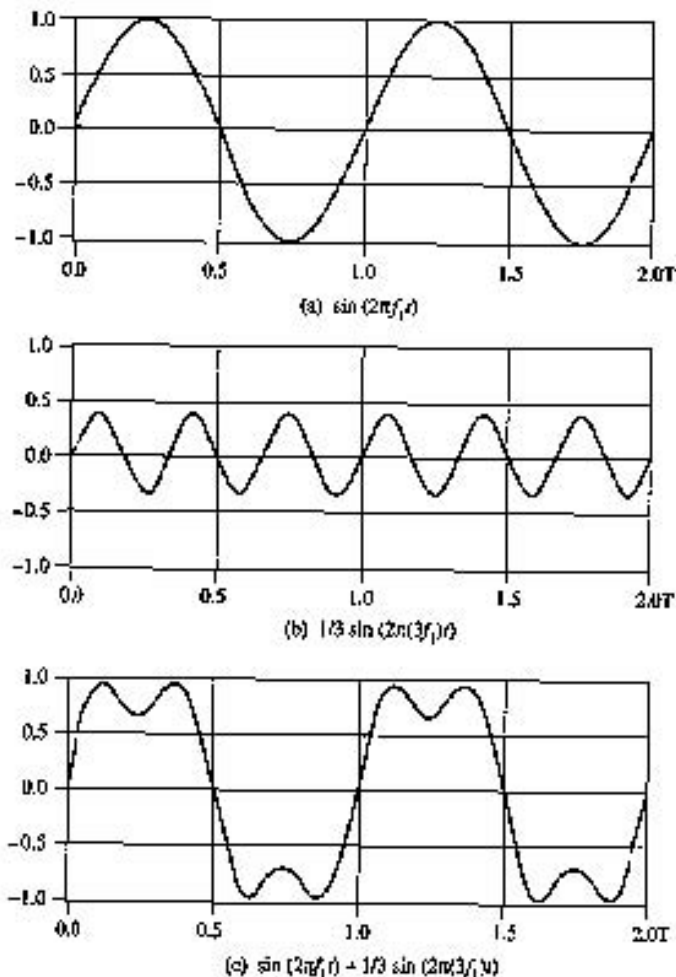
Bila dinyatakan suatu gelombang sinusoidal sebagai : $s(t) = A \sin (2\pi f_1 t + q)$ maka A = amplitudo maksimum, f_1 = frekuensi, dan q adalah phase.

KONSEP FREKUENSI-DOMAIN

Gambar 2.5 menunjukkan contoh sinyal $s(t) = \sin (2\pi f_1 t) + 1/3 \sin (2\pi (3f_1)t)$. Dari gambar 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 (lihat gambar 2.5.c).

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



Gambar 2.5. Penjumlahan dari komponen frekuensi ($T= 1/f_1$).

Gambar 2. 5.a menunjukkan fungsi frekuensi-domain untuk sinyal dari gambar 2.5.c dalam hal ini $s(f)$ adalah discrete. Gambar 2.5.b menunjukkan fungsi frekuensi-domain untuk pulsa kotak tunggal yang mempunyai nilai 1 antara $-x/2$ dan $x/2$, dan 0 dilain tempat, dalam hal ini $s(f)$ adalah continuous.

Spektrum sinyal adalah daerah frekuensi yang dapat dimuati. Untuk gambar 2.5.c, spektrumnya dari f_1 samapi $3f_1$. **Absolute bandwidth** dari sinyal adalah lebar spektrum. Untuk gambar 2.5.c, bandwidthnya adalah $2f_1$.

Pada gambar 2.6.b, terdapat banyak bandwidth tetapi kebanyakan energi dalam sinyal relatif dimuat dalam band frekuensi rendah. Band ini dinyatakan sebagai **effective bandwidth** atau **bandwidth** saja.

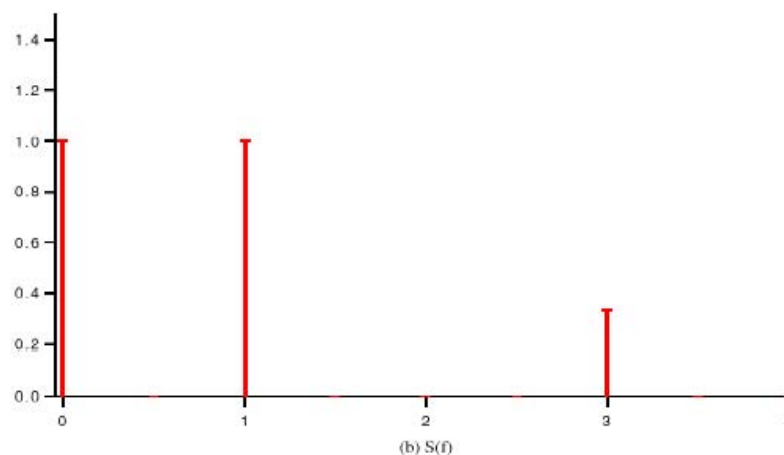
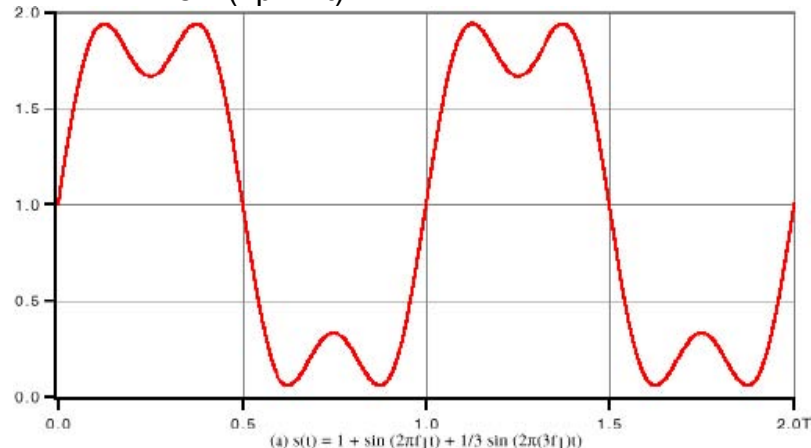
DC component yaitu jika suatu sinyal termasuk suatu komponen frekuensi nol, dimana komponen tersebut adalah dc atau komponen konstan. Contoh lihat gambar 2.7 yang menunjukkan hasil penambahan dc komponen terhadap sinyal pada gambar 2.6.

HUBUNGAN ANTARA DATA RATE DENGAN BANDWIDTH

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

Pada gambar 2.8, diberikan komponen-komponen frekuensi gelombang kotak. Disini terlihat bahwa gelombang kotak terbentuk dari penjumlahan spektrum-spektrum ganjil, sehingga gelombang kotak dapat dinyatakan dalam :

$$s(t) = A \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sin(2\pi k f_1 t)$$



Hubungan data rate dan bandwidth didapat bahwa pengurangan/penambahan

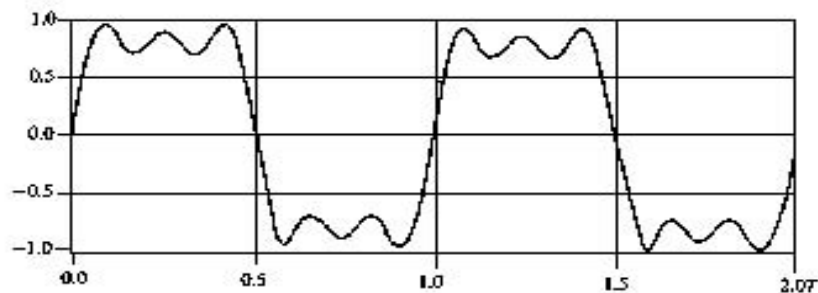
bandwidth akan menyebabkan pengurangan/penambahan data rate dengan faktor pengurangan/penambahan yang sama. Contoh (lihat gambar 2.8.a) : diinginkan bandwidth 4 MHz. jika $f_1 = 10 \text{ cycles/sec} = 1 \text{ MHz}$, maka bandwidth :

$$s(t) = \sin((2\pi \times 10^6)t) + 1/3 \sin((2\pi \times 3 \times 10^6)t) + 1/5 \sin((2\pi \times 5 \times 10^6)t)$$

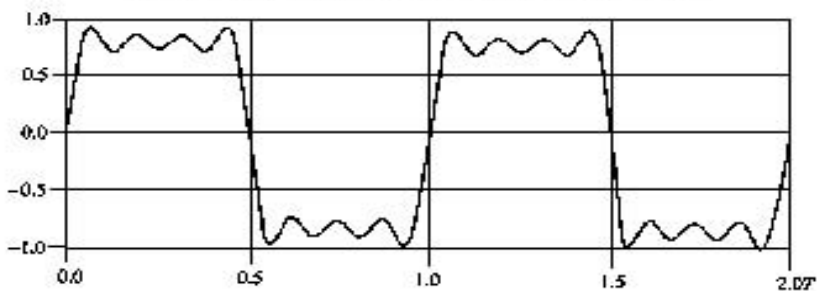
$$= (5 \times 10^6) - 10^6 = 4 \text{ MHz}$$

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

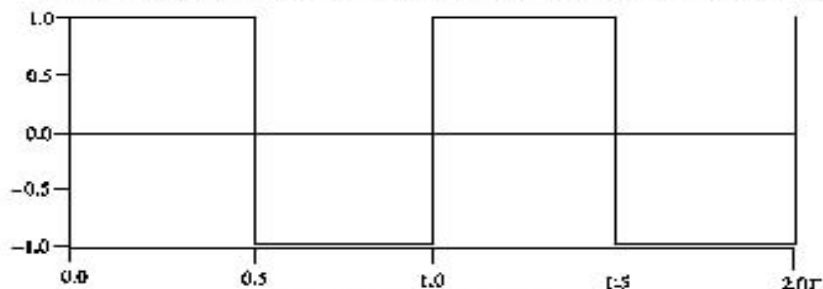
Jika gelombang ini terdiri dari bit string '1' dan '0' maka tiap bit terjadi setiap 0,5 sec sehingga data rate : $2 \times f_1 = 2 \times 10^6 = 2 \text{ Mbps}$; dengan demikian bandwidth 4 MHz, data ratenya 2 Mbps.



(a) $\sin(2\pi f_1 t) + 1/3 \sin(2\pi(3f_1)t) + 1/5 \sin(2\pi(5f_1)t)$



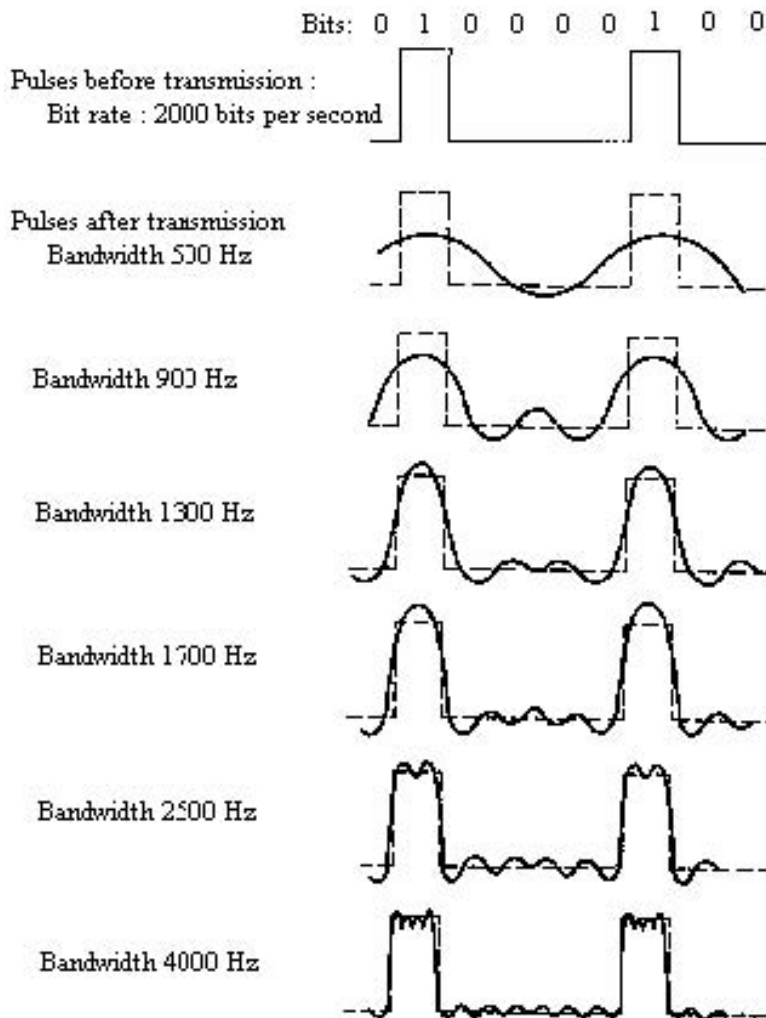
(b) $\sin(2\pi f_1 t) + 1/3 \sin(2\pi(3f_1)t) + 1/5 \sin(2\pi(5f_1)t) + 1/7 \sin(2\pi(7f_1)t)$



(c) $1/k \sin(2\pi(kf_1)t)$

Semakin terbatas bandwidth, semakin besar distorsi dan semakin besar kemungkinan error pada receiver. Gambar 2.9 menunjukkan bit stream dengan data rate 2000 bps, maka untuk bandwidth 1700 sampai 2500 Hz, hasilnya sudah cukup bagus tetapi dengan bandwidth 4000 Hz, hasilnya lebih bagus lagi.

Jadi data rate suatu sinyal digital adalah W bps, maka bandwidth yang paling bagus adalah $2W$ Hz.



Gambar 2.9. Efek dari bandwidth pada suatu sinyal digital

KEKUATAN SINYAL

Sinyal yang melalui medium transmisi yang jauh, akan mengalami kehilangan atau *attenuation* (pelemahan) kekuatan sinyal. Untuk itu perlu amplifier yang akan menambah gain sinyal. Kekuatan sinyal dinyatakan dalam decibel (db) yaitu suatu ukuran perbedaan dalam dua level kekuatan, dirumuskan sebagai berikut :

$$Ndb = 10 \log_{10} (P1 / P2)$$

dimana : Ndb = besar decibel
P1,2 = besar kekuatan

2.2 TRANSMISI DATA ANALOG DAN DIGITAL

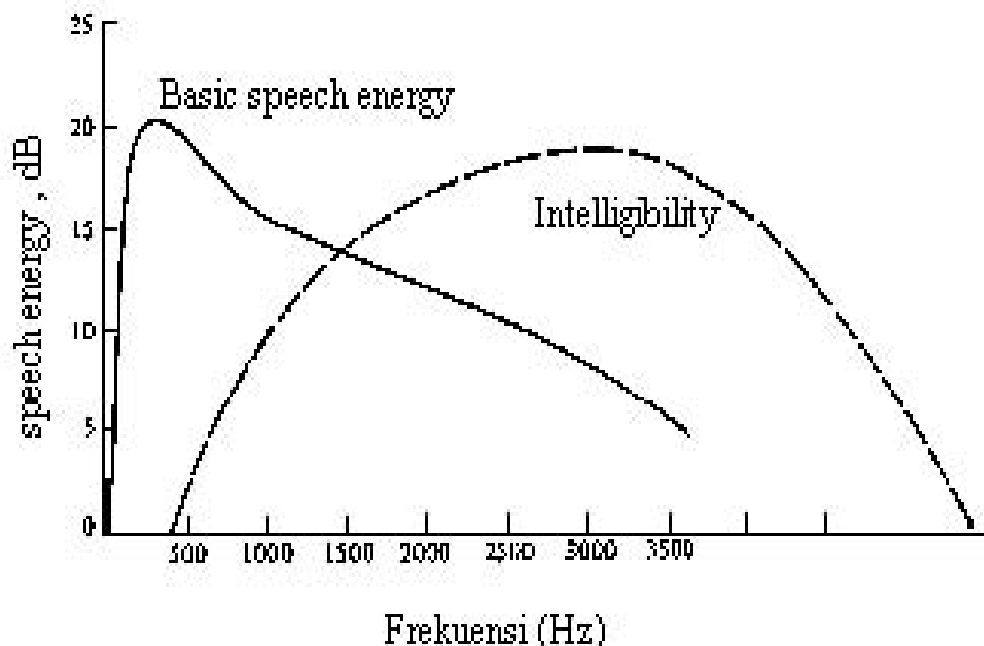
Istilah analog dan digital berhubungan dengan *continuous* dan *discrete* yang dalam komunikasi data dipakai dalam tiga konteks :

- ✚ **data**, didefinisikan sebagai entity yang mengandung sesuatu arti
- ✚ **signaling** (pen-sinyal-an), adalah tindakan penyebaran sinyal melalui suatu medium yang sesuai.
- ✚ **transmisi**, adalah komunikasi dari data dengan penyebaran dan pemrosesan sinyal

DATA

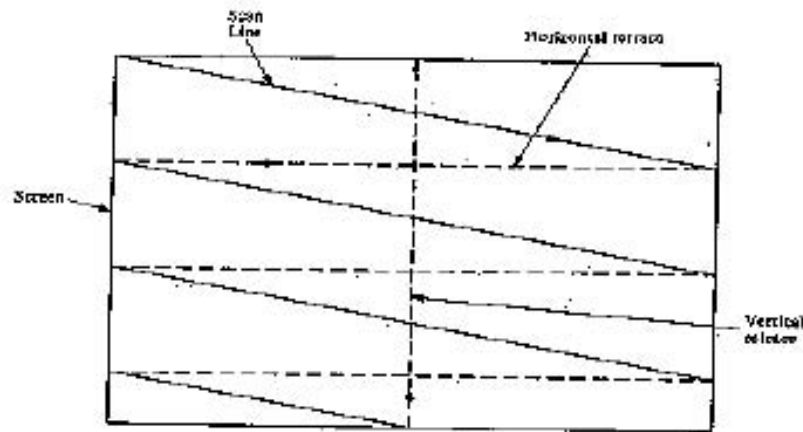
Data analog diperoleh pada nilai-nilai continuous dalam beberapa interval. Contoh : suara, video. Data digital didapat pada nilai-nilai discrete. Contoh : text dan integer.

Pada gambar 2.10 ditunjukkan spektrum suara manusia yang dapat diambil sebagai contoh data analog.

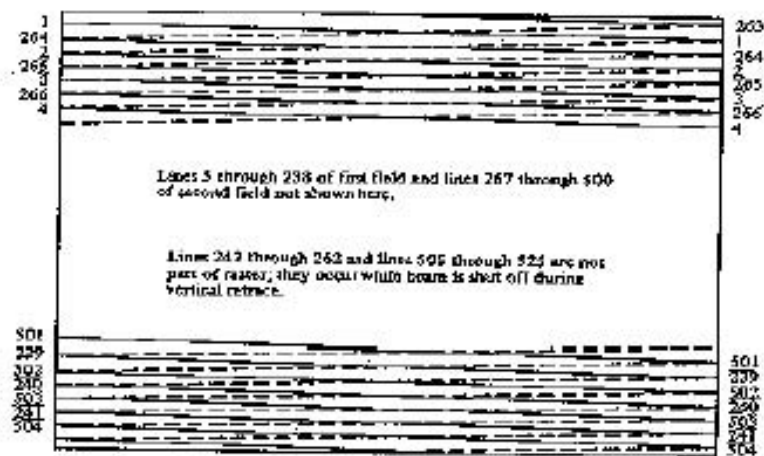


Gambar 2.10. Spektrum akusisi untuk speech

Pada gambar 2.11 menunjukkan bagaimanatomunculnya gambar pada layar TV yang merupakan hasil tumbukan electron pada layar dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah.



(a) Komposisi daerah suatu TV



(b) Teknik interfacing Video

Gambar 2.11. Produksi gambar pada TV

Sedangkan untuk contoh sinyal digital yang paling dikenal yaitu text atau karakter string. Kode yang dipakai umum adalah ASCII (American Standart Code for Information Interchange) yang memakai 8 bit data per karakter.

SINYAL

Sinyal analog adalah gelombang elektromagnetik continuous yang disebar melalui suatu media, tergantung pada spektrumnya.

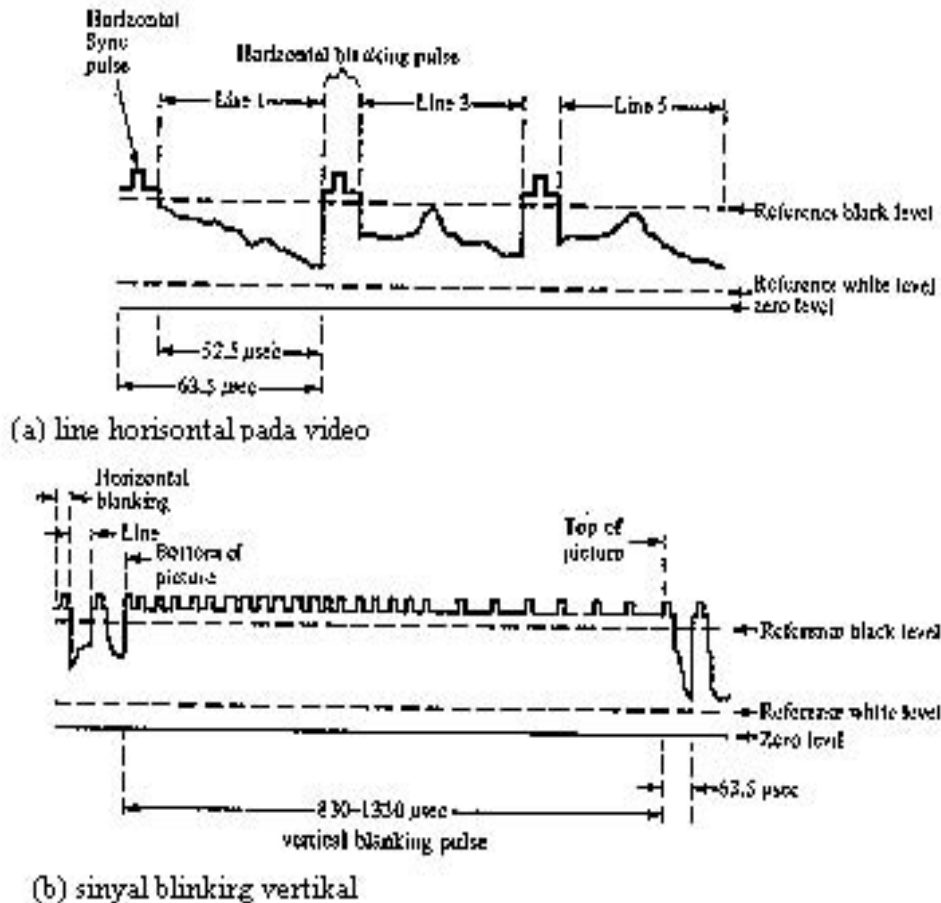
Sinyal digital adalah serangkaian pulsa tegangan yang dapat ditransmisikan melalui suatu medium kawat.

CONTOH-CONTOH

Sinyal suara mempunyai spektrum 20 Hz sampai 20 KHz tetapi standart spektrumnya antara 300 sampai 3400 Hz yang mana pada range ini cukup untuk mereproduksi suara, meminimalkan keperluan akan kapasitas transmisi dan boleh menggunakan telephone biasa. Sinyal ini ditransmisikan melalui sistim telephone ke suatu receiver.

Sinyal video terdiri dari komponen digital dan analog. Gambar 2.12a menampilkan

pulsa-pulsa untuk line horisontal sedangkan gambar 2.12b menampilkan pulsa-pulsa untuk line vertikal. Semuanya ini merupakan pulsa-pulsa digital yang di-sinkron-kan (synchronisasi) yang dikirim antara tiap line dari sinyal video. Yang perlu diperhatikan disini yaitu timing dari sistim dan bandwidth yang diperlukan untuk sinyal video. Hal ini akan mempengaruhi hasil dan resolusi dari gambar video.

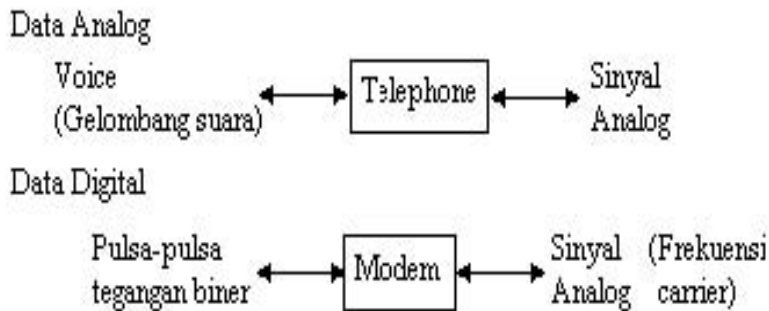


Gambar 2.12. Sinyal video (skala yang berbeda untuk a dan b)

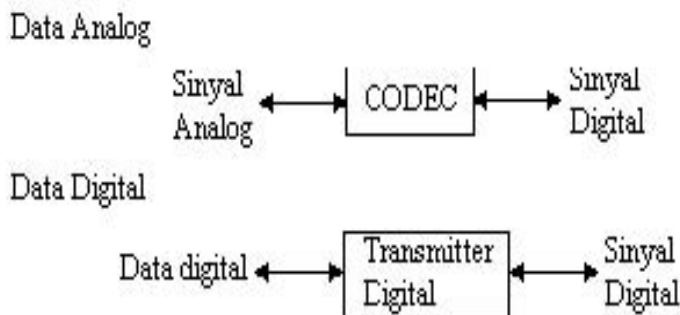
DATA DAN SINYAL

Data analog dapat merupakan sinyal analog. Demikian pula, data digital dapat merupakan sinyal digital. Pada gambar 2.13, data digital dapat juga dijadikan sinyal analog dengan memakai *modem* (modulator/demodulator) sedangkan data analog dapat dijadikan sinyal digital dengan memakai *codec* (coder-decoder). Hal ini akan dibahas lebih lanjut pada chapter 3.

Sinyal analog mewakili data dengan gelombang elektromagnetik yang continuous



Sinyal digital mewakili data dengan serangkaian pulsa-pulsa tegangan



Gambar 2.13. Pensinyalan analog dan digital dari data analog dan digital

Lihat tabel berikut yang merangkum metode transmisi data :

🚩 Data dan sinyal

	Sinyal analog	Sinyal digital
data analog	dua alternatif:(1) sinyal menempati spektrum yang sama seperti data analog; (2) data analog diuraikan untuk menempati posisi spektrum yang berbeda	data analog diuraikan mempergunakan suatu codec untuk memproduksi suatu aliran bit digital.
data digital	data digital diuraikan menggunakan suatu modem untuk memproduksi sinyal analog.	dua alternatif:(1) sinyal terdiri dari dua level tegangan yang mewakili dua angka binary; (2) data digital diuraikan untuk menghasilkan suatu sinyal digital sesuai dengan keinginan

✚ Perlakuan sinyal

	Transmisi analog	Transmisi digital
sinyal analog	disebarkan melalui amplifier; perlakuan yang sama baik sinyal yang digunakan sebagai data analog atau digital	anggap bahwa sinyal analog mewakili data digital. Sinyal disebarakan melalui repeater; pada tiap repeater, data digital diperoleh kembali dari sinyal asal dan dipakai untuk menghasilkan suatu sinyal analog baru yang berbeda
sinyal digital	tidak dipakai	sinyal digital mewakili suatu aliran dari '1' dan '0', dimana mungkin mewakili data digital atau mungkin suatu encoding dari data analog. Sinyal disebarakan melalui repeater-repeater; pada tiap repeater, aliran dari '1' dan '0' diperoleh kembali dari sinyal asal dan dipakai untuk menghasilkan suatu sinyal digital baru yang berbeda.

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.

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.

Alasan-alasan digunakannya teknik pen-sinyal-an digital :

- ✚ teknologi digital : adanya teknologi LSI dan VLSI menyebabkan penurunan biaya dan ukuran circuit digital.
- ✚ keutuhan data : terjamin karena penggunaan repeater dibandingkan amplifier sehingga transmisi jarak jauh tidak menimbulkan banyak error.
- ✚ Penggunaan kapasitas : agar efektif digunakan teknik multiplexing dimana lebih mudah dan murah dengan teknik digital daripada teknik analog.
- ✚ Keamanan dan privasi : teknik *encryption* dapat diaplikasikan ke data digital dan ke analog yang sudah mengalami digitalisasi.
- ✚ Integrasi : karena semua sinyal (data analog dan digital) diperlakukan secara digital maka mempunyai bentuk yang sama, dengan demikian secara ekonomis dapat diintegrasikan dengan suara (voice), video dan data digital.

2.3 KELEMAHAN-KELEMAHAN TRANSMISI

Pada sistem komunikasi manapun, sinyal yang diterima akan selalu berbeda dari sinyal yang dikirim.

Pada sinyal analog, hal ini berarti dihasilkan variasi modifikasi random yang menurunkan kualitas sinyal.

Pada sinyal digital, yaitu terjadinya bit error artinya binary '1' akan menjadi binary '0' dan sebaliknya.

Kelemahan yang paling signifikan yaitu :

- ✚ *Attenuation* dan *attenuation distorsi* (pelemahan dan distorsi oleh pelemahan).
- ✚ *Delay distorsi* (distorsi oleh delay).
- ✚ *Noise*.

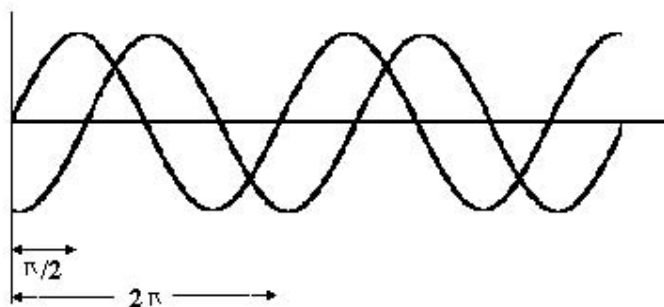
ATTENUATION

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

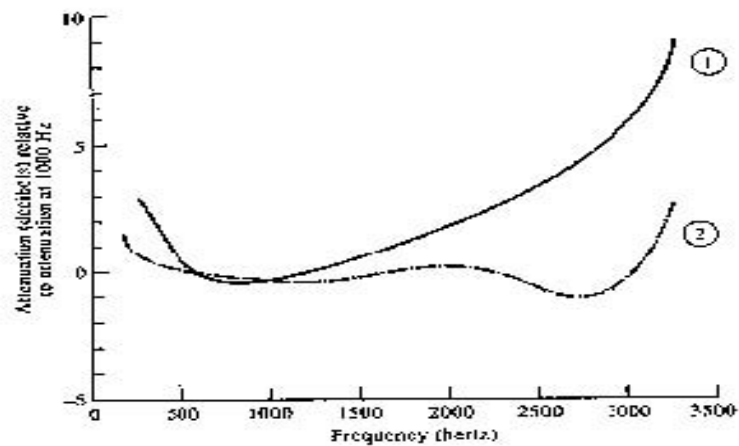
Tiga pertimbangan untuk perancangan transmisi :

1. Sinyal yang diterima harus mempunyai kekuatan yang cukup sehingga penerima dapat mendeteksi dan mengartikan sinyal tersebut.
2. Sinyal harus mencapai suatu level yang cukup tinggi daripada noise agar diterima tanpa error.
3. Attenuation adalah suatu fungsi dari frekuensi.

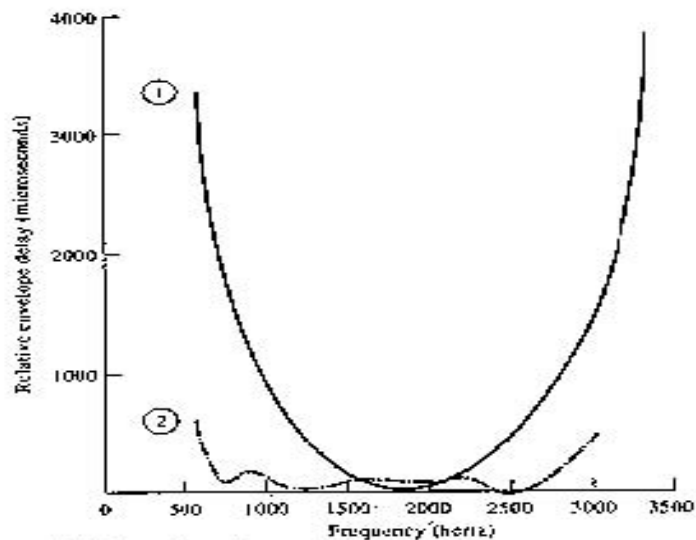
Masalah pertama dan kedua dapat diatasi dengan menggunakan sinyal dengan kekuatan yang mencukupi dan amplifier-amplifier atau repeater-repeater. Masalah ketiga, digunakan teknik untuk meratakan attenuation melalui suatu band frekuensi dan amplifier yang memperkuat frekuensi tinggi daripada frekuensi rendah. Contoh attenuation dapat dilihat gambar 2.14a. Grafik no.1 menggambarkan attenuation tanpa equalisasi (perataan) dimana terlihat frekuensi-frekuensi tinggi mengalami pelemahan yang lebih besar daripada frekuensi-frekuensi rendah. Grafik no.2 menunjukkan efek dari equalisasi.



Gambar 2.4. Contoh dari perbedaan phase.



(a) Attenuation



(b) Delay distortion

Gambar 2.14. Kurva Pelemahan dan distorsi delay untuk channel suara

Distorsi attenuation merupakan problem kecil bila menggunakan sinyal digital dimana konsentrasinya pada frekuensi utama atau bit rate dari sinyal.

DELAY DISTORTION

Terjadi akibat kecepatan sinyal yang melalui medium berbeda-beda sehingga tiba pada penerima dengan waktu yang berbeda.

Hal ini merupakan hal yang kritis bagi data digital yang dibentuk dari sinyal-sinyal dengan frekuensi-frekuensi yang berbeda-beda sehingga menyebabkan *intersymbol interference*..

Gambar 2.14b menunjukkan teknik equalizing dalam mengatasi hal ini.

NOISE

Noise adalah tambahan sinyal yang tidak diinginkan yang masuk dimanapun diantara transmisi dan penerima.

Dibagi dalam empat kategori :

✚ *Thermal noise,*

- ✓ disebabkan oleh agitasi termal elektron dalam suatu konduktor
- ✓ sering dinyatakan sebagai white noise
- ✓ tidak dapat dilynepkan
- ✓ besar thermal noise (dalam watt) dengan bandwidth W Hz dapat dinyatakan sebagai :

$$N = k TW$$

dimana : N = noise power density

k = konstanta Boltzman = $1,3803 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

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

✚ *Intermodulation noise*

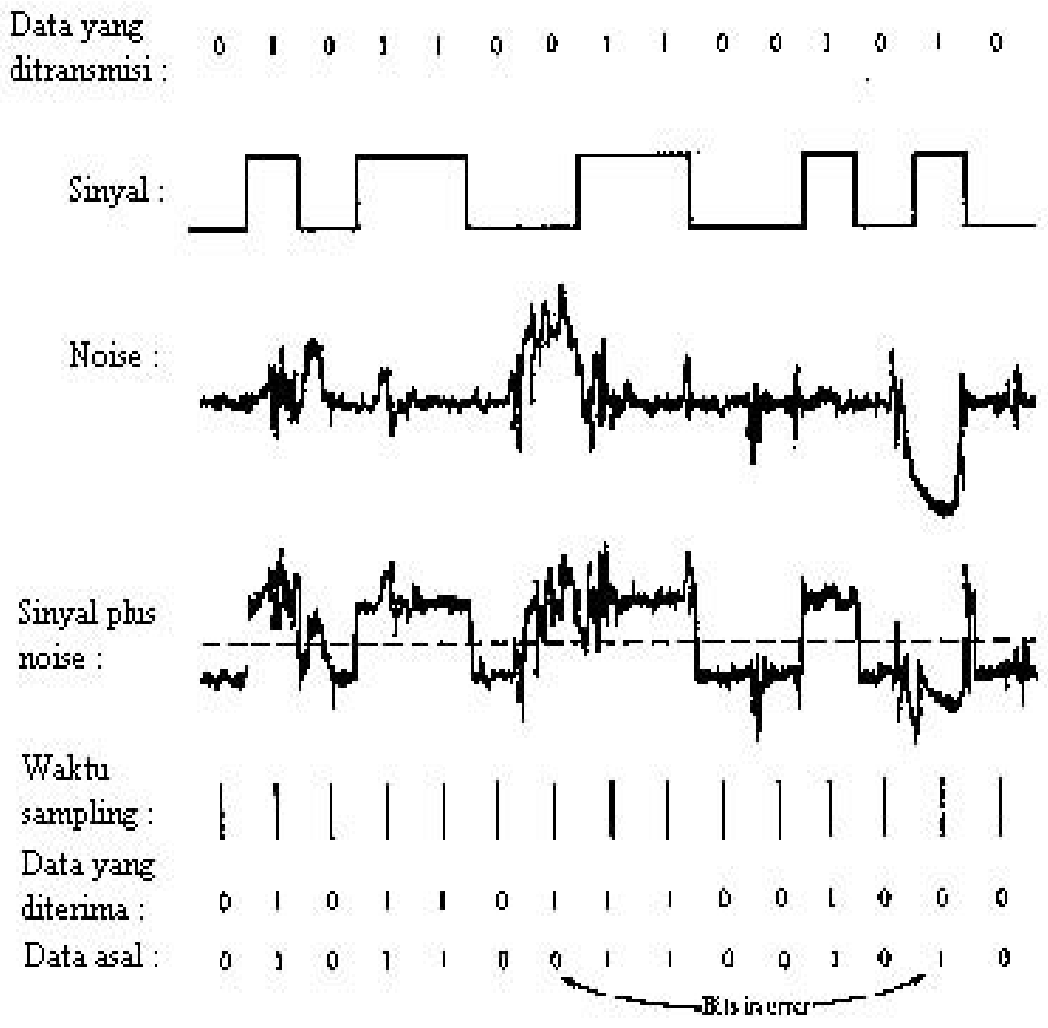
- ✓ disebabkan karena sinyal-sinyal pada frekuensi-frekuensi yang berbeda tersebar pada medium transmisi yang sama sehingga menghasilkan sinyal-sinyal pada suatu frekuensi yang merupakan penjumlahan atau pengalihan dari dua frekuensi asalnya. misalnya : sinyal dengan frekuensi f_1 dan f_2 maka akan mengganggu sinyal dengan frekuensi $f_1 + f_2$
 - ✓ hal ini timbul karena ketidak linearan dari transmitter, receiver atau sistim transmisi.

✚ *Crosstalk*

- ✓ adalah suatu penghubung antar sinyal yang tidak diinginkan
- ✓ dapat terjadi oleh hubungan elektrikal antara kabel yang letaknya berdekatan dan dapat pula karena energi dari gelombang microwave.

✚ *Impulse 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
- ✓ noise ini merupakan sumber utama error dalam komunikasi data digital dan hanya merupakan gangguan kecil bagi data analog. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Efek Dari Noise Pada Sinyal Digital

KAPASITAS CHANNEL

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.

Kapasitas channel dibatasi oleh keadaan fisik dari medium transmisi atau dari dari sumber-sumber lainnya.

Formula **Nyquist** :

$$C = 2 W \log_2 M$$

dimana : C = kapasitas channel (bps)
W = bandwidth dari channel (Hz)
M = jumlah sinyal discrete atau level tegangan

misal : bandwidth line telepon 3100 Hz maka $C = 6200 \log_2 M$ dan $M = 8$ sehingga $C = 18600$ bps.

Jadi dengan bandwidth terbatas, data rate dapat ditingkatkan dengan meningkatkan levelnya (M), tetapi nilai M dibatasi oleh noise dan attenuation pada line transmisi.

Formula **Claude Shannon**, mempertimbangkan ratio sinyal terhadap noise (S/N) sehingga dapat dinyatakan :

$$(S/N)_{db} = 10 \log \frac{\text{kekuatan sinyal}}{\text{kekuatan noise}}$$

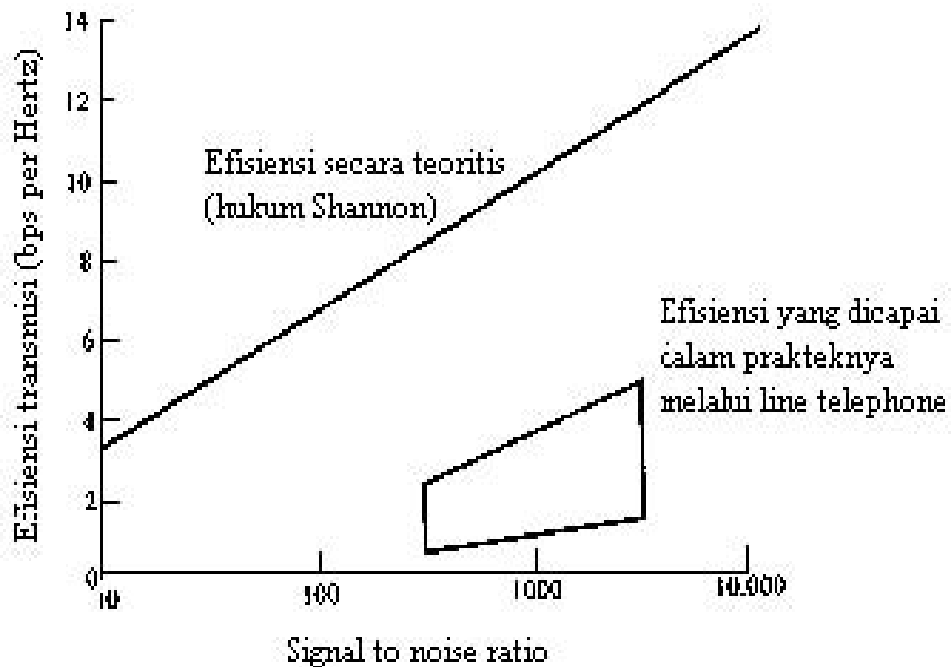
karena ternyata semakin tinggi data rate, semakin tinggi pula error rate sehingga kapasitas channel oleh persamaan *Shannon* :

$$C = W \log_2 (1 + S/N)$$

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

(note : semua nilai-nilai C yang didapat dalam contoh adalah gambaran maksimum untuk ukuran transmisi, dianjurkan menggunakan data rate yang lebih kecil).

Shannon membuktikan bahwa jika information rate yang sebenarnya pada suatu channel lebih kecil daripada kapasitas bebas error, kemudian secara teori memungkinkan untuk dipakai suatu kode sinyal yang sesuai untuk memperoleh transmisi bebas error yang melalui channel. Gambar 2.16 menggambarkan efisiensi suatu transmisi secara teori.



Gambar 2.16. Efisiensi Transmisi Secara Teoritis dan Sebenarnya

Data rate dapat ditingkatkan dengan peningkatan baik pada kekuatan sinyal atau bandwidth. Tetapi dengan kekuatan sinyal yang meningkat maka timbul nonlinearitas dalam sistim sehingga meningkatkan intermodulation noise. Juga dengan semakin lebarnya bandwidth, noise makin mudah masuk ke sistim. Dengan demikian peningkatan W maka S/N menurun.

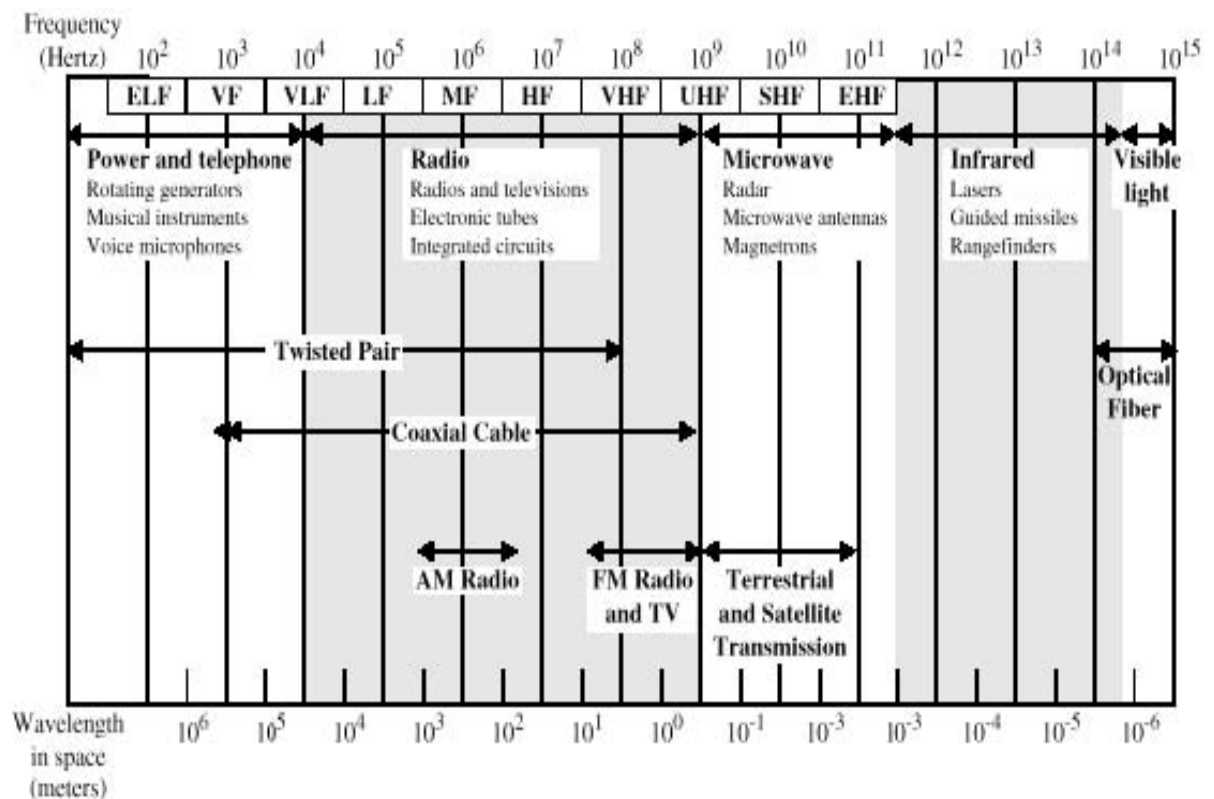
2.4 MEDIA TRANSMISI

Medium transmisi adalah penghubung fisik antara transmitter dan receiver dalam sistim transmisi data.

Terdapat dua media yaitu guided media (lihat tabel 2.3) dan unguided media

Transmission Medium	Total Data Rate	Bandwidth	Repeater Spacing
Twisted Pair	4 Mbps	3 MHz	2 to 10 km
Coaxial Cable	500 Mbps	350 MHz	1 to 10 km
Optical Fiber	2 Gbps	2 GHz	10 to 100 km

Gambar 2.17 menunjukkan spectrum elektromagnetik dan mengindikasikan frekuensi dimana berbagai macam teknik transmisi guided dan unguided beroperasi.



Gambar 2.17. Spektrum elektromagnetik

TWISTED PAIR

DESKRIPSI SECARA FISIK

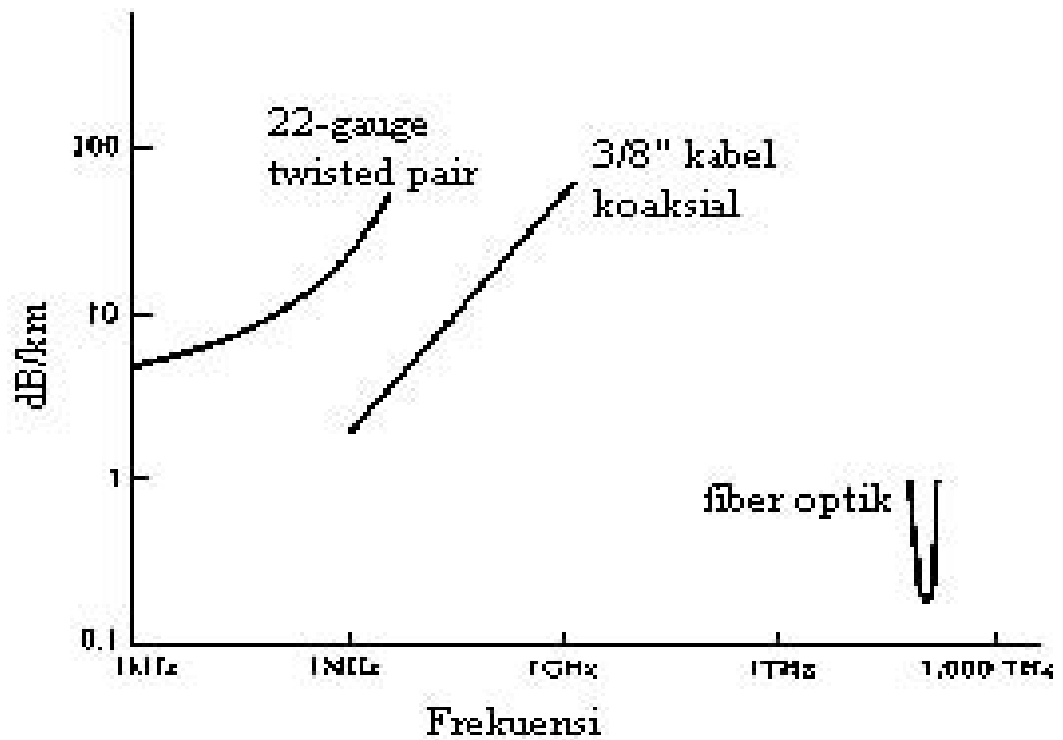
terdiri dari dua isolasi kawat tembaga yang diatur dalam suatu spiral yang terlindungi. Gulungan ini meminimalkan interferensi antar kabel.

PENGUNAAN

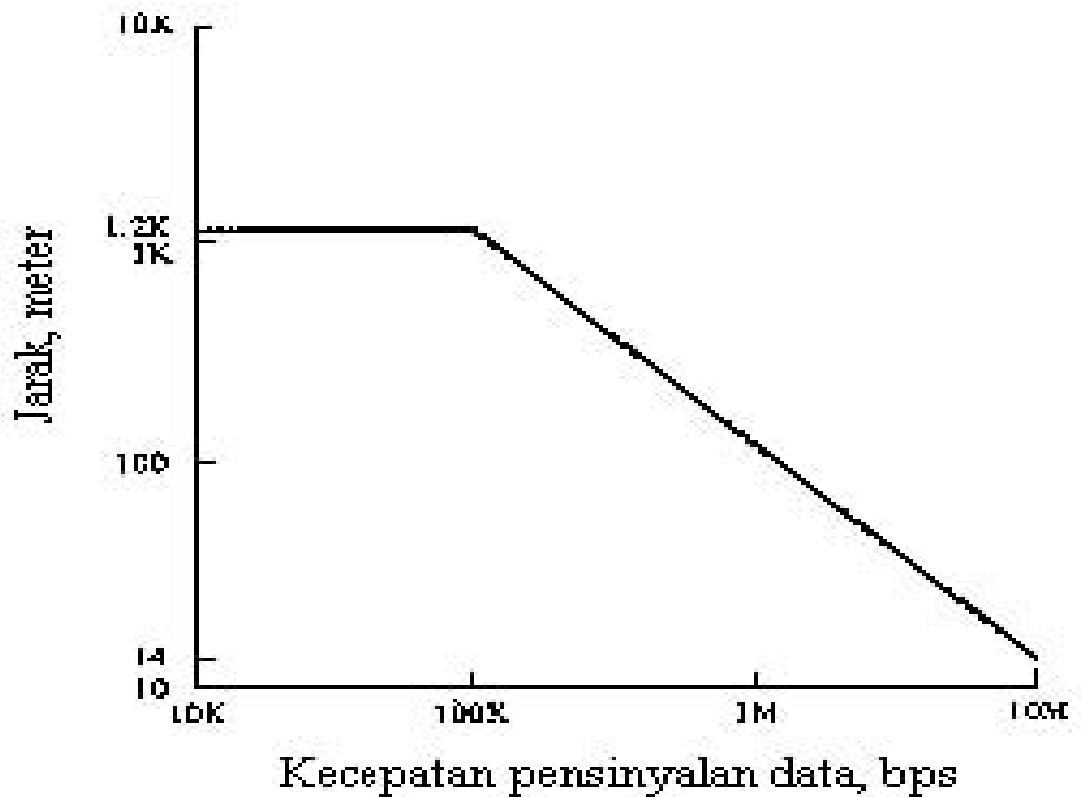
- ✚ Dipakai pada sistim telephone.
- ✚ Dipakai untuk jarak yang jauh dengan data rate 4 Mbps atau lebih.
- ✚ Biaya murah.

KARAKTERISTIK TRANSMISI

- ✚ untuk sinyal analog, diperlukan amplifier setiap 5 sampai 6 km sedangkan untuk sinyal digital diperlukan repeater setiap 2 sampai 3 km.
- ✚ Bila dibandingkan media lain, maka terdapat keterbatasan dalam jarak, bandwidth, dan data rate.
- ✚ Gambar 2.18 menggambarkan attenuation pada media ini. Media ini mudah terkena interferensi dan noise.
- ✚ Gambar 2.19 menunjukkan pencapaian data rate terhadap jarak.



Gambar 2.18 Attenuasi / pelemahan Pada Media Transmisi Guided

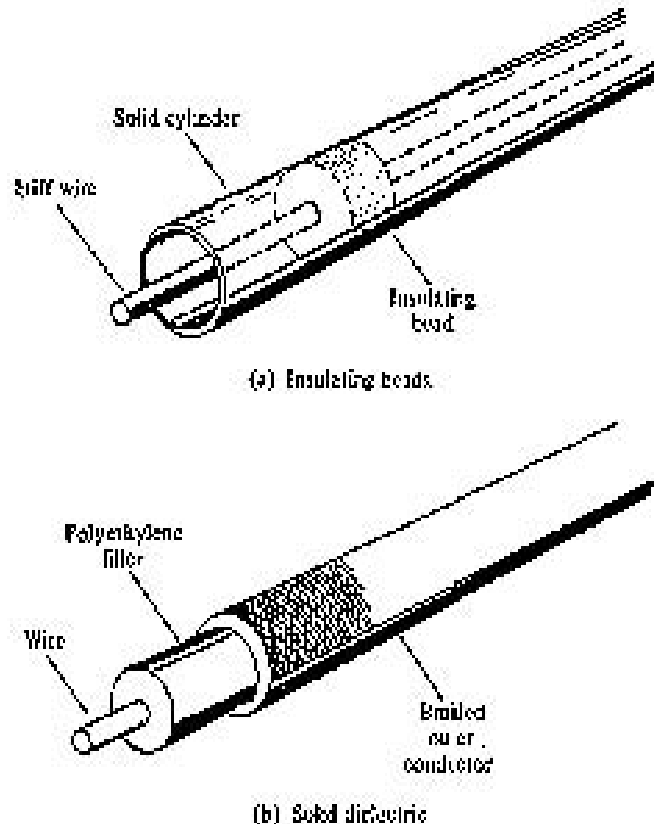


Gambar 2.19. Panjang Kabel Twisted Pair VS Data Rate Untuk Keseimbangan Transmisi

KABEL KOAKSIAL

DESKRIPSI SECARA FISIK

terdiri dari konduktor silinder rongga luar yang mengelilingi suatu kawat konduktor tunggal (gambar 2.20). Kedua konduktor dipisahkan oleh bahan isolasi.



Gambar 2.20 Konstruksi Kabel Koaksial

PENGGUNAAN

- + dipakai dalam :
 - ✓ Transmisi telephone dan televisi jarak jauh.
 - ✓ Television distribution (TV kabel).
 - ✓ Local area networks.
 - ✓ Short-run system links.
- + lebih mahal daripada twisted pair.

KARAKTERISTIK TRANSMISI

- + 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.

FIBER OPTIK

DESKRIPSI SECARA FISIK

adalah suatu medium fleksibel tipis yang mampu menghantarkan sinar ray. Berbagai kaca dan plastik dipakai untuk membuatnya.

PENGGUNAAN

✚ karakteristik fiber optik yang membedakannya dari twisted pair dan kabel koaksial :

- ✓ bandwidth yang lebih besar : data rate sebesar 2 Gbps dengan jarak 10 kilometer dapat dicapai
- ✓ ukuran yang lebih kecil dan berat yang lebih ringan
- ✓ attenuation yang lebih rendah
- ✓ isolasi terhadap elektromagnetik : sehingga tidak mudah terkena interferensi dari elektromagnetik eksternal
- ✓ jarak antar repeater yang lebih jauh. Sistem transmisi fiber optik di Jerman dapat mencapai data rate 5 Gbps dengan jarak 111 km tanpa repeater.

✚ lima kategori dasar dari aplikasi yang penting untuk fiber optik :

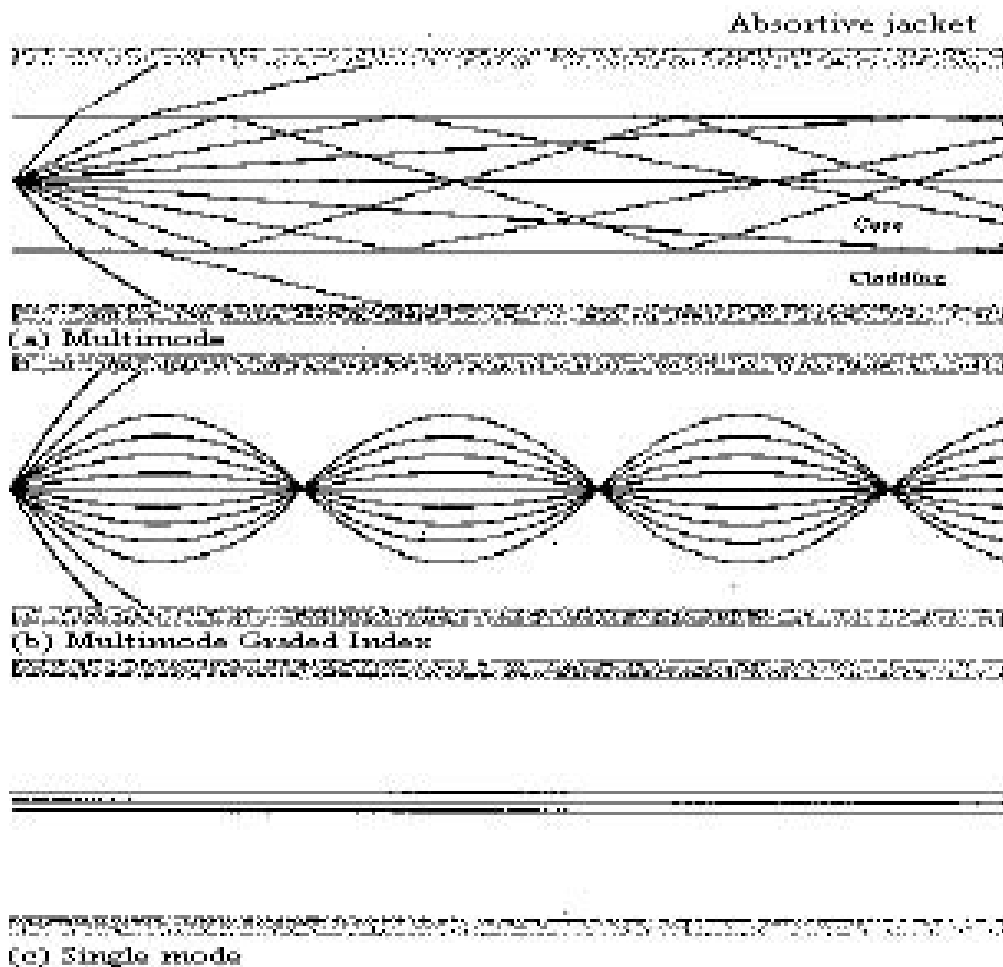
- ✓ Long-haul trunks.
- ✓ Metropolitan trunks.
- ✓ Rural exchange trunks.
- ✓ Local loops.
- ✓ Local area networks.

KARAKTERISTIK TRANSMISI

✚ range frekuensi antara 10^{14} sampai 10^{15} Hz yang meliputi spektrum yang tampak dan bagian dari spektrum infrared.

✚ prinsip transmisi fiber optik : (lihat gambar 2.22)

- ✓ multimode
- ✓ multimode graded index / multimode step index
- ✓ single mode



Gambar 2.22. Mode Transmisi dari Fiber Optik

GELOMBANG MICROWAVE

DESKRIPSI SECARA FISIK

- + digunakan antena parabolik
- + 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.

PENGGUNAAN

- + dipakai untuk :
 - ✓ Telekomunikasi jarak jauh.
 - ✓ Transmisi suara dan televisi.
 - ✓ Local networks.
 - ✓ Local data distribution.
- + dibandingkan dengan kabel koaksial, jarak antar amplifier atau repeater lebih jauh.

KARAKTERISTIK TRANSMISI

tabel 2.6 menunjukkan bandwidth dan data rate untuk beberapa tipe sistim

Band (GHz)	Bandwidth (MHz)	Data Rate (Mbps)
2	7	12
6	30	90
11	40	90
18	220	274

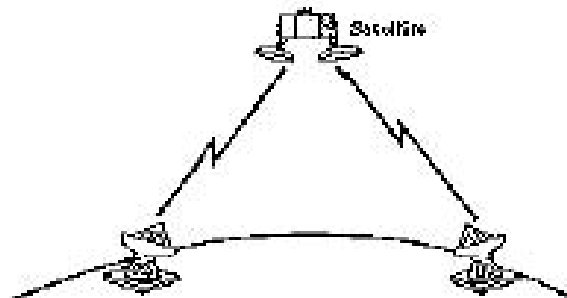
- ✚ sumber utama dari gangguan adalah attenuation dimana dapat dinyatakan sebagai

$$L = 10 \log (4\pi d / \lambda) \text{ db}$$

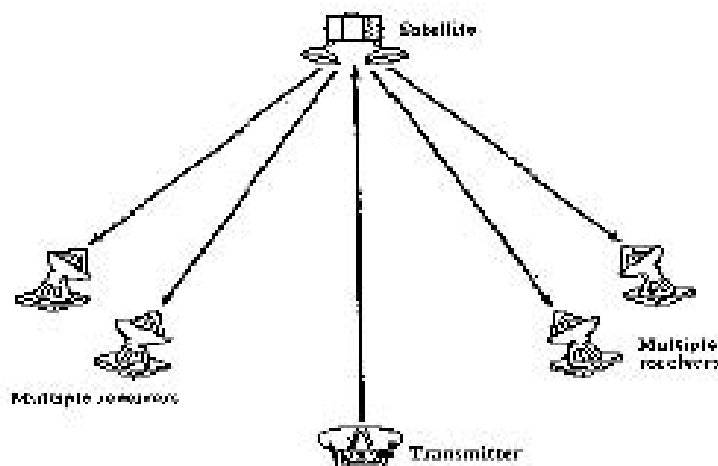
dimana : d = jarak
 λ = panjang gelombang

- ✚ jarak antar repeater atau amplifier antara 10 -100 km

SATELIT MICROWAVE



(a) Link point to point melalui satelit microwave



(b) Link broadcast melalui satelit microwave

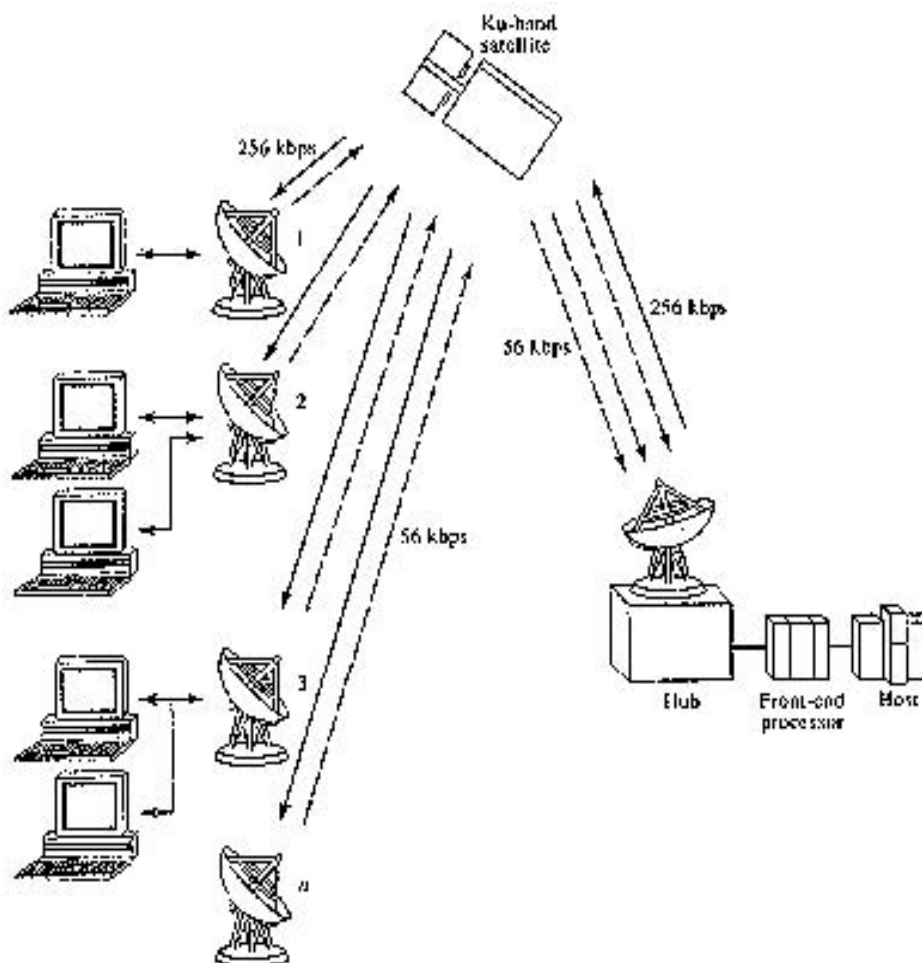
Gambar 2.23. Konfigurasi Komunikasi Satelit

DESKRIPSI SECARA FISIK

- ✚ 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.
- ✚ gambar 2.23 menampilkan dua cara umum yang dipakai untuk komunikasi satelit

PENGGUNAAN

- ✚ dipakai dalam :
 - ✓ Television distribution, paling luas digunakan diseluruh dunia; memakai teknologi DBS (direct broadcast satellite) dimana sinyal video dari satelit ditransmisikan langsung ke rumahrumah.
 - ✓ Transmisi telepon jarak jauh.
 - ✓ Private business networks, digunakan sistim VSAT (very small aperture terminal) untuk menekan biaya (lihat gambar 2.24 untuk konfigurasi VSAT).



Gambar 2.24. Konfigurasi VSAT

KARAKTERISTIK TRANSMISI

- ✚ range frekuensi optimumnya antara 1 sampai 10 GHz
- ✚ frekuensi transmisi dan penerimaan berbeda
- ✚ tipe transmisinya full-duplex antara pengguna dan satelit
- ✚ karena jarak yang jauh maka timbul delay sebesar 240 sampai 300 ms dari transmisi salah satu stasiun bumi ke penerimaan oleh stasiun bumi lainnya
- ✚ semua stasiun dapat melakukan transmisi ke satelit dan transmisi dari satelit dapat diterima oleh semua stasiun.

RADIO

DESKRIPSI SECARA FISIK

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.

PENGGUNAAN

- ✚ 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*.

KARAKTERISTIK TRANSMISI

- ✚ untuk komunikasi data digital dipakai data rate yang rendah dengan frekuensi dalam kilo bit daripada dalam mega bit atas dasar pertimbangan efek attenuation
- ✚ digunakan untuk komunikasi broadcast, contoh : sistim ALOHA di Hawaii
- ✚ seperti pada satelit, frekuensi transmisi dan penerima berbeda
- ✚ transmisi dalam bentuk paket-paket
- ✚ repeater dipakai pada sistim untuk setiap radius kira-kira 500 km.