

TEE 843 – Sistem Telekomunikasi

---

## 5. Sistem Transmisi



universitas  
MALIKUSSALEH

**Muhammad Daud Nurdin**

[mdaud@unimal.ac.id](mailto:mdaud@unimal.ac.id), [syechdaud@yahoo.com](mailto:syechdaud@yahoo.com)

**Jurusan Teknik Elektro FT-Unimal  
Lhokseumawe, 2018**



# Sistem Transmisi

---

- Konsep Dasar Sistem Transmisi
- Klasifikasi Sistem Transmisi
- Derau (*Noise*)
- Media (Medium) Transmisi
- Parameter-Parameter Transmisi
- *Amplification* dan *Regeneration*
- Peralatan Transmisi dlm Jaringan

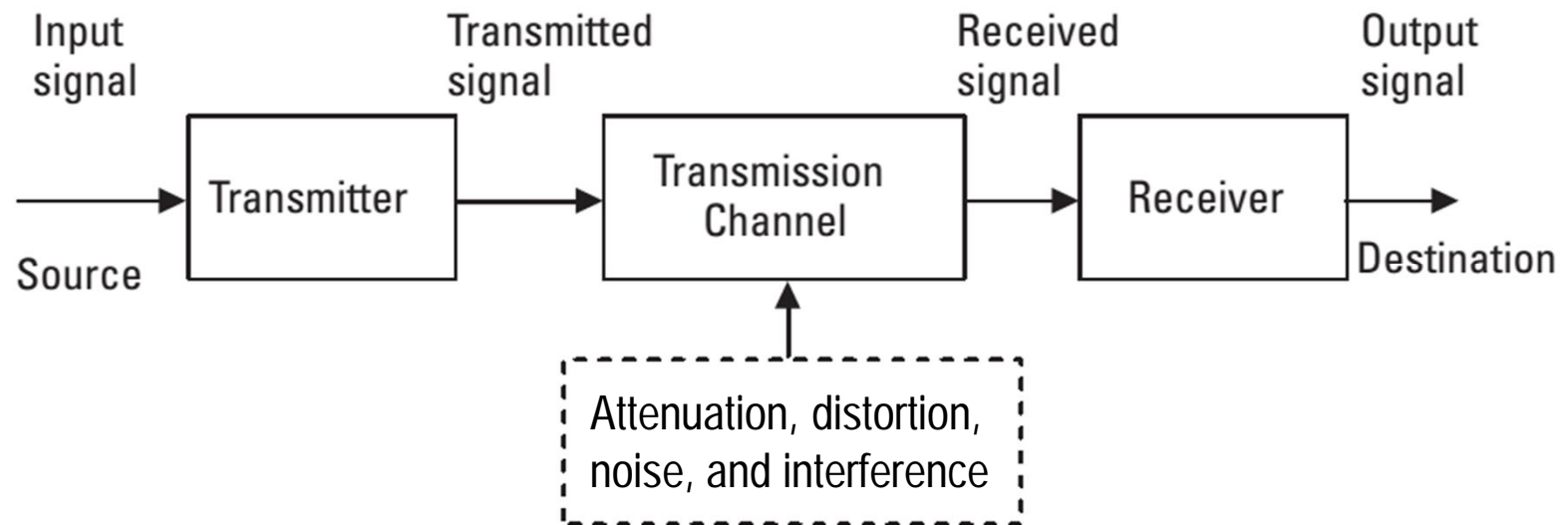


# Konsep Dasar Sistem Transmisi

---

- **Transmisi** adalah proses pengangkutan informasi dari satu titik ke titik lain di dalam suatu jaringan.
- Jarak antar titik dpt berbeda-beda dan bisa sangat jauh.
- Bisa ada banyak **elemen jaringan** yang terhubung.
- Elemen-elemen tersebut dihubungkan oleh **koneksi** yang disediakan oleh sistem transmisi.

# Elemen Sistem Transmisi



- Untuk sistem komunikasi dua arah (*bidirectional*), maka pada arah transmisi yang berlawanan juga diperlukan elemen yang sama.



# Elemen Sistem Transmisi (2)

---

- *Transmitter* (Pemancar/Pengirim)
  - Transmitter mengolah sinyal masukan menjadi sinyal yang sesuai dengan karakteristik kanal transmisi.
  - Pengolahan sinyal meliputi *encoding*, *multiplexing*, dan modulasi.
- *Transmission Channel* (Kanal Transmisi)
  - Kanal transmisi adalah suatu media elektrikal yang menjembatani sumber dan tujuan.
  - Bisa berupa pasangan kabel, kabel coaxial, kanal radio, atau serat optik.
  - Setiap kanal transmisi menyumbangkan sejumlah rugi-rugi (*loss*) transmisi atau redaman (*attenuation*) sehingga daya sinyal akan berkurang seiring bertambahnya jarak.
  - Sinyal juga akan terdistorsi akibat perbedaan redaman yang dialami oleh komponen-komponen frekuensi sinyal yang berbeda. Sinyal biasanya terdiri dari banyak komponen frekuensi yang mana beberapa diantaranya teredam dan ada juga yang tidak teredam. Kondisi ini akan menyebabkan perubahan bentuk 5 sinyal (distorsi).



# Elemen Sistem Transmisi (3)

---

- *Receiver* (Penerima)
  - Penerima mengolah sinyal yang diterima dari kanal transmisi.
  - Proses pada penerima meliputi penapisan (*filtering*) untuk menghilangkan *out-of-band noise*, penguatan (*amplification*) untuk mengkompensasi *loss* transmisi, ekualisasi (*equalizing*) untuk mengkompensasi distorsi, demodulasi, *demultiplexing*, dan *decoding* untuk membalikkan proses yang terjadi di transmitter.
- *Noise* (derau), *Attenuation* (redaman), *Distortion* (distorsi), and *Interference* (interferensi)
  - Merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi sinyal yang ditransmisikan.

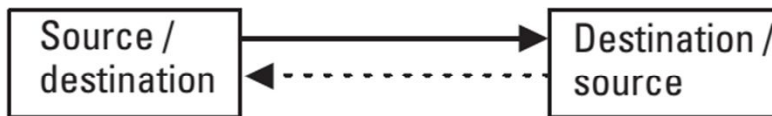
# Simplex, Half-Duplex, and Full-Duplex Communication

## Simplex:



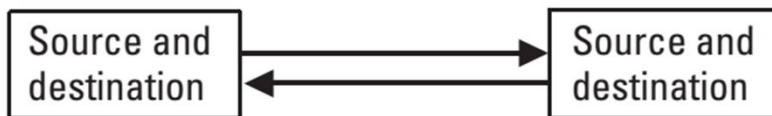
Signal is transmitted in one direction only.  
Examples: broadcast radio and TV and paging systems.

## Half-Duplex:



Signals are transmitted in one direction at a time.  
Examples: Some data and radio systems.

## Full-Duplex (or Duplex):



Signals are transmitted in both directions at the same time.  
Examples: Conventional telephone, cellular or mobile telephone systems and ISDN.



# Sistem Transmisi

---

- Konsep Dasar Sistem Transmisi
- **Klasifikasi Sistem Transmisi**
- Derau (*Noise*)
- Media Transmisi
- Parameter-Parameter Transmisi
- *Amplification* dan *Regeneration*
- Peralatan Transmisi dlm Jaringan





# Klasifikasi Sistem Transmisi

---

- Analog vs Digital  
(berdasarkan sinyal informasi yg ditransmisikan)
- Baseband vs Passband  
(berdasarkan band frekuensi sinyal transmisi)
- Serial vs Parallel  
(berdasarkan simultan tidaknya aliran bit data)
- Synchronous vs Asynchronous  
(berdasarkan modus transmisi)



# Transmisi Analog vs Transmisi Digital

---

- **Transmisi Analog**
  - **Sinyal informasi** yg ditransmisikan adlh **sinyal analog**.
  - Contoh:
    - Radio siaran, Televisi
    - *Local loop* pada PSTN (antara pesawat telepon dgn sentral)
- **Transmisi Digital**
  - **Sinyal informasi** yg ditransmisikan adlh **sinyal digital**.
  - Contoh:
    - LAN (jaringan komputer)
    - *Local loop* pada ISDN
    - Telepon seluler PLMN



# Baseband Transmission

---

- Transmisi dilakukan dgn sinyal informasi, tanpa proses modulasi.
- Contoh transmisi *baseband* analog:
  - *Local loop* pada PSTN
  - *Sound system* (antara microphone dgn power amplifier ataupun antara power amplifier dgn speaker)
- Contoh transmisi *baseband* digital:
  - LAN
  - *Local loop* pada ISDN



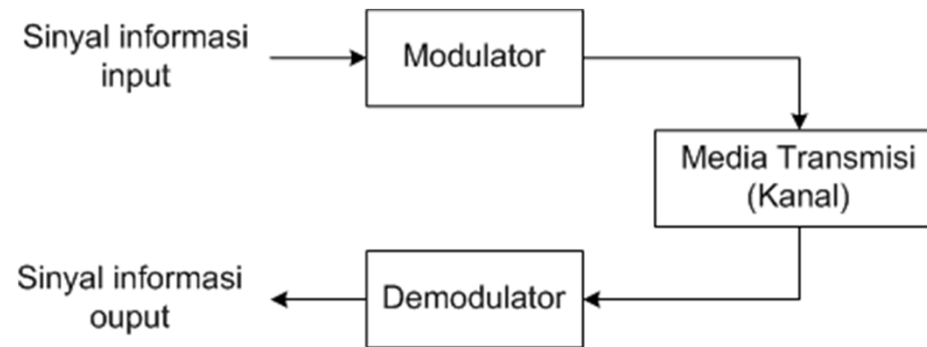
# Passband Transmission (1)

---

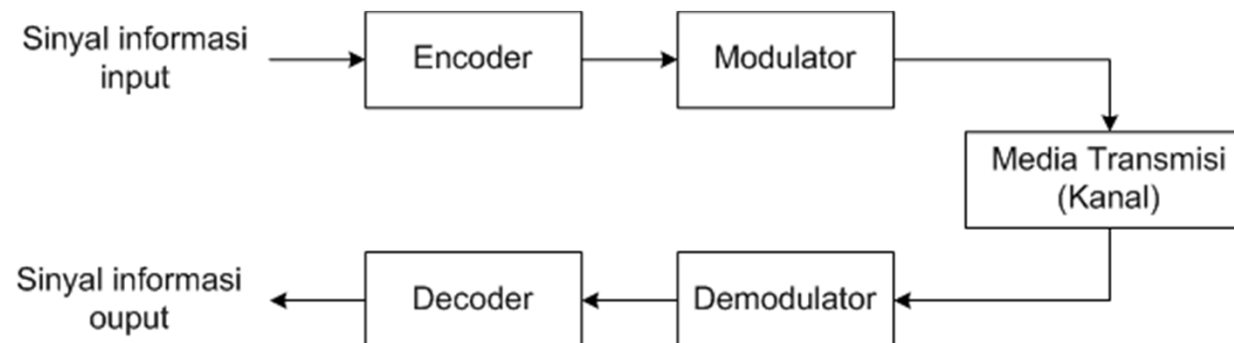
- Transmisi dilakukan dgn melibatkan proses modulasi, yaitu menumpangkan sinyal informasi pd suatu sinyal pembawa (*carrier*).
- Contoh transmisi *passband* analog:
  - Radio siaran (AM/MW/FM), Televisi
- Contoh transmisi *passband* digital:
  - Telepon seluler

# Passband Transmission (2)

- Suatu sistem transmisi passband analog

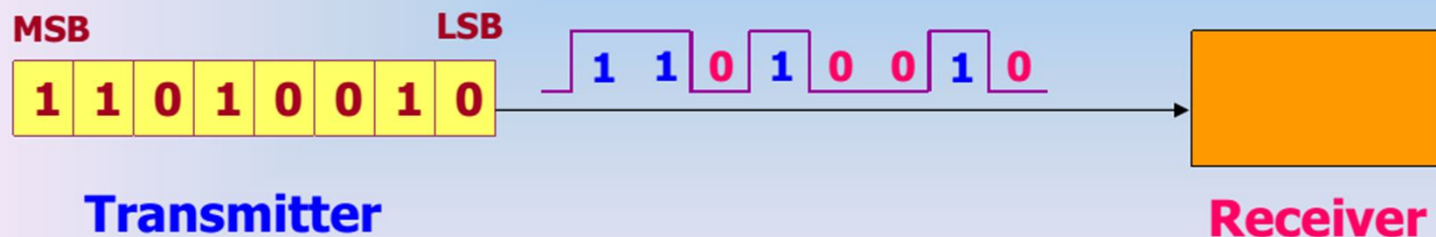


- Suatu sistem transmisi passband digital



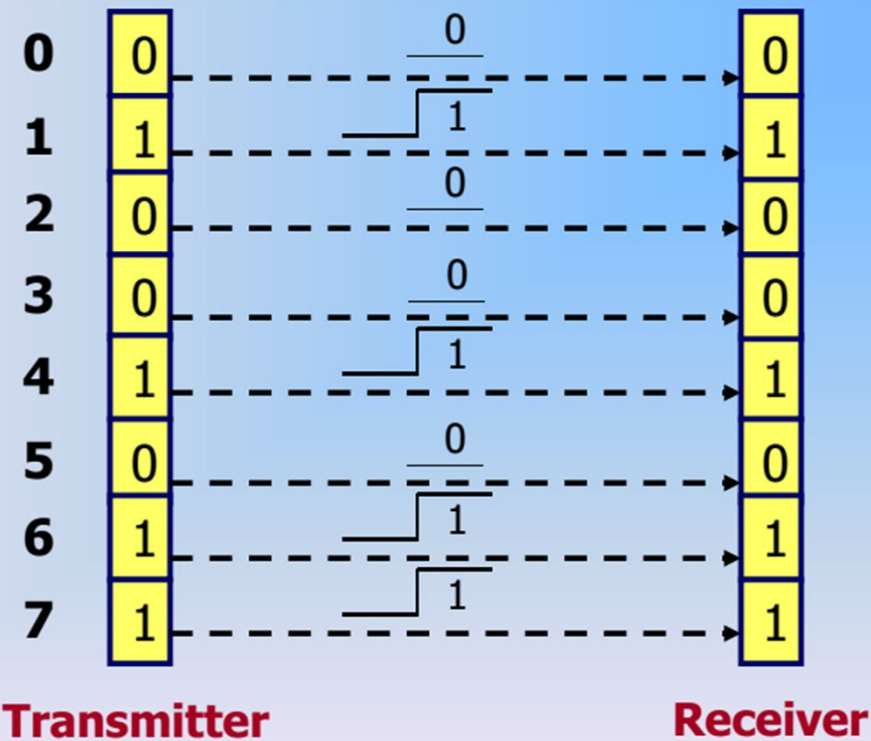
# Serial Transmission


- Bits are transmitted one after the other
- Usually the Least Significant Bit (LSB) has been transmitted first
- Serial Transmission requires only one circuit interconnecting two devices
- Suitable for Transmission over Long distance



# Parallel Transmission

- In this all the bits of a *byte* are transmitted simultaneously on separate wires.
- Practicable if two devices are close to each other e.g. Computer to Printer, Communication within the Computer





# Asynchronous vs Synchronous Transmission

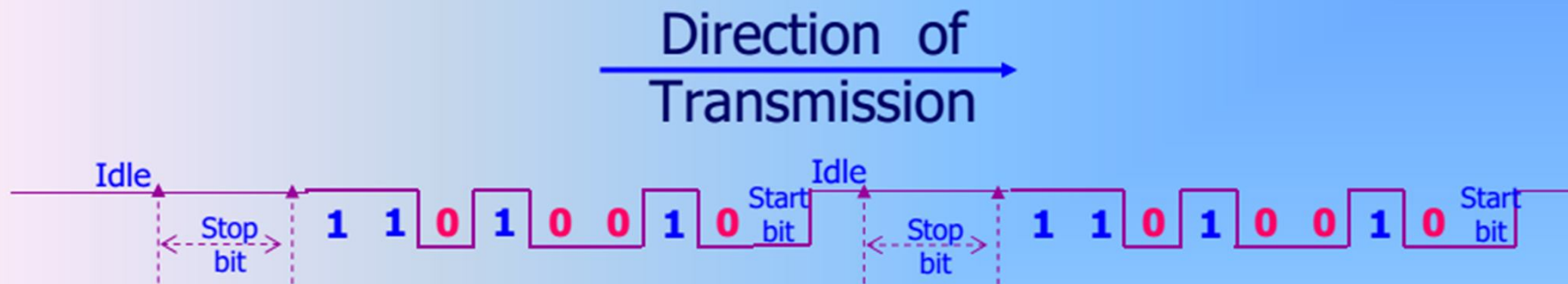
---

- Two methods for Timing control for receiving bits
  - **Asynchronous Transmission**
    - Sending end commences the Transmission of bits at any instant of time
    - No time relation between the consecutive bits
    - During idle condition Signal '1' is transmitted
    - "Start bit" before the byte and "Stop bit" at the end of the byte for Start/Stop synchronisation
  - **Synchronous Transmission**
    - is carried out under the control of the timing source
    - No Start/Stop bits
    - Continuous block of Data are encapsulated with Header & Trailer along with Flags



# Asynchronous Transmission

## Start- Stop Synchronisation



### **Note:**

**Start bit is always 1 bit duration**

**Start bit is always equal to '0'**

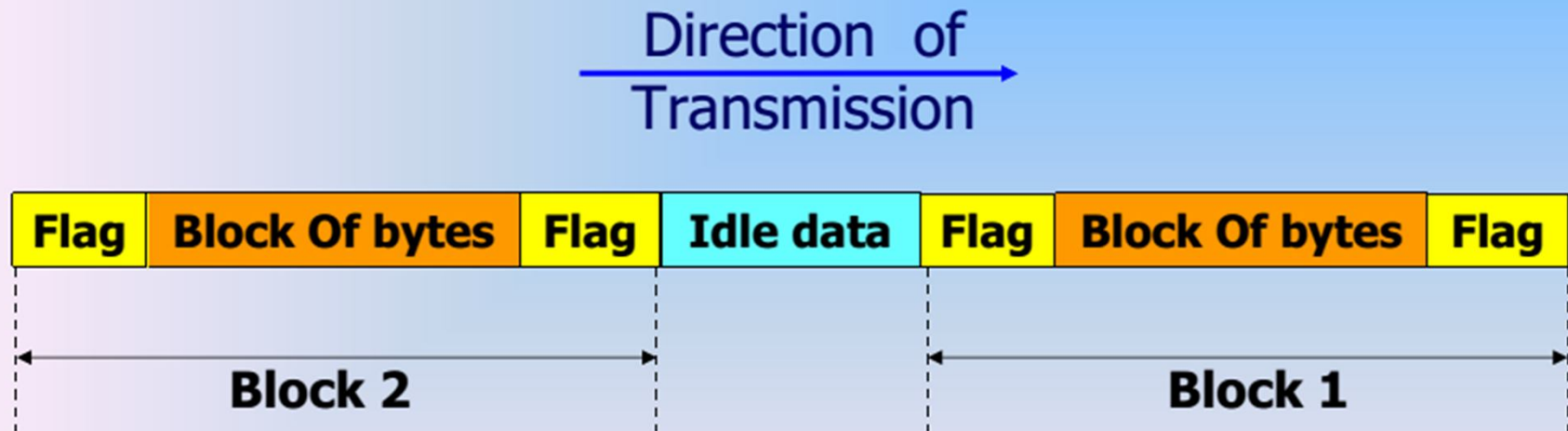
**Stop bit may be 1 or 1.5 or 2 bits duration**

**Stop bit is always equal to '1'**

**Idle period time is arbitrary (variable)**

# Synchronous Transmission

- Flag identifies the Start and End of the block
- Receiver first detects the Flag (usually a fixed pattern) and then detects the other bits/bytes in the data field
- Complete Block along with the Flags is called a *FRAME*



# Efisiensi Transmisi

---

$$\text{Efisiensi} = \frac{M}{M + C} \times 100\%$$

$$\text{Overhead} = \frac{C}{M + C} \times 100\% = \left(1 - \frac{M}{M + C}\right) \times 100\%$$

Dimana:  $M$  = Number of message bits,  $C$  = Number of control bits

**Catatan:**


**Overhead** adalah bit-bit selain bit informasi yg ditambahkan/ disisipkan utk keperluan transmisi misalnya utk sinkronisasi, koreksi/deteksi error, dll.



# Sistem Transmisi

---

- Konsep Dasar Sistem Transmisi
- Klasifikasi Sistem Transmisi
- **Derau (*Noise*)**
- Media Transmisi
- Parameter-Parameter Transmisi
- *Amplification* dan *Regeneration*
- Peralatan Transmisi dlm Jaringan



# Derau (*Noise*)

---

- **Derau (*noise*)** adlh sinyal yg tdk diinginkan tapi selalu ada dlm suatu sistem transmisi.
- Klasifikasi *noise* berdasarkan sumbernya:
  - ***Internal noise***, yaitu noise yg berasal dari dalam perangkat/peralatan komunikasi itu sendiri. Yg termasuk internal noise adalah: *thermal noise*, *intermodulation noise*, *crosstalk noise*, dan *impulse noise*.
  - ***External noise***, yaitu noise yg sumbernya berada di luar sistem. Yg termasuk eksternal noise adalah: *man-made noise*, *atmospheric noise*, dan *extraterrestrial noise*.



# Internal Noise

---

- ***Thermal noise***, berasal dari struktur gerakan acak elektron bebas pd komponen-komponen elektronik.
- ***Intermodulation noise***, disebabkan oleh ketidaklinieran dari suatu perangkat penguat.
- ***Crosstalk noise***, disebabkan oleh induksi listrik antara dua atau lebih sinyal yg mengalir dlm saluran transmisi.
- ***Impulse noise***, yg timbul secara spontan dan keberadaannya tdk kontinu.



# External Noise

---

- ***Man-made noise***, dibangkitkan oleh peralatan-peralatan lain buatan manusia, misalnya: pengapian (busi) kendaraan, motor-motor listrik, dll.
- ***Atmospheric noise***, disebabkan oleh kondisi atmosfer (awan, petir, medan magnet) yg dpt mempengaruhi kualitas penerimaan sinyal.
- ***Extraterrestrial noise***, diakibatkan oleh radiasi sinar matahari atau galaksi lain, disebut juga **cosmic noise** atau **space noise**.

# Thermal Noise

---

- ***Thermal noise*** disebut juga ***white noise***.
- Istilah noise sendiri terkadang hanya ditujukan untuk jenis noise ini.
- Besarnya daya thermal noise adlh:

$$P_N = kTB$$

- Dimana:

$P_N$  = daya noise (Watt)

$k$  = konstanta Boltzman,  $1,38 \times 10^{-23}$  (Joule/°K)

$T$  = temperatur (°K)

$B$  = leba pita frekuensi (Hz)



# Noise Figure

- Angka yg menunjukkan penguatan noise oleh perangkat penguat sinyal (amplifier).
- *Noise figure (NF)* adalah versi logaritmik dari *noise ratio (NR)*.
- Besarnya adalah:

$$NR = \frac{SNR_{input}}{SNR_{output}}$$

$$NF = 10 \bullet \log(NR)$$

atau

$$NF = SNR_{input,dB} - SNR_{output,dB}$$



# Sistem Transmisi

---

- Konsep Dasar Sistem Transmisi
- Klasifikasi Sistem Transmisi
- Noise (Derau)
- **Media (Medium) Transmisi**
- Parameter-Parameter Transmisi
- *Amplification dan Regeneration*
- Peralatan Transmisi dlm Jaringan

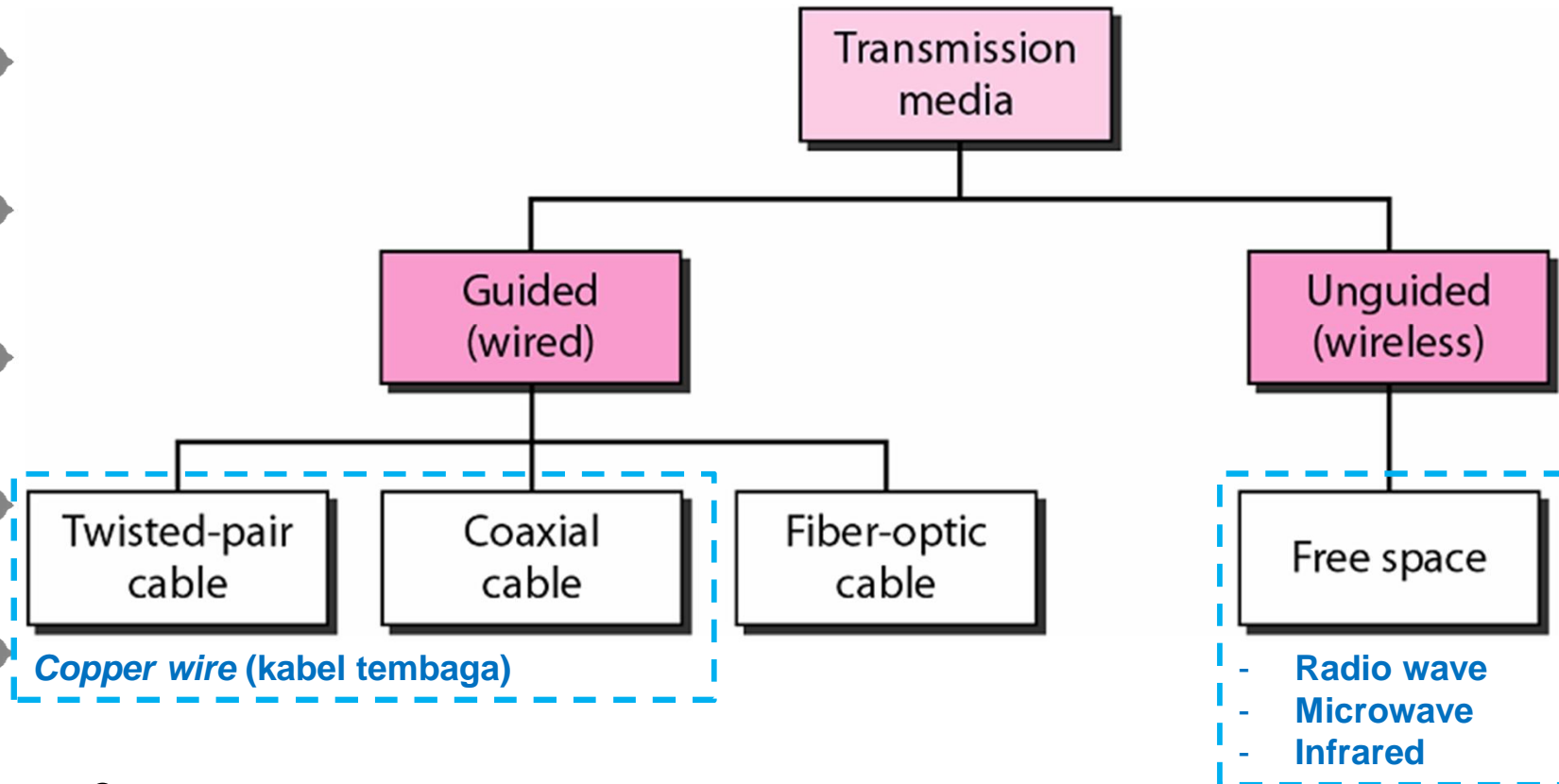


# Media Transmisi

---

- Kabel Tembaga
  - Kabel pasangan-terpilin (*twisted-pair*)
  - Kabel *coaxial*
- Kabel Serat Optik
- Kanal Radio
- Cahaya Infra Merah

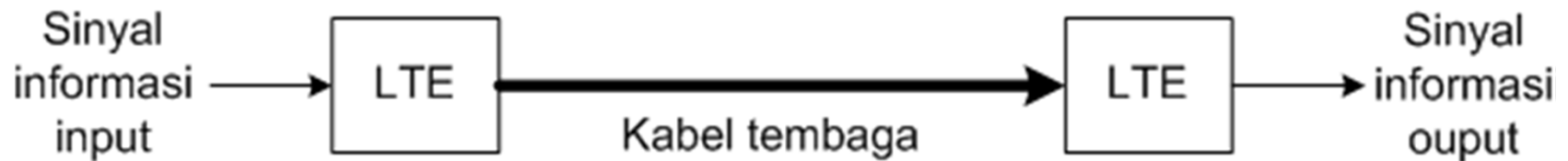
# Media Transmisi (2)



**Catatan:**

- Tidak ada batas yg tegas antara *radio wave* dgn *microwave*, bahkan ada yg mengelompokkan *microwave* ke dalam *radio wave*. Secara umum *microwave* ditujukan utk frekuensi yg lbh tinggi.
- Transmisi satelit termasuk ke dalam komunikasi *microwave*.

# Kabel Tembaga



- Sistem transmisi menggunakan kabel tembaga ataupun kabel optik sebagai medium transmisi disebut juga **sistem transmisi saluran (*line transmission system*)**.
- Perangkat pokok pd sisi transmitter maupun receiver adlh ***line terminating equipment (LTE)***, yg berfungsi utk mengubah sinyal informasi menjadi sinyal elektrik dgn bentuk dan kode-kode tertentu sehingga sinyal tersebut mempunyai sifat-sifat yg cocok utk disalurkan melalui saluran (kabel).

# Kabel Tembaga (2)

- Merupakan media transmisi paling tua dan paling umum.
- Kelebihannya adlh instalasinya mudah, praktis, & murah.
- Kekurangan utamanya adlh redaman yg tinggi dan sensitif thdp interferensi elektrik.
- Redaman pd kabel tembaga bertambah sebanding frekuensi, kira-kira sesuai formula berikut:

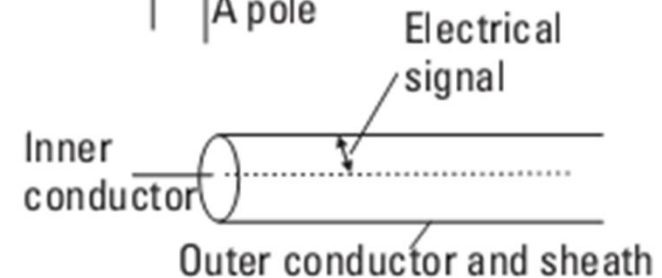
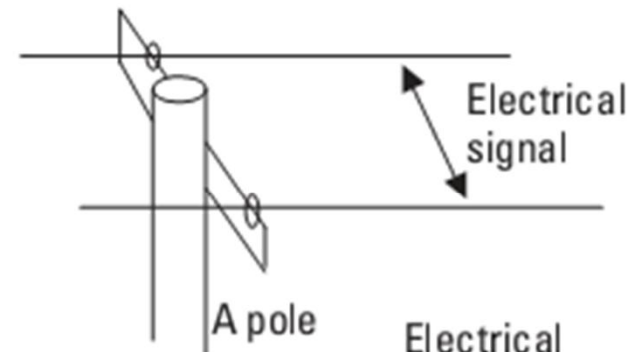
$$A_{\text{dB}} = k\sqrt{f} \quad \text{dB}$$

dimana  $A_{\text{dB}}$  adlh redaman dlm dB,  $f$  adlh frekuensi, dan  $k$  adlh konstanta (spesifik utk setiap kabel).

- Sbg contoh, redaman suatu kabel adlh 6 dB pd frekuensi 250 kHz, lalu redaman pd 1 MHz (frekuensi 4x lbh tinggi) adlh 12 dB.

# Tiga jenis kabel tembaga

- Twisted pair:** Examples of usage: Subscriber loops; telephone, ISDN; and ADSL and twisted pair LANs
- Open-wire lines:** Telephone subscriber loops in rural areas; low capacity telephone FDM carrier systems
- Coaxial cable:** Analog and digital high capacity systems in the telecommunications networks; broadcast radio and TV antenna systems; coaxial LANs



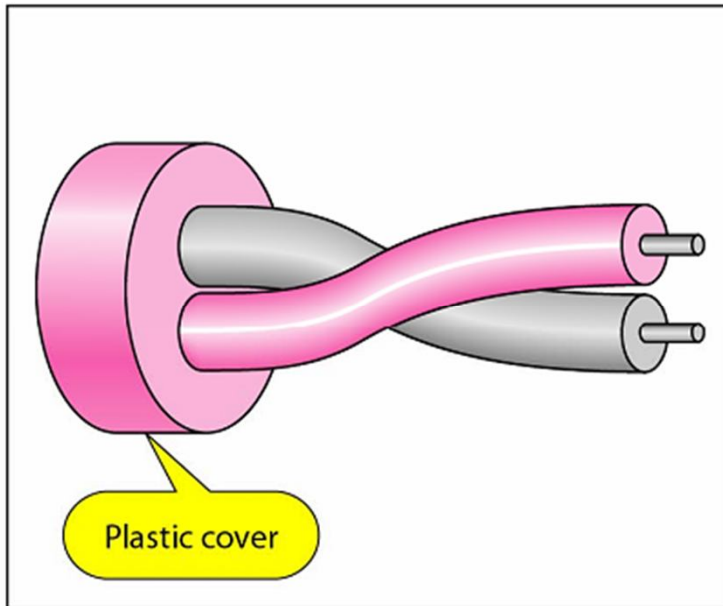
## Catatan:

*Open-wire lines* sudah jarang digunakan, sehingga dlm beberapa literatur terbaru tidak dibahas lagi.

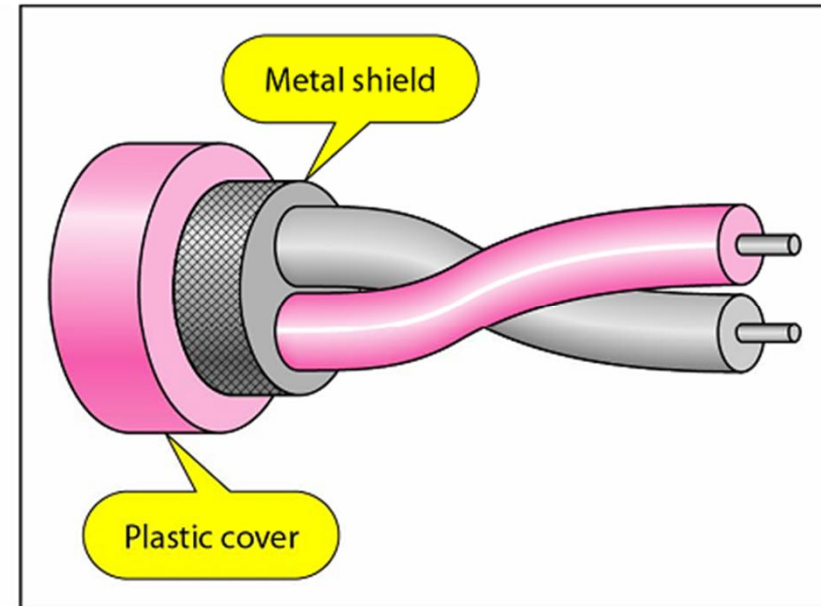
# Kabel UTP dan STP

---

a). *Unshielded twisted pair (UTP)*



b). *Shielded twisted pair (STP)*

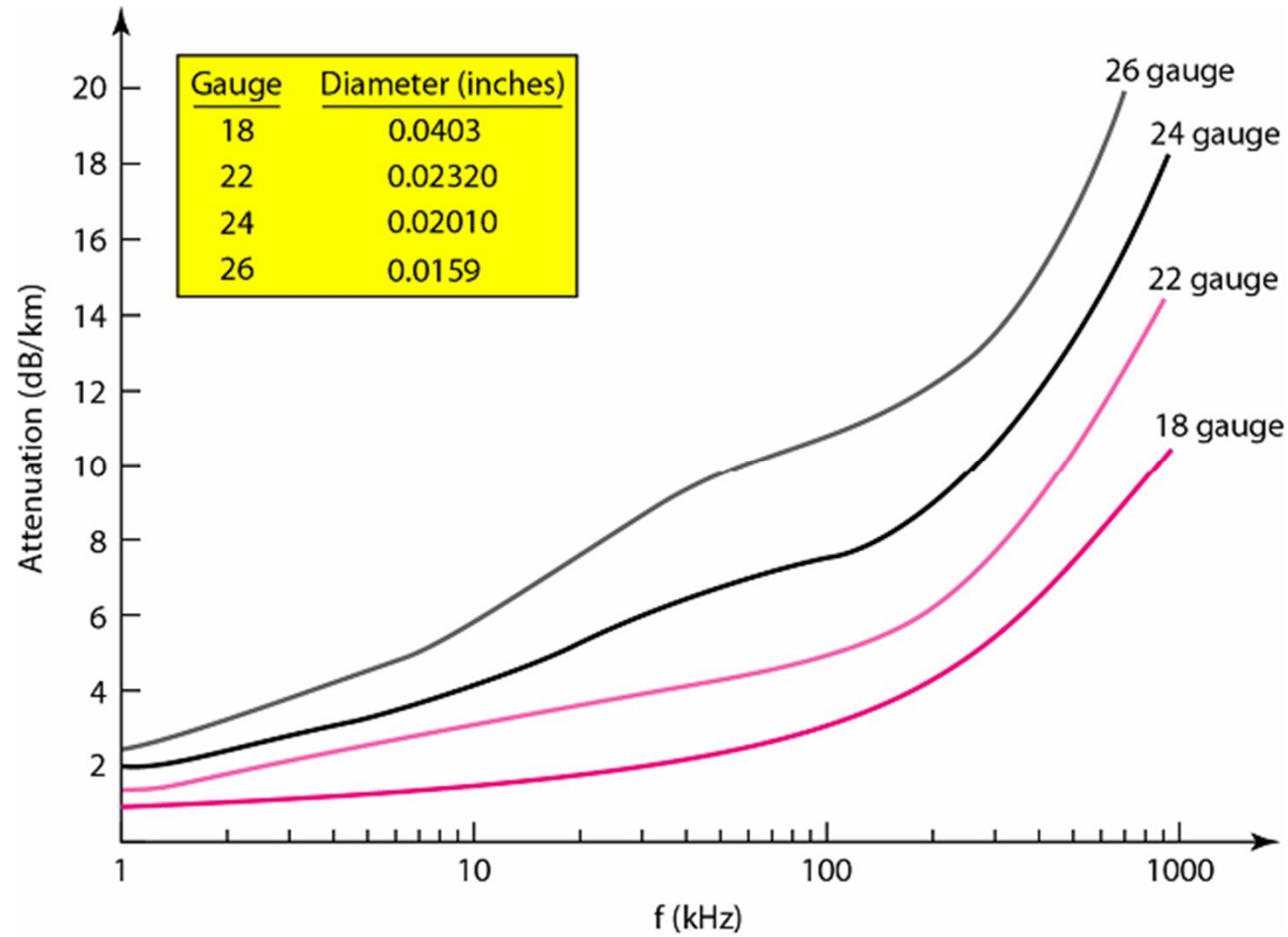




# Kategori Kabel UTP

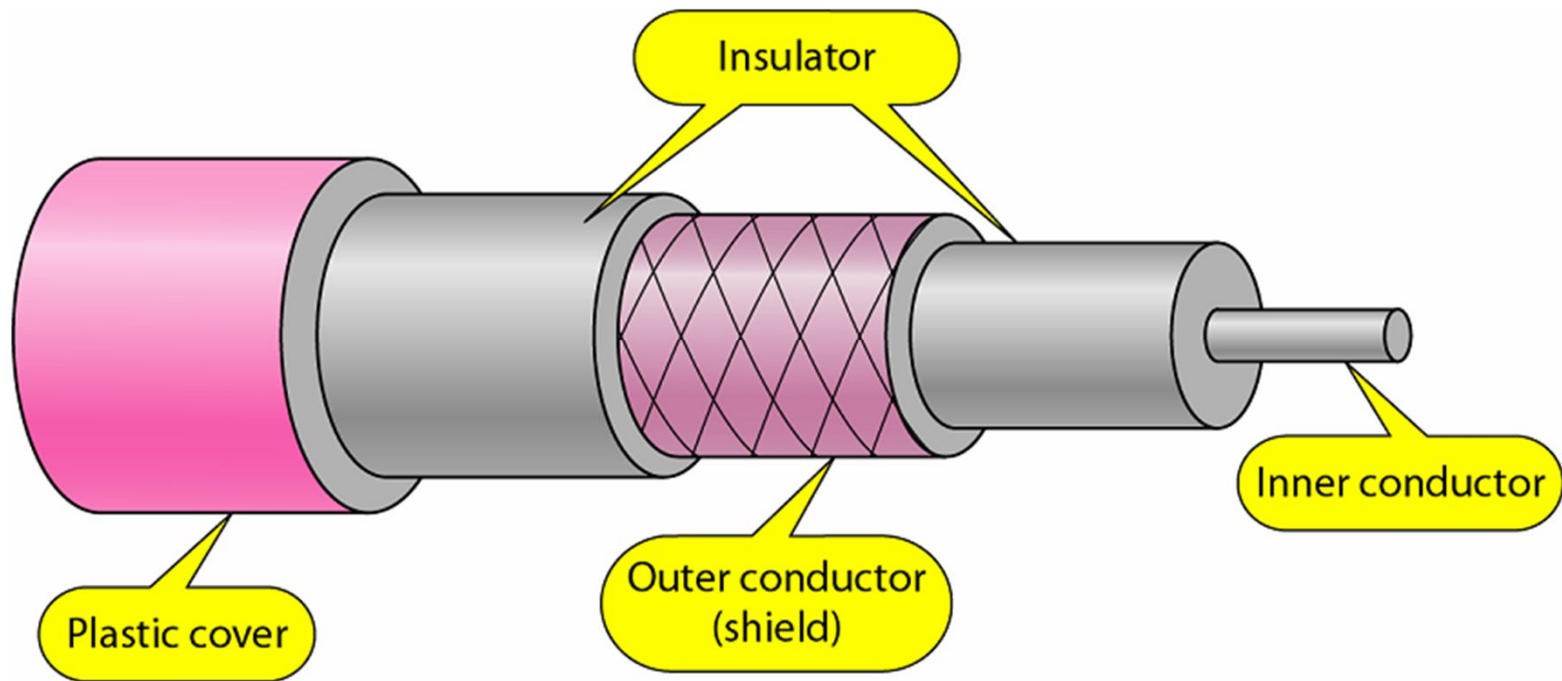
<i>Category</i>	<i>Specification</i>	<i>Data Rate (Mbps)</i>	<i>Use</i>
1	Unshielded twisted-pair used in telephone	< 0.1	Telephone
2	Unshielded twisted-pair originally used in T-lines	2	T-1 lines
3	Improved CAT 2 used in LANs	10	LANs
4	Improved CAT 3 used in Token Ring networks	20	LANs
5	Cable wire is normally 24 AWG with a jacket and outside sheath	100	LANs
5E	An extension to category 5 that includes extra features to minimize the crosstalk and electromagnetic interference	125	LANs
6	A new category with matched components coming from the same manufacturer. The cable must be tested at a 200-Mbps data rate.	200	LANs
7	Sometimes called SSTP (shielded screen twisted-pair). Each pair is individually wrapped in a helical metallic foil followed by a metallic foil shield in addition to the outside sheath. The shield decreases the effect of crosstalk and increases the data rate.	600	LANs

# Redaman Kabel UTP

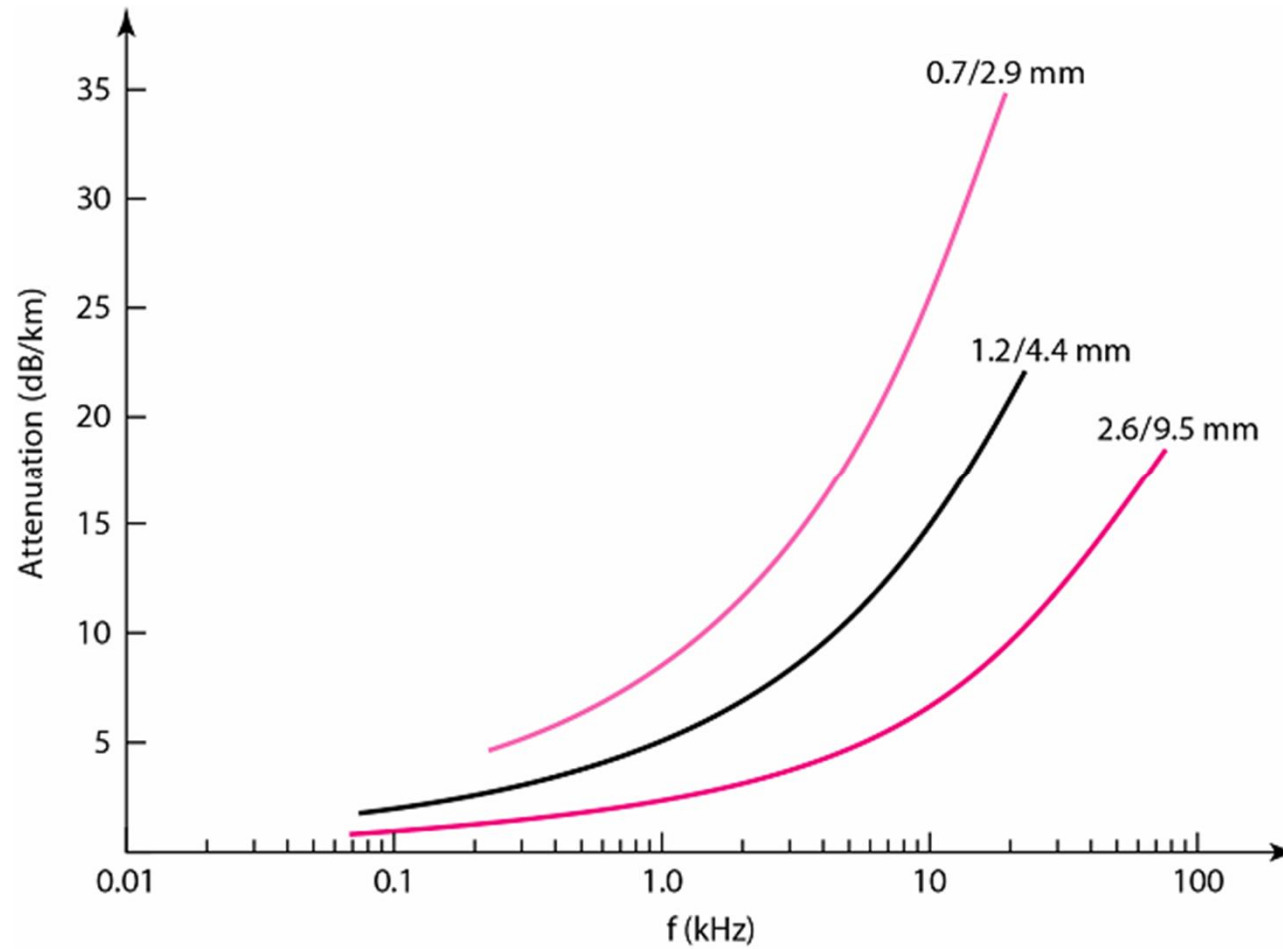


# Kabel Coaxial

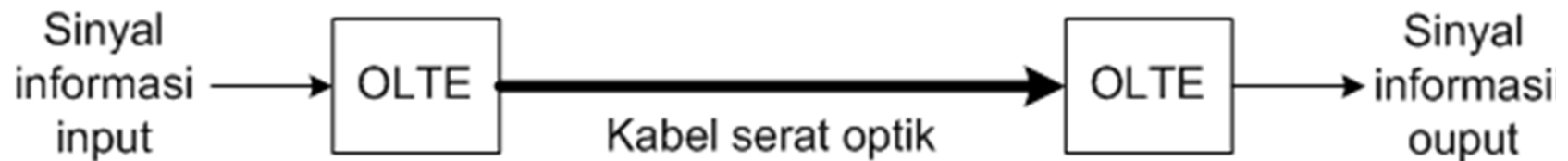
---



# Redaman Kabel Coaxial



# Kabel Serat Optik



- Sistem transmisi menggunakan kabel serat optik sebagai medium transmisi termasuk ke dalam **sistem transmisi saluran**.
- Perangkat pokok pd sisi *transmitter* maupun *receiver* adlh ***optical line terminating equipment (OLTE)***, yg berfungsi utk mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik (cahaya) dan sebaliknya.



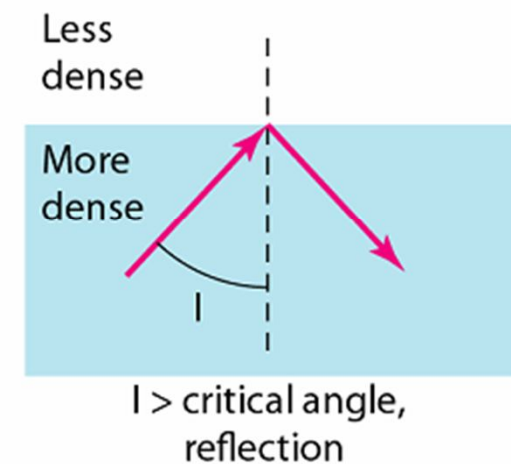
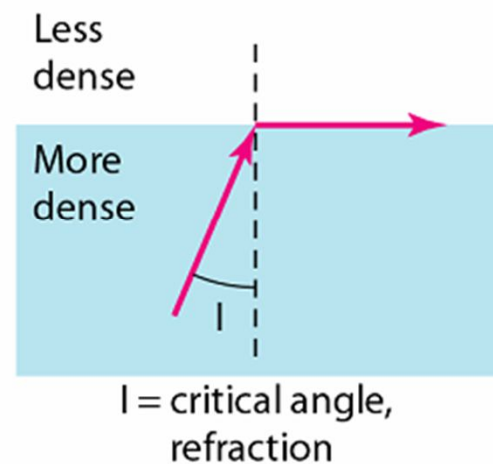
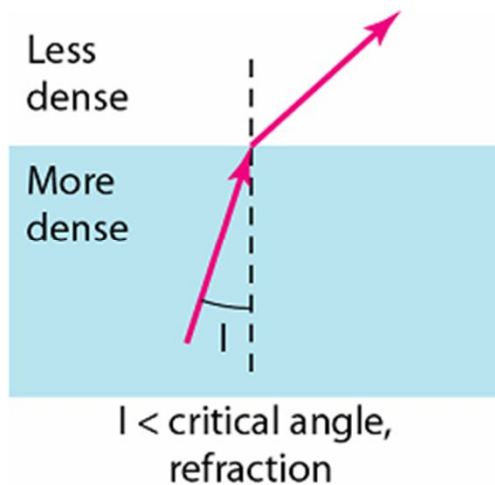
# Kabel Serat Optik (2)

---

- Merupakan media transmisi paling modern.
- Bandwidth lebih lebar, redaman rendah, dan lbh imun thdp interferensi elektrik eksternal.
- Digunakan pd sebagian besar transmisi jarak-jauh.
- Suatu serat optik terdiri dari dua bagian yg keduanya terbuat dari serat kaca atau plastik. Bagian dalam disebut *core* yg berdiameter sekitar 8–60  $\mu\text{m}$  (bandingkan dgn diameter rambut manusia yaitu kira-kira 100  $\mu\text{m}$ ), sdgkn bagian luar disebut *cladding* yg berdiameter 125  $\mu\text{m}$ . Lalu dibungkus dgn lapisan pengaman yg disebut *jacket*.

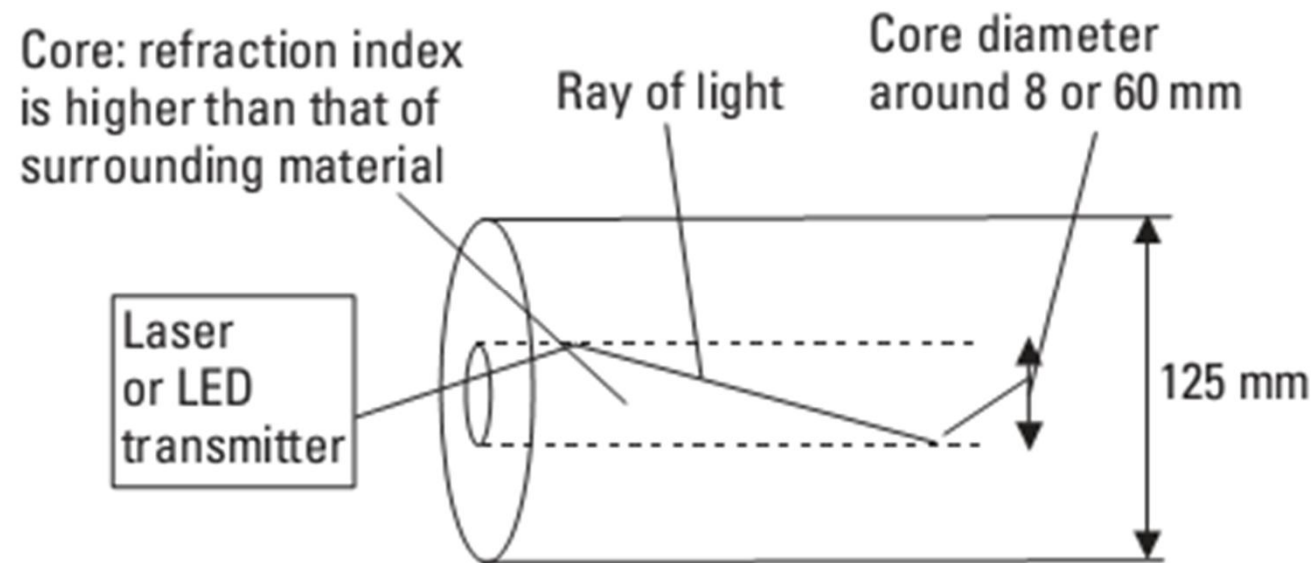
# Pembiasan dan Pemantulan

- Cahaya akan membias (*refraction*) atau akan memantul (*reflection*) apabila melintas dari medium yg indeks bias-nya lbh tinggi ke medium yg indeks bias-nya lbh rendah.



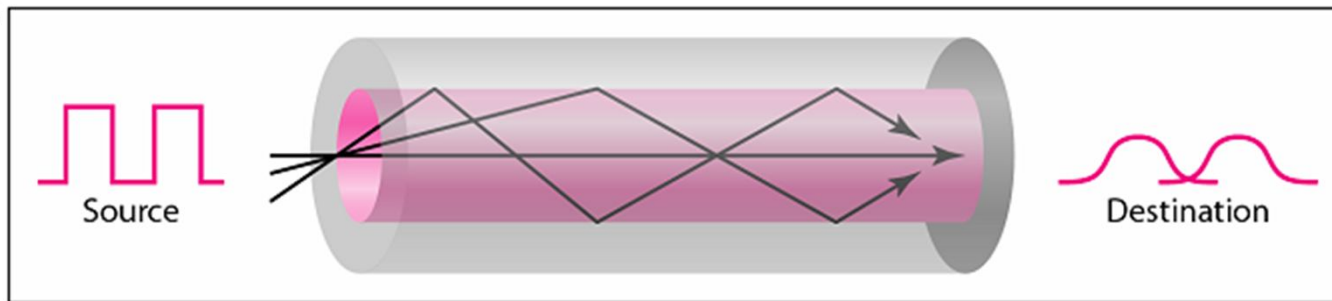
# Aliran Cahaya dlm Kabel Serat Optik

---

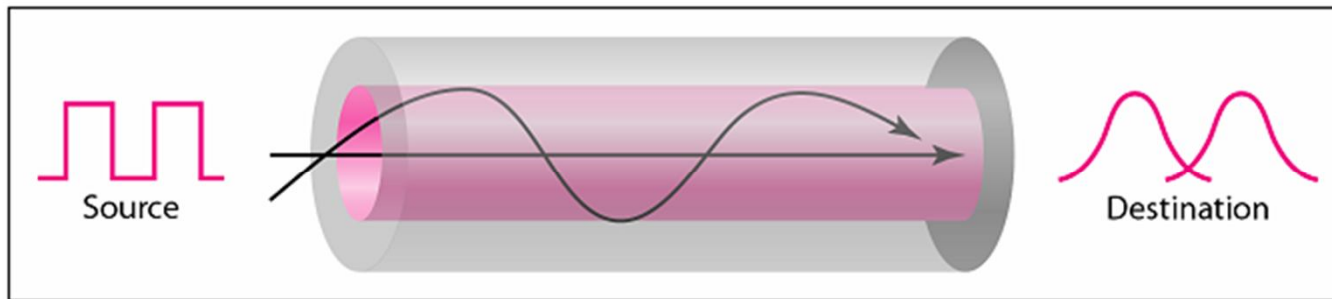




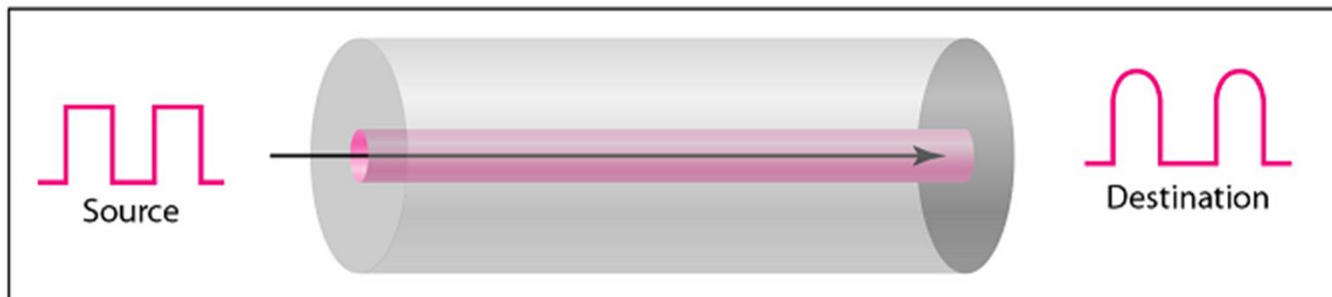
# Tiga jenis kabel serat optik



a. Multimode, step index

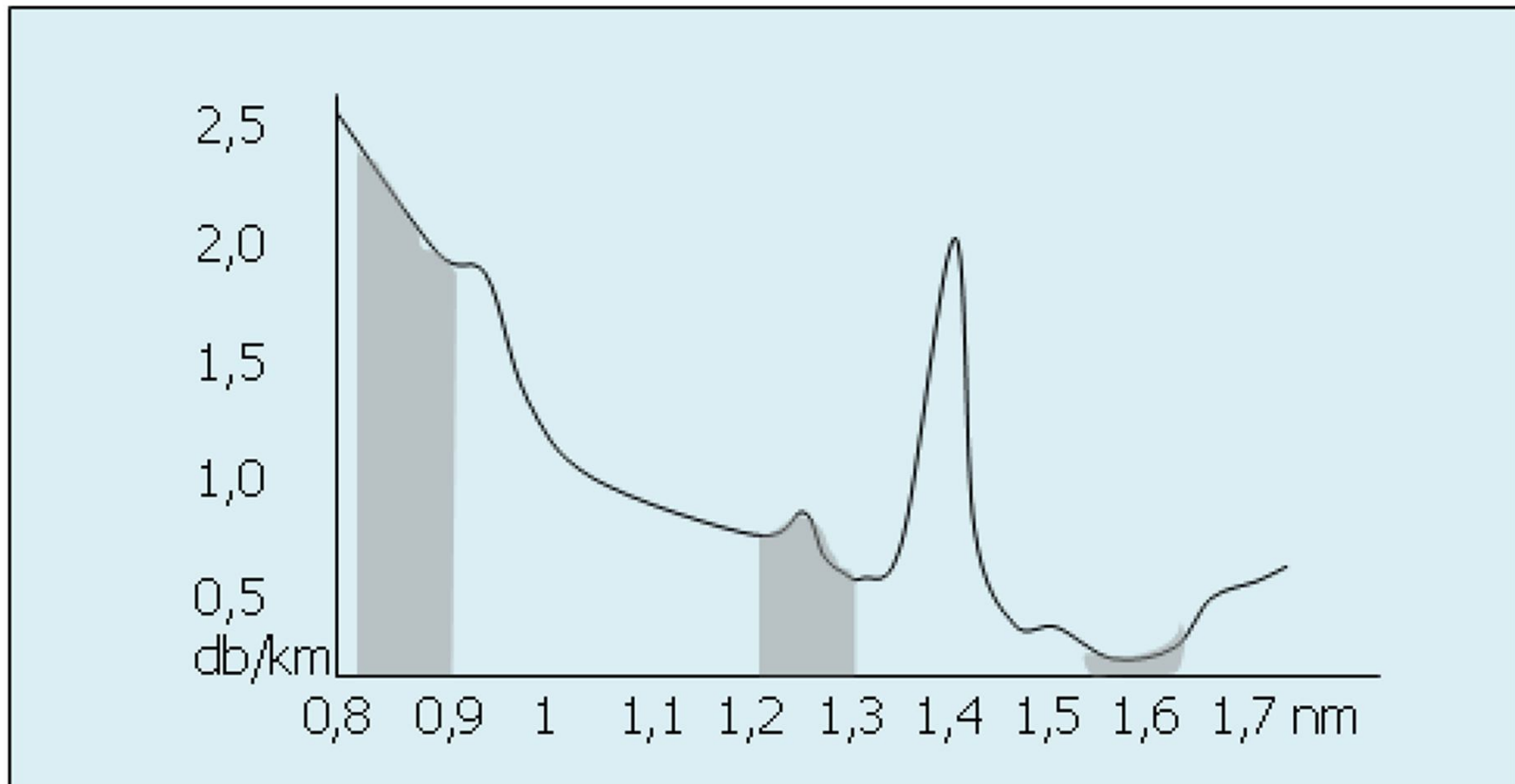


b. Multimode, graded index



c. Single mode

# Redaman Kabel Serat Optik





# Keuntungan serat optik

---

- High transmission capacity: Optical fibers have a very large bandwidth and they are able to carry very high data rates, up to 50 Gbps.
- Low cost: The cost of the fiber has decreased to the level of a twisted-pair cable; however, the coating and shielding of the cable increase the cost by a factor of two or more.
- Tolerance against external interference: Electromagnetic disturbances have no influence on the light signal inside the fiber.
- Small size and low weight: Fiber material weighs little and the fiber diameter is only of the order of a hundred micrometers instead of a millimeter or more for copper wire.
- Unlimited material resource: Quartz used in glass fibers is one of the most common materials on Earth.
- Low attenuation: Attenuation in modern fibers is less than half a decibel per kilometer and it is independent of the data rate.

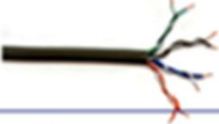




# Kekurangan serat optik

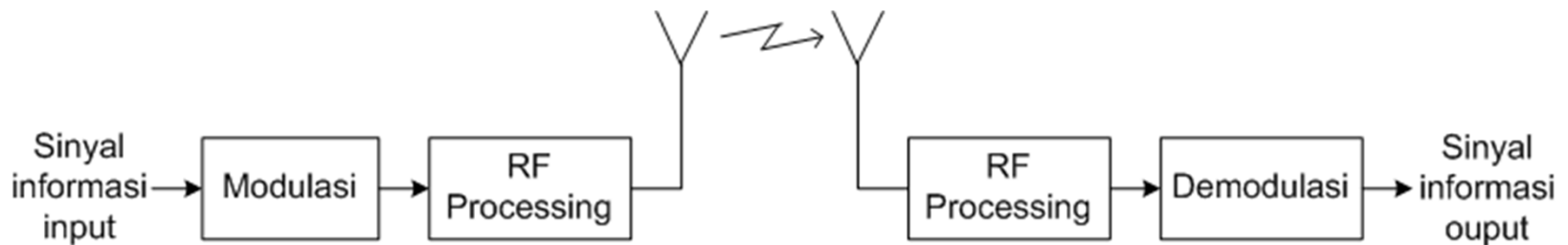
---

- They are more difficult to install than copper cables. Installation and maintenance, for example, repair of a broken fiber, require special equipment and well-trained personnel.
- The radiation of light from a broken fiber may cause damage to the human eye.

# Perbandingan Berbagai Kabel dan Infrared

Twisted-Pair	Coaxial	Fiber-Optic	Infrared Light
			
Low Cost	Moderate Cost	High Cost	Moderate Cost
Best for short distances (330 ft.)	Moderate Distance (3300 ft. – thin) (8250 ft. – thick)	Long Distances (14,256 ft.)	Short distance (75 ft.)
Easy to Install	Professional Installation	Professional Installation	Easy to Install
Low Security	Average Security	High Security	Low Security
Low resistance to interference	Moderate resistance to interference	Very high resistance to interference	Very high resistance to interference

# Transmisi Radio



- Pada sisi pemancar (*transmitter*) dilakukan **modulasi** yaitu menumpangkan sinyal informasi pd gelombang pembawa atau frekuensi carrier. Umumnya output modulator adalah berupa sinyal *intermediate frequency (IF)*. Selanjutnya, **RF processing** adalah pengubahan sinyal IF menjadi *radio frequency (RF)* dan juga penguatan sinyal sehingga diperoleh daya sinyal yg sesuai kebutuhan saat dipancarkan.
- Pada sisi penerima (*receiver*), **RF processing** adalah penguatan sinyal yg diterima dan pengubahan kembali sinyal RF menjadi sinyal IF. Adapun **demodulasi** adalah mengambil kembali sinyal informasi dari sinyal carrier termodulasi (kebalikan dari modulasi).



# Transmisi Radio (2)

---

- Keuntungan paling penting dari transmisi radio dibandingkan transmisi kabel adlh tdk perlunya media fisik.
- Instalasinya cepat dan biaya investasinya lbh rendah.
- Faktor penting yg membatasi penggunaan transmisi radio adlh kekurangan/keterbatasan pita frekuensi.
- *Examples of other systems using radio waves are public cellular systems, professional mobile radio systems, cordless telephones, broadcast radio and TV, microwave relay systems, satellite communications, radar, and WLANs.*



# Propagation modes

---

- **Ground wave:** The radio wave follows the surface of the Earth, and thus communication over the horizon is possible.
- **Skywave:** The radio wave is reflected from the ionosphere back to Earth. The wave is reflected back from the Earth's surface and back to the Earth again making long-distance communication possible. The communication quality is not stable because the characteristics of the ionosphere vary with time.
- **Line of sight:** The radio wave propagates along the straight line from the transmitter to the receiver. A general requirement for good performance is that the receiving antenna be visible from the transmitter. The radio frequencies above 100 MHz that propagate in line-of-sight mode are used in most modern communication systems.





# Propagation modes (2)

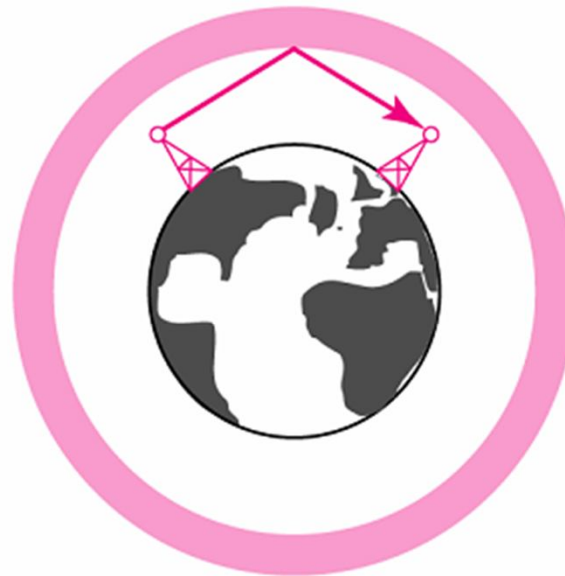
---

Ionosphere



Ground propagation  
(below 2 MHz)

Ionosphere



Sky propagation  
(2–30 MHz)

Ionosphere



Line-of-sight propagation  
(above 30 MHz)



# Free-Space Loss

- Redaman ruang-bebas (*free-space loss*) adalah redaman yg dialami gelombang radio ketika berpropagasi di udara dlm kondisi ruang bebas tanpa penghalang.
- Besarnya adalah

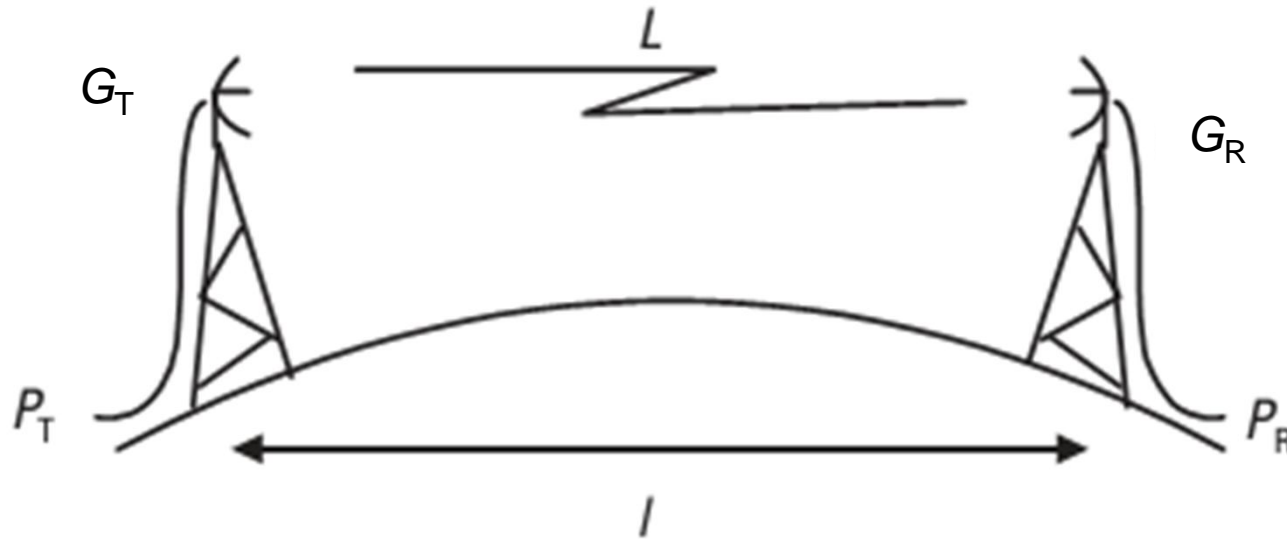
$$L = \frac{P_T}{P_R} = \left( \frac{4\pi l}{\lambda} \right)^2 = \left( \frac{4\pi f l}{c} \right)^2$$

Dimana:  $L$  adlh free-space loss,  $P_T$  adlh daya pancar,  $P_R$  adlh daya terima,  $l$  adlh jarak,  $\lambda$  adlh panjang gelombang carrier,  $f$  adlh frekuensi carrier, dan  $c$  adlh kecepatan cahaya.

- Jika dalam satuan dB, maka besarnya adalah

$$L_{dB} = 92.4 + 20 \log_{10} f_{GHz} + 20 \log_{10} l_{km} \text{ dB}$$

# Power Link Budget



$$P_R = \frac{G_T G_R}{L} P_T ; \quad L_{Tot} = \frac{P_T}{P_R} = \frac{L}{G_T G_R}$$

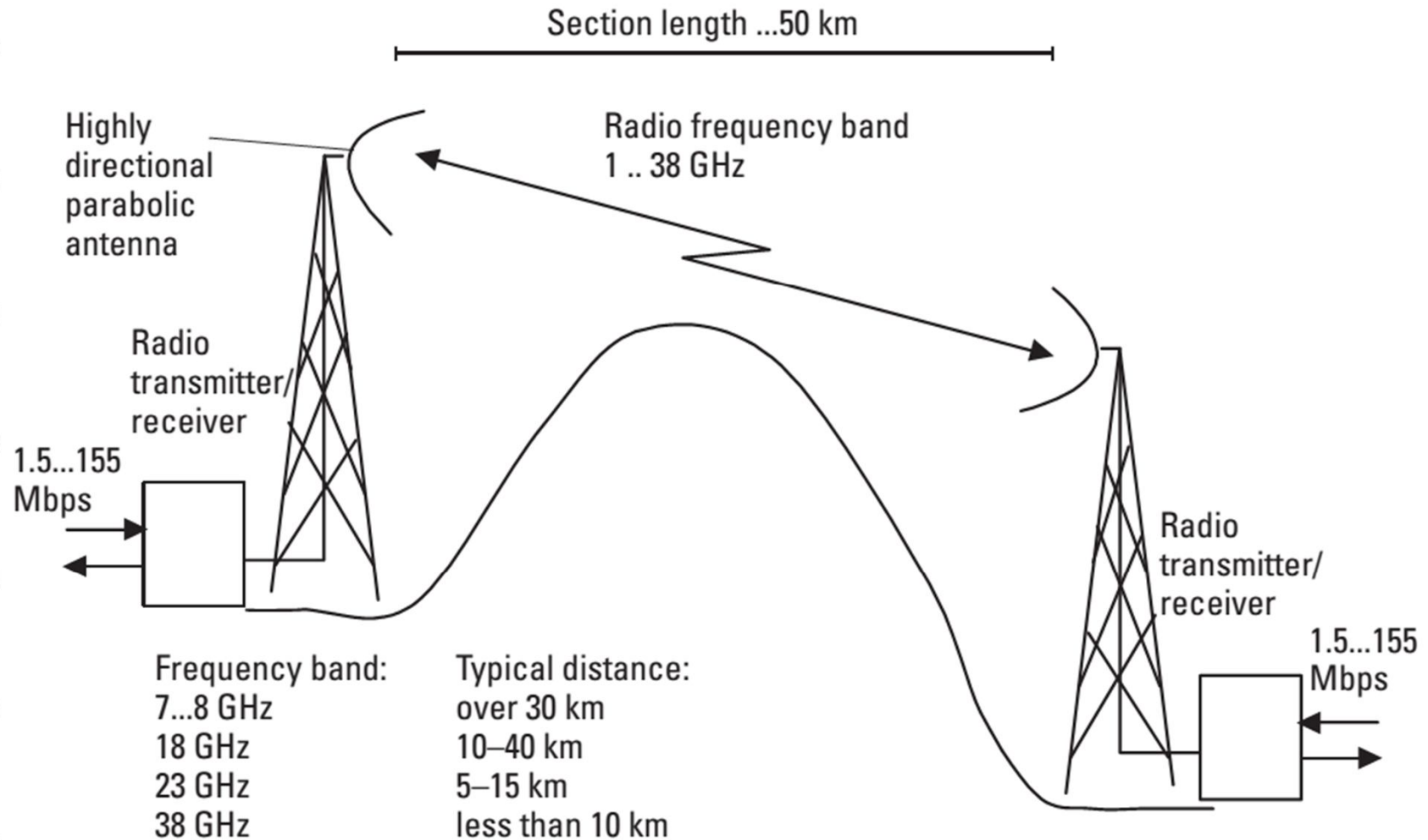
$$P_{R,dBm} = P_{T,dBm} + G_{T,dBi} + G_{R,dBi} - L_{dB}$$

$$L_{Tot,dB} = L_{dB} - G_{T,dBi} - G_{R,dBi}$$

Dimana:

$G_T$  adlh penguatan antena pengirim,  $G_R$  adlh penguatan antena penerima. 51

# Microwave Relay Systems



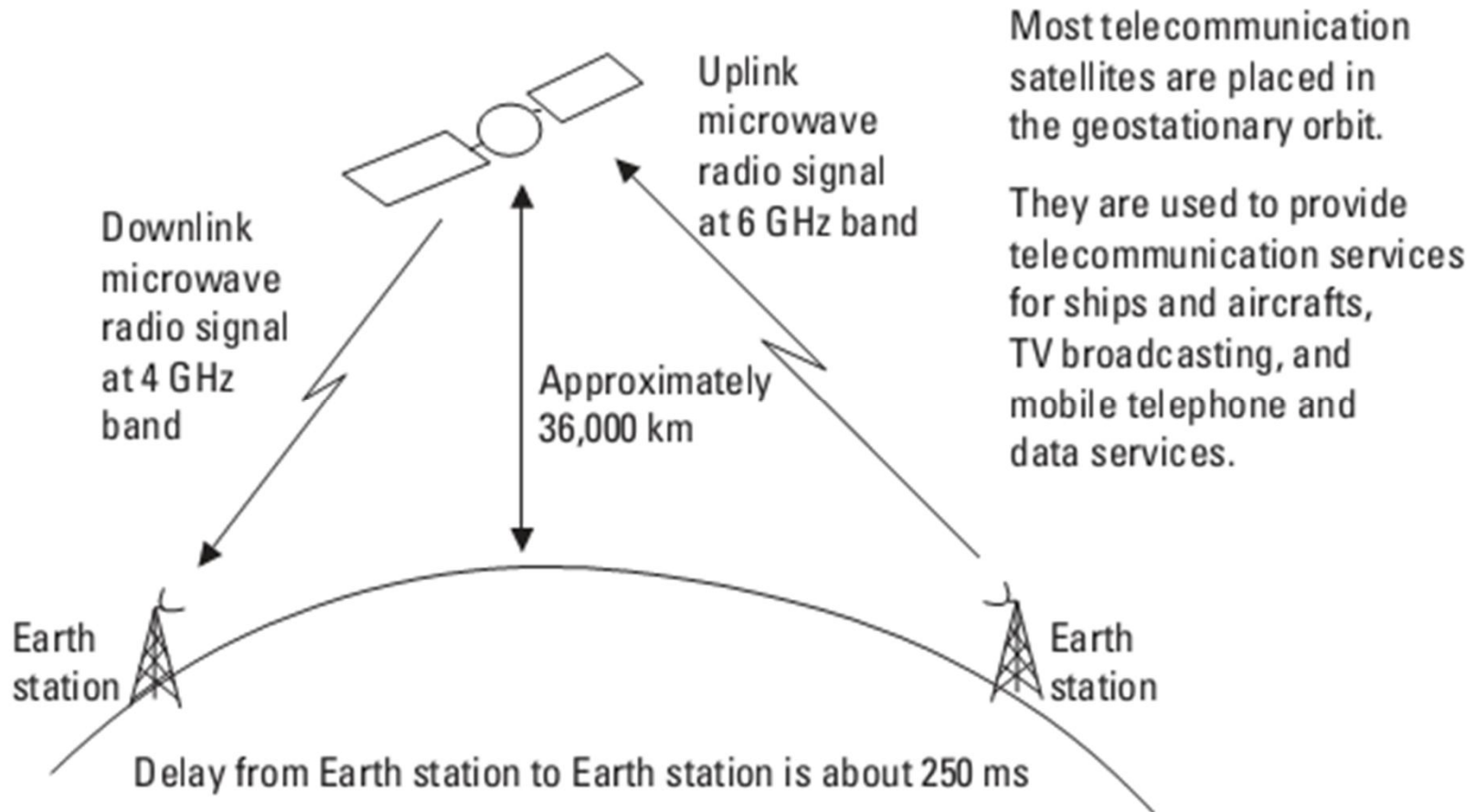


# Transmisi Satelit

---

- Pada komunikasi satelit, repeater gelombang mikro (*microwave repeater*) ditempatkan di satelit.
- Stasiun bumi (*earth station*) memancarkan sinyal ke satelit pd suatu pita frekuensi, dan satelit membangkitkan ulang (*regenerates*) dan memancarkan kembali sinyal tsb pd pita frekuensi berbeda.
- Frekuensi yg dialokasikan ITU utk komunikasi satelit adlh range frekuensi 1 sampai 30 GHz.

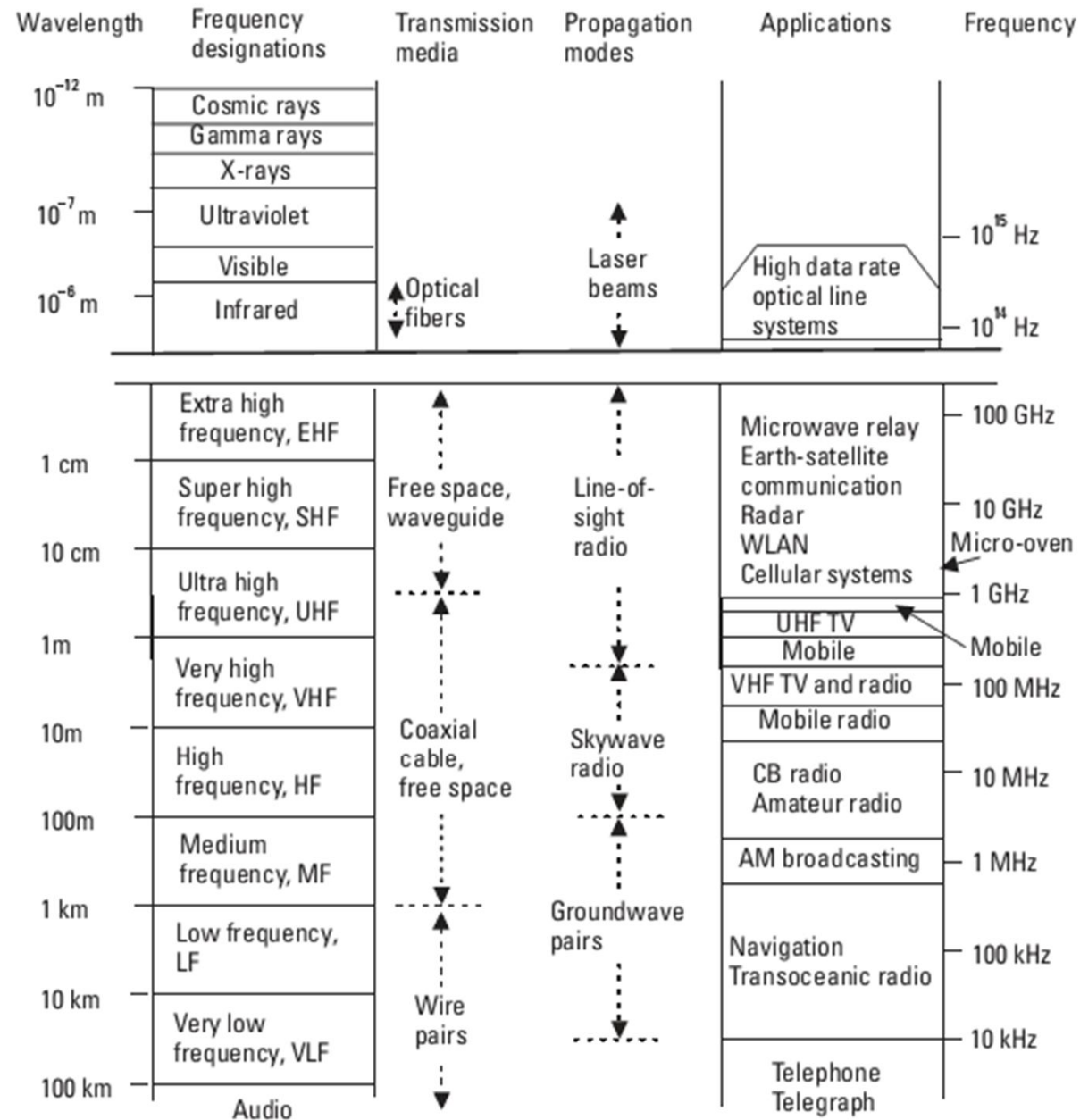
# Transmisi Satelit (2)



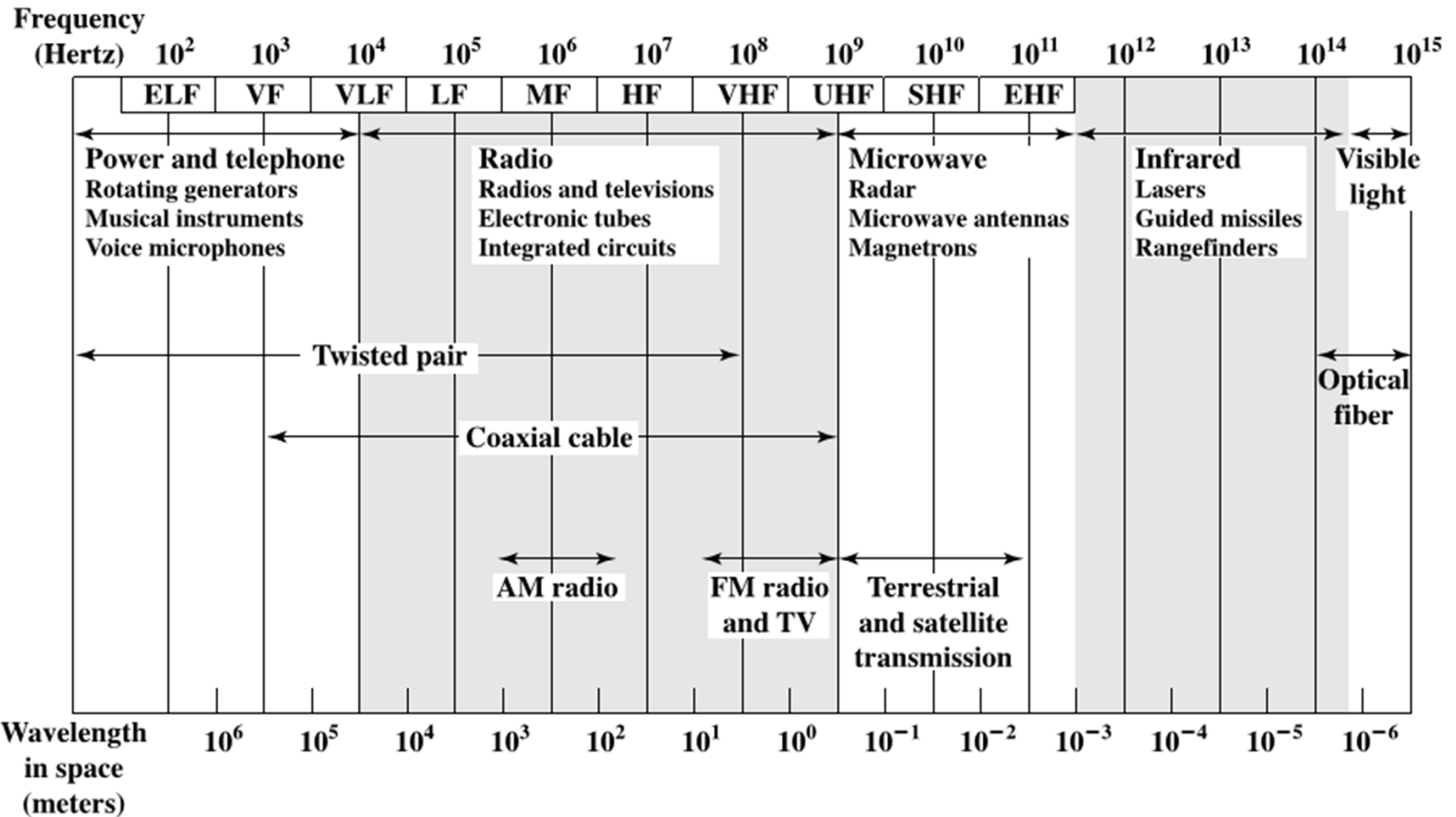
Most telecommunication satellites are placed in the geostationary orbit.

They are used to provide telecommunication services for ships and aircrafts, TV broadcasting, and mobile telephone and data services.

# Alokasi spektrum gelombang elektromagnetik



# Alokasi spektrum gelombang elektromagnetik



ELF = Extremely low frequency  
 VF = Voice frequency  
 VLF = Very low frequency  
 LF = Low frequency

MF = Medium frequency  
 HF = High frequency  
 VHF = Very high frequency

UHF = Ultrahigh frequency  
 SHF = Superhigh frequency  
 EHF = Extremely high frequency





# Sistem Transmisi

---

- Konsep Dasar Sistem Transmisi
- Klasifikasi Sistem Transmisi
- Noise
- Media Transmisi
- **Parameter-Parameter Transmisi**
- Amplification dan Regeneration
- Peralatan Transmisi dlm Jaringan



# Parameter-Parameter Transmisi

---

- Daya (*Power*)
- Penguatan (*Gain*)
- Redaman (*Loss* atau *Attenuation*)
- Lebar Pita Frekuensi (*Bandwidth*)
- Derau (*Noise*)
- *Signal to Noise Rasio* (S/N atau SNR)
- Interferensi
- Gema (*Echo*)
- Kecepatan Bit atau Laju Bit (*Bit Rate*)
- Laju Data (*Data Rate*)
- *Error Rate* atau Kecepatan Kesalahan Bit (*Bit Error Rate*, disingkat BER)
- Pergeseran Pulsa (*Jitter*)



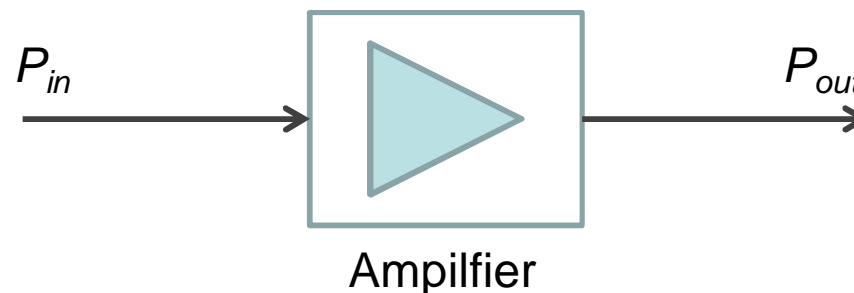
---

- **Daya (*Power*)**

- Yaitu suatu besaran sinyal yg dihasilkan oleh suatu perangkat.
- Satuannya: Watt, dpt juga satuan dBW dan dBm.
- Rumus:  $P = V \times I$  atau  $P = V^2/R$  atau  $P = I^2 \times R$

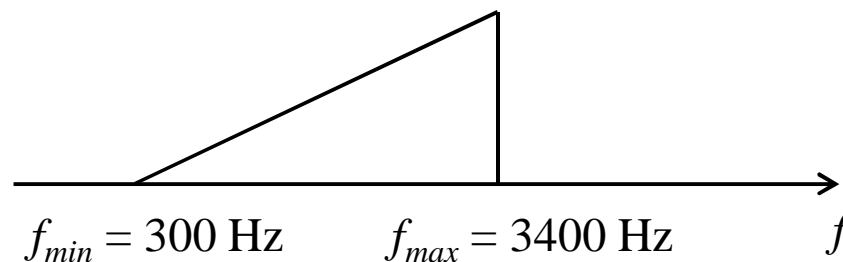
- **Penguatan (*Gain*)**

- Yaitu suatu besaran perbandingan daya keluaran terhadap daya masukan dari suatu perangkat penguat (amplifier).
- Pada dasarnya tdk ada satuan, tapi biasa dinyatakan dalam dB.
- Rumus:  $G = P_{out}/P_{in}$  dan  $G_{dB} = 10 \log G$   
atau  $G_{dB} = P_{out,dBW} - P_{in,dBW}$  atau  $G_{dB} = P_{out,dBm} - P_{in,dBm}$





- **Redaman (*Loss* atau *Attenuation*)**
  - Yaitu suatu besaran perbandingan daya masukan terhadap daya keluaran dari perangkat (medium transmisi).
  - Pada dasarnya tdk ada satuan, tapi biasa dinyatakan dalam dB.
  - Rumus:  $L = P_{in}/P_{out}$  dan  $L_{dB} = 10 \log L$   
atau  $L_{dB} = P_{in,dBW} - P_{out,dBW}$  atau  $L_{dB} = P_{in,dBm} - P_{out,dBm}$
- **Lebar Pita Frekuensi (*Bandwidth*)**
  - Yaitu lebar dari spektrum frekuensi yg diduduki oleh suatu sinyal.
  - Satuannya: Hertz (Hz).
  - Rumus:  $BW = f_{max} - f_{min}$
  - Contohnya bandwidth kanal suara (voice) adalah 3100 Hz



$$\begin{aligned} BW &= f_{max} - f_{min} \\ &= 3400 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz} \\ &= 3100 \text{ Hz} \end{aligned}$$



- 
- **Signal to Noise Ratio (S/N atau SNR)**
    - Yaitu suatu besaran perbandingan daya sinyal terhadap daya noise pada suatu titik pengukuran.
    - Merupakan ukuran dari baik buruknya kualitas sinyal yg diterima.
    - Pada dasarnya tdk ada satuan, tapi biasa dinyatakan dalam dB.
    - Rumus:  $SNR = P_S/P_N$  dan  $SNR_{dB} = 10 \log (P_S/P_N)$
  - **Interferensi**
    - Yaitu gangguan yg terjadi disebabkan adanya dua atau lebih sinyal yg frekuensinya sama atau berdekatan.
  - **Gema (*Echo*)**
    - Yaitu sinyal yg ditimbulkan karena ketidakcocokan antara impedansi saluran dua kawat dgn saluran empat kawat sehingga menimbulkan refleksi sinyal/suara yg diterima kembali oleh pengirim dgn disertai delay.



- 
- **Kecepatan Bit (*Bit Rate*)**
    - Yaitu suatu ukuran kecepatan (laju) pengiriman bit-bit sinyal digital
    - Satuannya adlh **bit per detik** atau **bit per sekon (bps)**.
  - **Kecepatan Kesalahan Bit (*Bit Error Rate*)**
    - Yaitu laju kesalahan bit yg terjadi pd pengiriman bit-bit sinyal digital.
    - Merupakan ukuran kualitas penerima sinyal digital.
    - Biasa disingkat dgn **BER**.
    - Disebut juga dgn **Error Rate**.
    - Misalnya  $BER = 2 \times 10^{-6}$  artinya rata-rata dalam 1.000.000 bit yg dikirimkan terdapat 2 bit yg salah.
  - **Pergeseran Pulsa (*Jitter*)**
    - Yaitu bergesernya letak atau posisi pulsa dari kedudukan semula/seharusnya.
    - Besar pergeserannya dinamakan amplitudo jitter, satuannya adlh **unit per interval (ui)**.
    - Adapun kekerapan pergeserannya dinamakan frekuensi jitter, satuannya **Hz**.



# Persyaratan Transmisi (1)

---

- Utk **transmisi digital**, sinyal analog (seperti suara) harus dikodekan dlm bentuk digital dan selanjutnya ditransmisikan melalui jaringan sbg barisan bit (sama seperti transmisi file-file komputer).
- **Teknologi jaringan** memiliki dua jalur pengembangan utama:
  - Jalur utk layanan suara (*circuit-switched*)
  - Jalur utk layanan data (*packet-switched*)



# Persyaratan Transmisi (2)

---

- **Jaringan telepon dan ISDN** dikembangkan utk komunikasi suara (*voice*) bersifat *constant-bit-rate*, yg cocok utk transmisi suara (*speech transmission*).
- **Jaringan data** (seperti LAN dan internet) dikembangkan utk transmisi data yg bersifat *bursty*.
- **Persyaratan transmisi** sgt tergantung pd aplikasinya. Persyaratan transmisi sbb:
  - *Data Rate or Bandwidth Requirement*
  - *Data Loss Tolerance*
  - *Fixed Delay Tolerance*
  - *Variable Delay Tolerance*
  - *Peak Information Rate*



# Persyaratan Transmisi (3)

**Table 3.1**  
Communication Requirements of Different Applications

<b>Transmission Characteristics</b>	<b>Voice</b>	<b>Video</b>	<b>File Transfer</b>	<b>Interactive Media</b>
Bandwith requirement	Low, fixed	Very high, fixed	High, variable	High, variable
Data loss tolerance	Tolerant	Tolerant	Nontolerant	Tolerant or nontolerant
Fixed delay tolerance	Low delay	Tolerant	Tolerant	Low delay
Variable delay tolerance	No	No	Tolerant	No
Peak information rate	Fixed	Fixed	High	Very high



# Sistem Transmisi

---

- Konsep Dasar Sistem Transmisi
- Klasifikasi Sistem Transmisi
- Noise
- Media Transmisi
- Parameter-Parameter Transmisi
- *Amplification dan Regeneration*
- Peralatan Transmisi dlm Jaringan



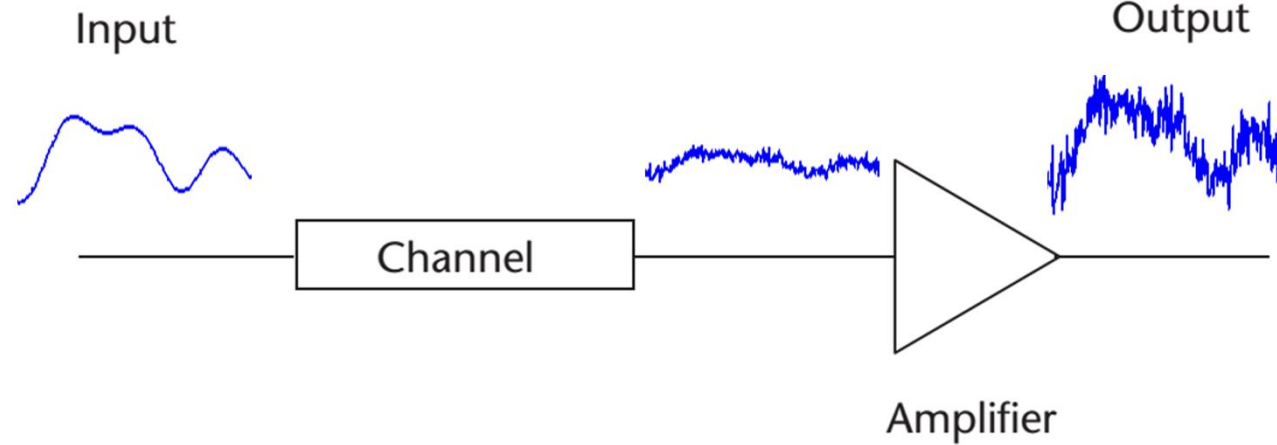
# Amplification vs Regeneration

---

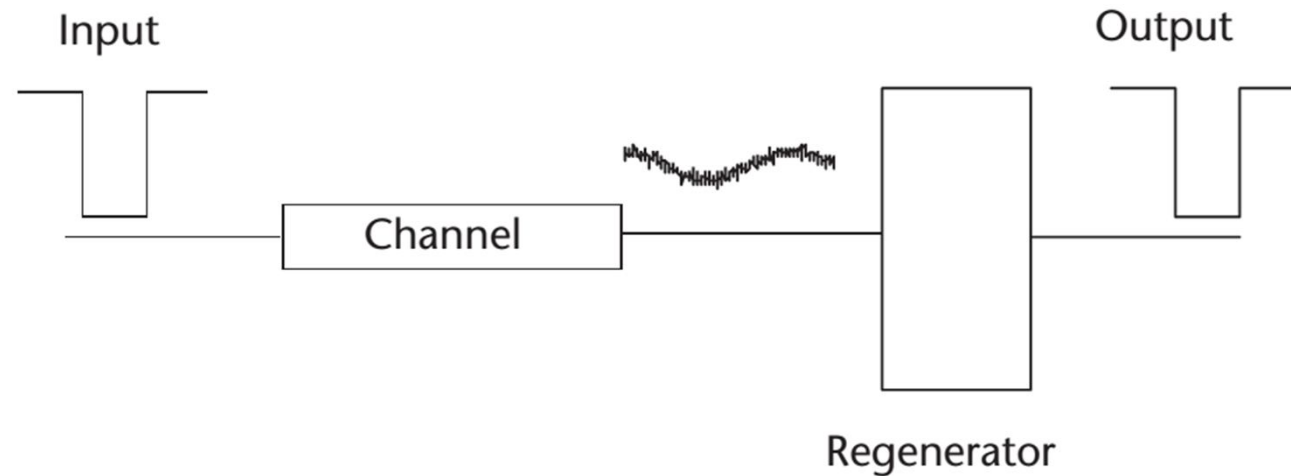
- Pd transmisi jarak jauh, sinyal yg ditransmisikan akan mengalami redaman, shg diperlukan *amplifier* atau *repeater*.
- Pd komunikasi analog, *amplifier* bekerja memperkuat sinyal yg terkandung *noise*, shg S/N akan menurun sebanding dgn bertambahnya jarak.
- Pd komunikasi digital, *repeater* bersifat regeneratif (*regenerative repeater*) atau disebut juga *regenerator*.

# Amplification vs Regeneration (2)

**Analog**

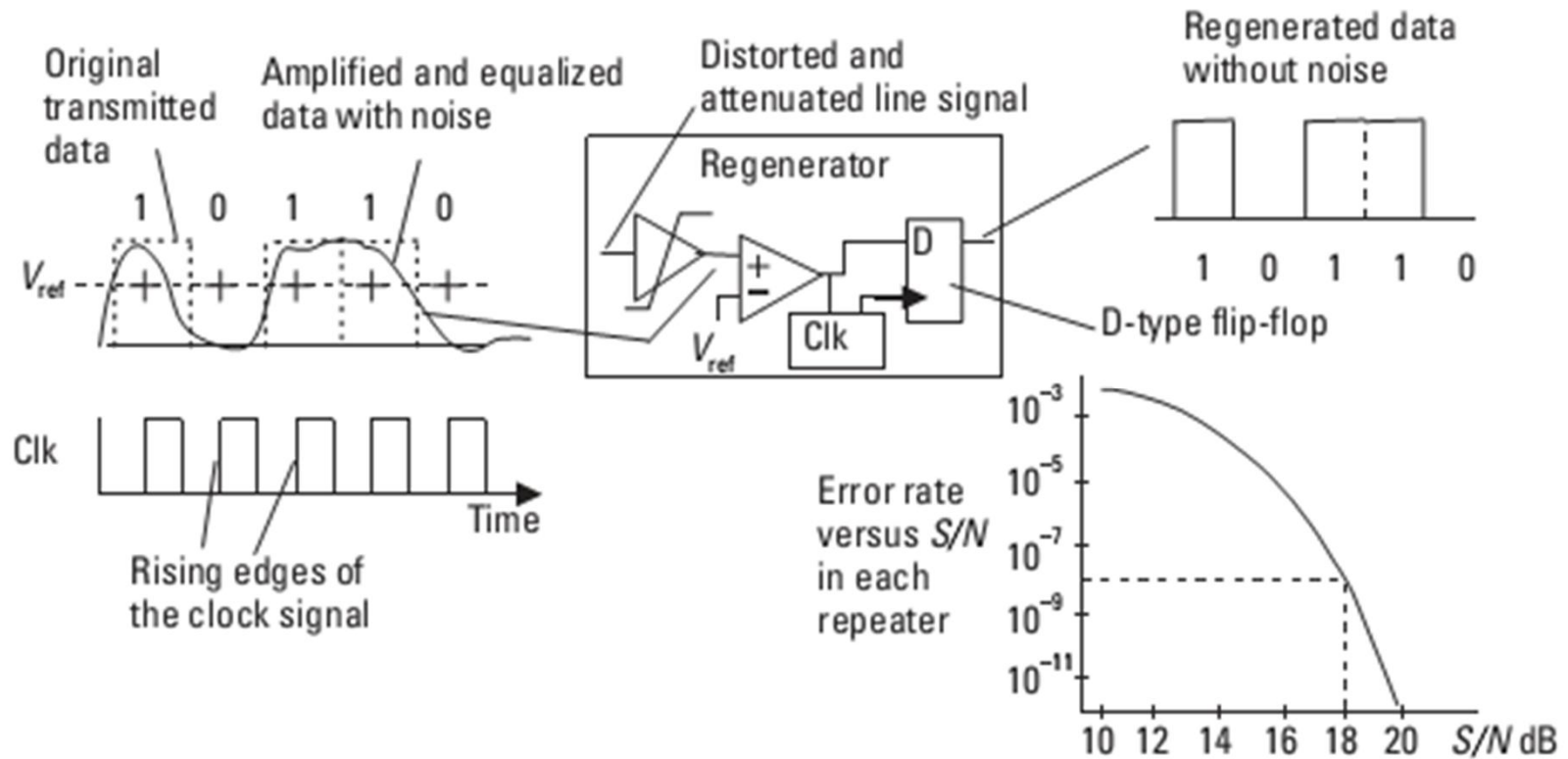


**Digital**



Amplifier (analog) versus Regenerator (digital)

# Prinsip kerja Regenerator



# Waktu rata-rata antar error

**Table 4.2**

Examples of Error Rates and Mean Times Between Errors for a 64-Kbps Channel

<b>S/N (dB)</b>	<b>Error Rate</b>	<b>Mean Time Between Errors</b>
10.3	$10^{-2}$	1.5 ms
14.4	$10^{-4}$	150 ms
16.6	$10^{-6}$	15 seconds
18	$10^{-8}$	26 minutes
19	$10^{-10}$	2 days
20	$10^{-12}$	6 months
21	$10^{-14}$	50 years



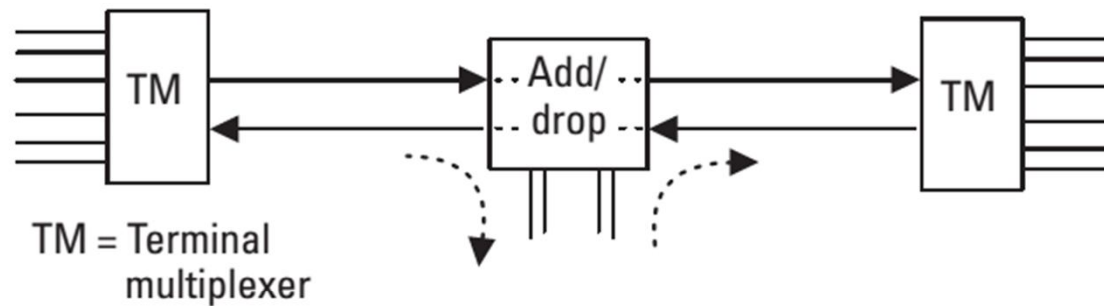
# Sistem Transmisi

---

- Konsep Dasar Sistem Transmisi
- Klasifikasi Sistem Transmisi
- Noise
- Media Transmisi
- Parameter-Parameter Transmisi
- Amplification dan Regeneration
- **Peralatan Transmisi dlm Jaringan**

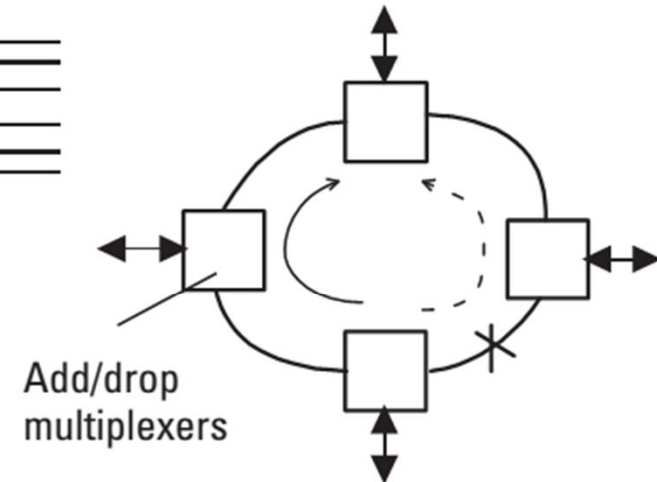
# Beberapa peralatan transmisi dlm jaringan

Chain configuration of a transmission system

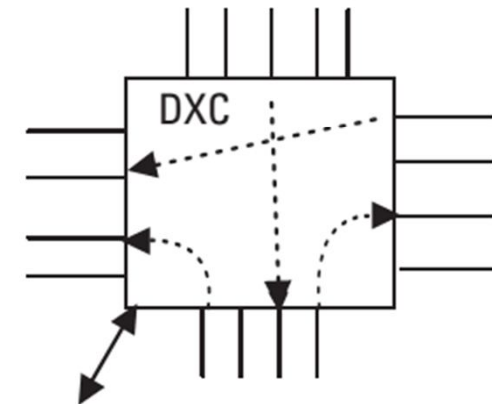


- Modems convert digital signal into an analog form.
- Multiplexers combine lower rate data signals into a higher rate aggregate signal.
- Add/drop multiplexers add or drop out digital tributary signals to/from the aggregate data stream.
- Digital cross-connect equipment switch data streams from one time slot to another or from one port to another.
- Repeaters amplify and regenerate signals on the line.
- Optical line systems terminate optical fibers and convert a signal from electrical to optical and vice versa.
- Microwave radio systems convert digital data into high frequency radio signals.

Ring topology



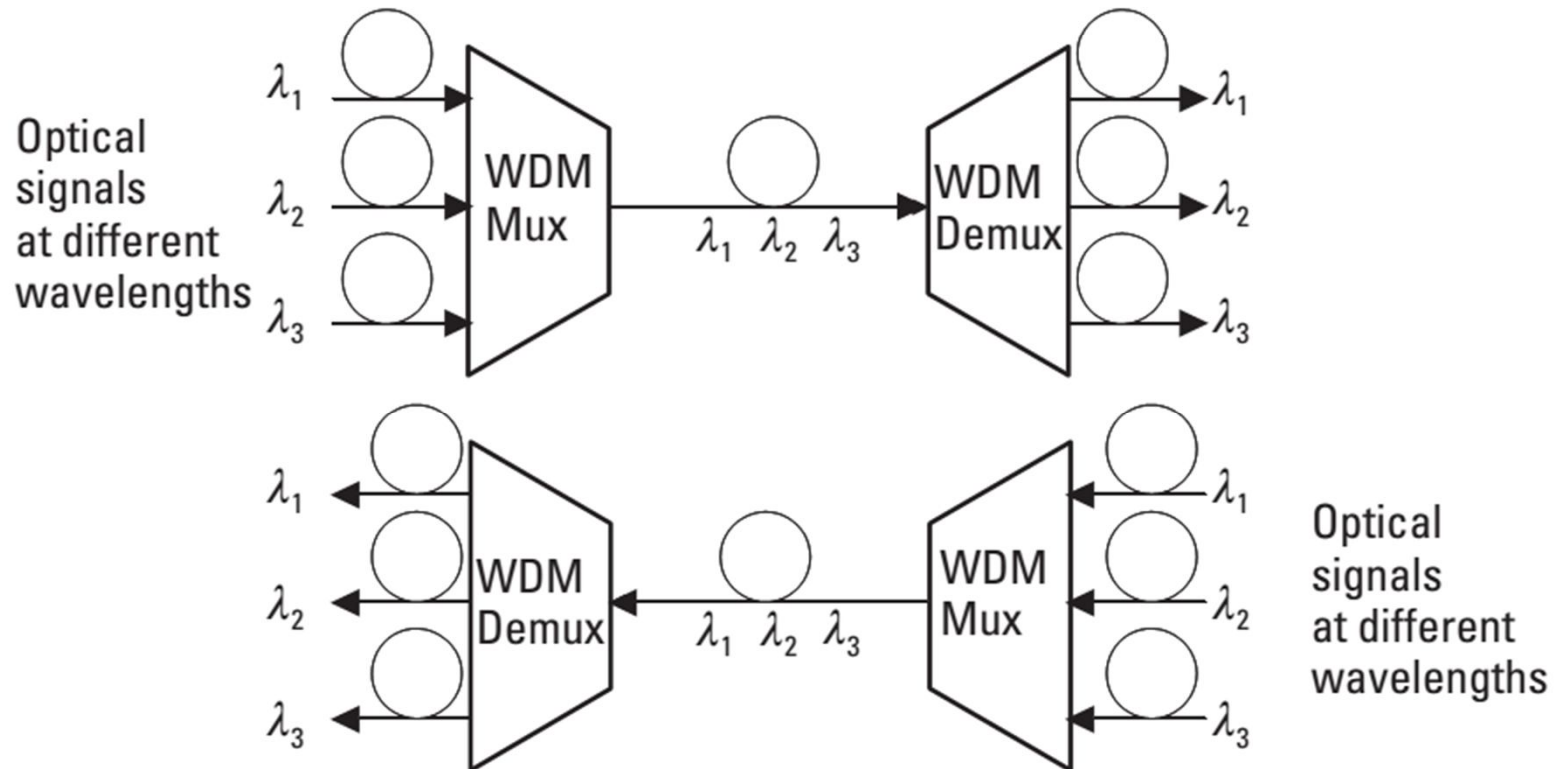
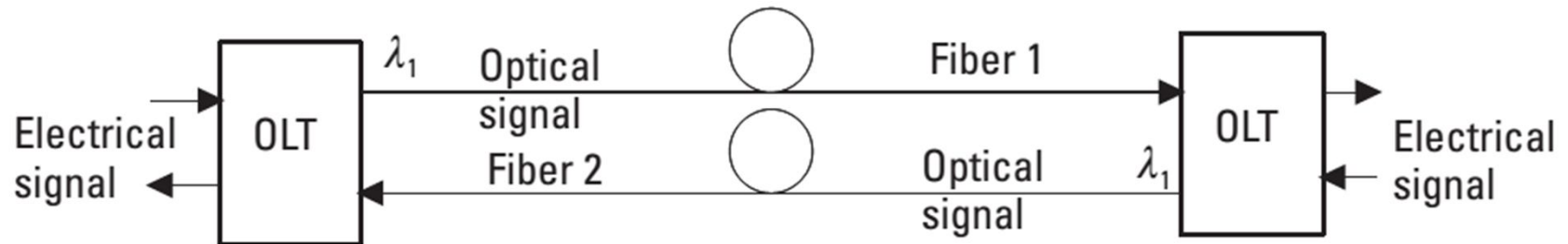
Cross-connect system



To network management system (NMS)

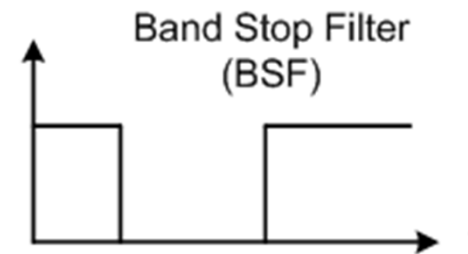
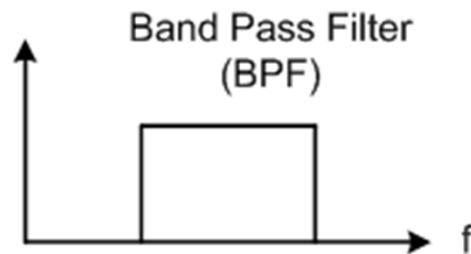
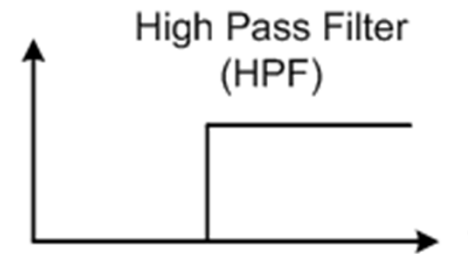
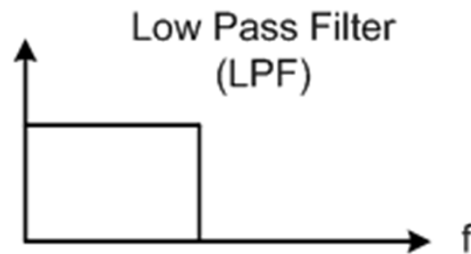


# Beberapa peralatan transmisi dlm jaringan (2)



# Filter

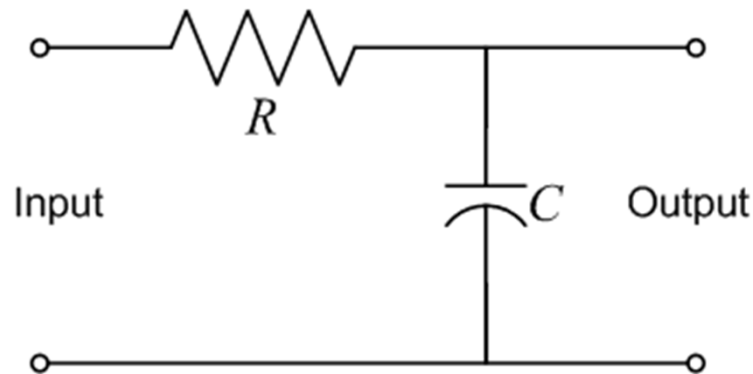
- **Filter** adalah suatu alat yg dpt meloloskan frekuensi-frekuensi tertentu dan meredam frekuensi lainnya.
- Jenis-jenis filter adlh seperti pd gambar berikut:



# Filter Analog vs Filter Digital

---

- Filter analog
  - Diimplementasikan dgn rangkaian elektronik (pasif ataupun aktif).
  - Gambar berikut ini adlh contoh filter low-pass (LPF):



- Filter digital
  - Diimplementasikan dgn pemrograman pada *digital signal processor (DSP)*, *field-programmable gate array (FPGA)*, komputer, atau *microprocessor*.



# Power Loss vs. Power Gain

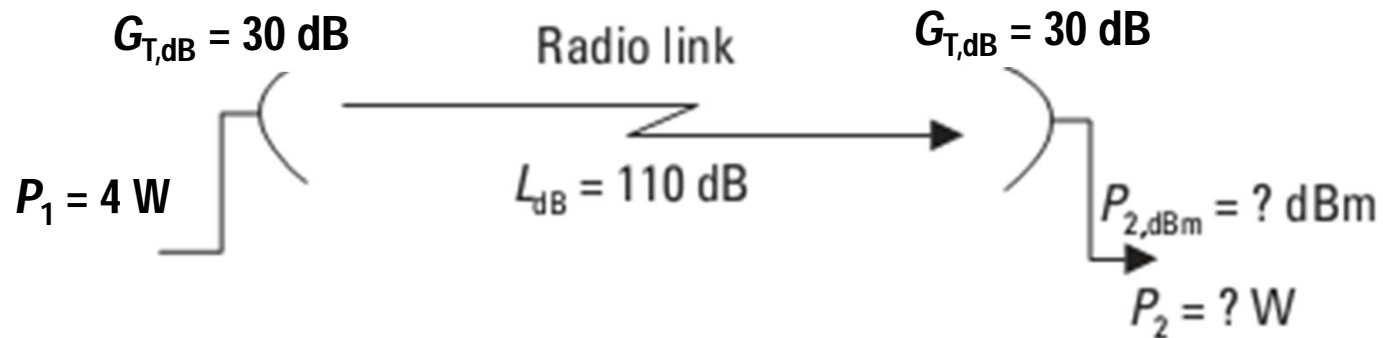
---

- **Sinyal yg ditransmisikan** melalui media transmisi apapun akan mengalami **penurunan daya** akibat dari redaman yg sebanding dgn jarak.
- **Daya sinyal perlu dikontrol** utk menjaga agar cukup tinggi dibandingkan *noise* ataupun agar cukup rendah utk menghindari *overload*.
- Penurunan daya sinyal (*loss* atau *attenuation*) dinyatakan dgn **power loss**. Sebaliknya, penguatan daya sinyal (oleh amplifier ataupun antena), dinyatakan dgn **power gain**.
- **Power loss** biasa disimbolkan dgn **L**, sedangkan **power gain** biasa disimbolkan dgn **G**.

# Power Link Budget

## Contoh Soal 1 (Sistem komunikasi radio):

---



### Solusi (Cara I):

Daya pancar

$$P_1 = 4 \text{ W}$$

$$\begin{aligned} P_{1,dBW} &= 10 \log (P_1/1 \text{ W}) \text{ dBW} = 10 \log (4 \text{ W}/1 \text{ W}) \text{ dBW} \\ &= 10 \log (4) \text{ dBW} = 10 \cdot 0,6 \text{ dBW} = 6 \text{ dBW} \end{aligned}$$

Maka daya terima

$$P_{2,dBW} = P_{1,dBW} + G_{T,dB} - L_{dB} + G_{R,dB}$$

$$P_{2,dBW} = 6 \text{ dBW} + 30 \text{ dB} - 110 \text{ dB} + 30 \text{ dB} = -44 \text{ dBW}$$

$$P_{2,dBm} = (-44 + 30) \text{ dBm} = \mathbf{-14 \text{ dBm}}$$

$$P_2 = 10^{(-14/10)} \text{ mW} = 0,0398 \text{ mW} = 39,8 \text{ } \mu\text{W} \approx \mathbf{40 \text{ } \mu\text{W}}$$

---

### Cara II:

Daya pancar

$$P_1 = 4 \text{ W} = (2 \times 2) \text{ W}$$

$$P_{1,\text{dBW}} = 3 \text{ dBW} + 3 \text{ dBW} = 6 \text{ dBW}$$

Maka daya terima

$$P_{2,\text{dBW}} = P_{1,\text{dBW}} + G_{\text{T,dB}} - L_{\text{dB}} + G_{\text{R,dB}}$$

$$P_{2,\text{dBW}} = 6 \text{ dBW} + 30 \text{ dB} - 110 \text{ dB} + 30 \text{ dB} = -44 \text{ dBW}$$

$$P_{2,\text{dBm}} = (-44 + 30) \text{ dBm} = \mathbf{-14 \text{ dBm}}$$

$$P_{2,\text{dBm}} = -14 \text{ dBm} = (-20 + 6) \text{ dBm} = (-20 + 3 + 3) \text{ dBm}$$

$$P_2 = (10^{-2} \times 2 \times 2) \text{ mW} = 4 \times 10^{-2} \text{ mW} = 40 \times 10^{-3} \text{ mW} = \mathbf{40 \mu\text{W}}$$

---

### Cara III:

Daya pancar

$$P_1 = 4 \text{ W}$$

Redaman total

$$L_{\text{Tot,dB}} = L_{\text{dB}} - G_{\text{T,dB}} - G_{\text{R,dB}}$$

$$L_{\text{Tot,dB}} = 110 \text{ dB} - 30 \text{ dB} - 30 \text{ dB} = 50 \text{ dB}$$

$$L_{\text{Tot}} = 10^5$$

Maka daya terima

$$P_2 = P_1 / L_{\text{Tot}} = 4 \text{ W} / 10^5 = 4 \times 10^{-5} \text{ W} = 40 \times 10^{-6} \text{ W} = \mathbf{40 \mu W}$$

$$P_2 = 4 \times 10^{-5} \text{ W} = 2 \times 2 \times 10^{-5} \text{ W}$$

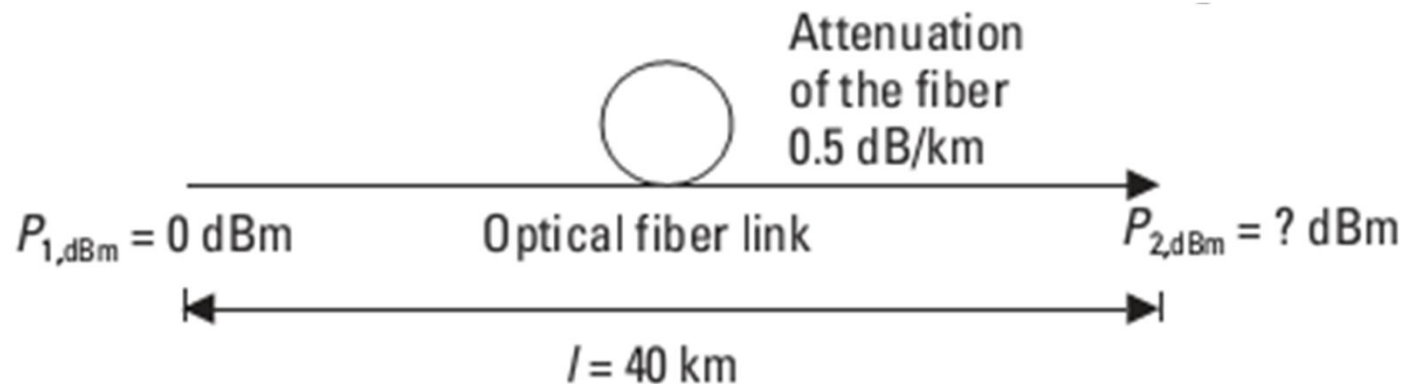
$$P_{2,\text{dBW}} = 3 \text{ dBW} + 3 \text{ dBW} - 50 \text{ dBW} = -44 \text{ dBW}$$

$$P_{2,\text{dBm}} = (-44 + 30) \text{ dBm} = \mathbf{-14 \text{ dBm}}$$

# Power Link Budget

## Contoh Soal 2 (Sistem komunikasi optik):

---



### Solusi:

Redaman

$$L_{dB} = 40 \text{ km} \times 0,5 \text{ dB/km} = 20 \text{ dB}$$

Daya terima adlh

$$\begin{aligned} P_{2,dBm} &= P_{1,dBm} - L_{dB} \\ &= 0 \text{ dBm} - 20 \text{ dB} \\ &= \mathbf{-20 \text{ dBm}} \end{aligned}$$



# PR-5

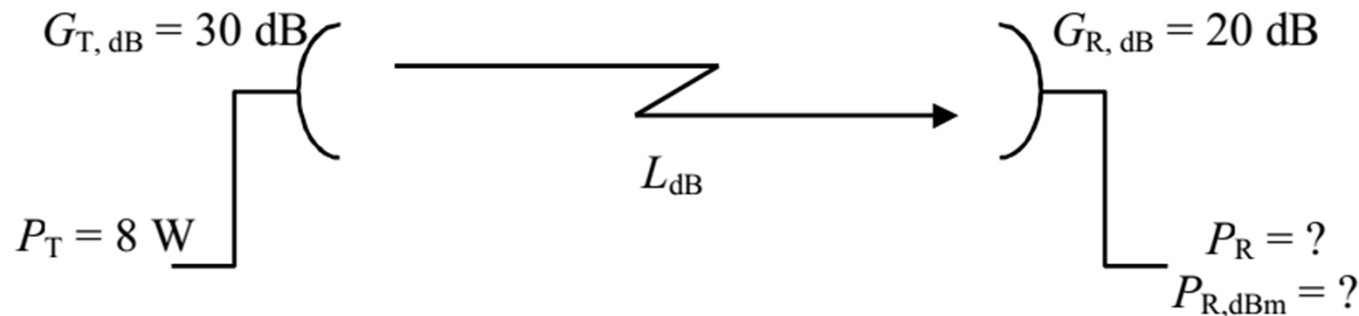
---

- Soal-soal PR-5 ada di file tersendiri.

# Latihan di Kelas

## Power Link Budget pada Transmisi Radio

Suatu sistem radio seperti pada gambar di bawah ini; dimana  $P_T$  adalah daya pancar,  $G_T$  adalah penguatan antenna pemancar,  $L$  adalah *free-space loss*,  $G_R$  adalah penguatan antenna penerima, dan  $P_R$  adalah daya terima. Jika jarak antara pemancar dan penerima adalah 16 km dan sistem tersebut bekerja pada frekuensi 2000 MHz, hitunglah  $P_R$  dalam satuan logaritmik (dBW atau dBm) dan satuan Watt (W, mW, atau  $\mu$ W)! Asumsikan bahwa *link loss* hanya terdiri dari *free-space loss*.





# Penyelesaian

---



---

Sekian, terima kasih, semoga berkah.

**Ada pertanyaan?**