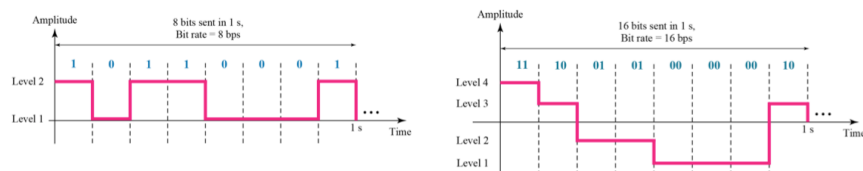




Sinyal Digital

- Selain diwakili oleh sinyal analog, informasi juga dapat diwakili oleh sinyal digital. Sebagai contoh, 1 sebagai tegangan positif dan 0 sebagai tegangan negatif. Sebuah sinyal digital dapat memiliki lebih dari dua level, dalam hal ini data dapat dikirim lebih dari 1 bit untuk setiap levelnya.
- Pada gambar dibawah menunjukan dua sinyal, gambar pertama dengan dua level dan gambar yang kedua dengan empat level.



$$L = 2^n$$

atau

$$n = \log_2 L$$

- dimana :
 L = jumlah level
 n = jumlah bit

Contoh soal 1

Sebuah sinyal digital diwakili sebanyak 8 level. Hitung berapa jumlah bit yang dapat dihasilkan dengan menggunakan rumus diatas?

Jawab:

Banyaknya jumlah bit tiap level = $\log_2 8 = 3$ bit

Maka tiap level sinyal akan dapat mewakili sebanyak 3 bit

Bit Rate

- Istilah lain dari banyaknya bit yang dikirimkan dalam satu detik adalah bit rate (bukan frekuensi).
- Bit rate biasa digunakan untuk menggambarkan sinyal digital.
- Bit rate adalah jumlah bit yang dikirim dalam 1 detik, dinyatakan dalam bit per detik (bps).

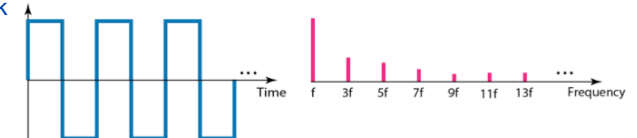
Panjang Bit (Bit Length)

- Jika kita menggunakan konsep panjang gelombang pada sinyal analog yaitu jarak tiap siklus yang ditempati didalam medium transmisi, maka kita juga dapat mendefinisikan hal yang sama untuk sinyal digital, yaitu Panjang bit.
- Panjang bit (Bit length) adalah jarak yang menempati satu bit pada media transmisi.

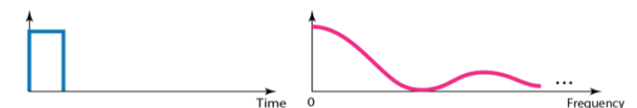
Panjang Bit = Kecepatan Propagasi x Durasi Bit

Sinyal Digital sebagai Sinyal Komposit

- Analisis Fourier dapat digunakan untuk menguraikan sinyal digital.
- Jika sinyal digital periodik, sinyal yang diurai memiliki domain frekuensi dengan representasi bandwidth yang tak terbatas dan frekuensi diskrit.
- Jika sinyal digital non periodik, sinyal yang diurai masih memiliki bandwidth yang tak terbatas, tetapi frekuensinya kontinu
- Sinyal Digital Periodik



- Sinyal Digital Non Periodik

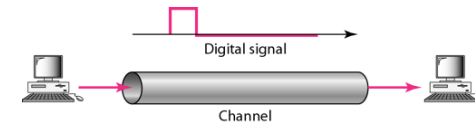


Transmisi Sinyal Digital

- Bagaimana kita bisa mengirim sinyal digital dari titik A ke titik B?
- Kita dapat mengirimkan sinyal digital dengan menggunakan salah satu dari dua pendekatan yang berbeda:
 - Transmisi baseband atau
 - Transmisi broadband (menggunakan modulasi).

Transmisi Baseband

- Transmisi baseband artinya mengirimkan sinyal digital kedalam kanal transmisi tanpa mengubah bentuk dari sinyal digital kedalam sinyal analog.



- Transmisi baseband diperlukan jika kita menggunakan kanal Low pass, yaitu kanal dengan bandwidth dimulai dari nol. Cara ini digunakan apabila kita memiliki medium dengan bandwidth yang hanya memiliki satu kanal. Contohnya adalah bandwidth keseluruhan dari kabel yang menghubungkan dua komputer terdiri dari satu kanal

- Kanal Low Pass dengan Bandwidth Lebar

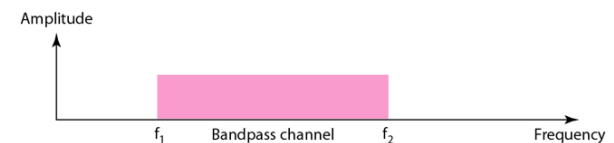


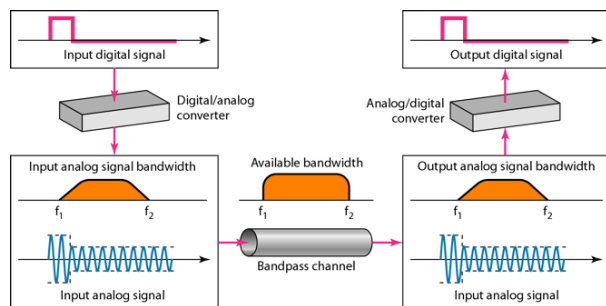
- Kanal Low Pass dengan Bandwidth Sempit



Transmisi Broadband (Menggunakan Modulasi)

- Transmisi broadband atau modulasi berarti mengubah sinyal digital ke analog sinyal untuk transmisi. Modulasi memungkinkan kita untuk menggunakan kanal bandpass dengan bandwidth yang tidak dimulai dari nol.
- Jenis saluran lebih banyak tersedia dibandingkan kanal low-pass.





- Sinyal digital dikonversi ke sinyal analog komposit. Dengan menggunakan sinyal analog frekuensi tunggal disebut sinyal carrier maka amplituda dari carrier telah diubah agar terlihat seperti digital sinyal. Hasilnya, bagaimanapun, bukanlah sinyal frekuensi tunggal, itu adalah sinyal komposit, (lebih detail pada bab modulasi). Pada penerima, sinyal analog yang diterima diubah menjadi digital, dan hasilnya merupakan replika dari apa yang telah dikirim.
- Jika saluran yang tersedia adalah saluran bandpass, maka kita tidak bisa mengirim sinyal digital langsung ke kanal, kita perlu mengkonversi sinyal digital ke sinyal analog sebelum transmisi.

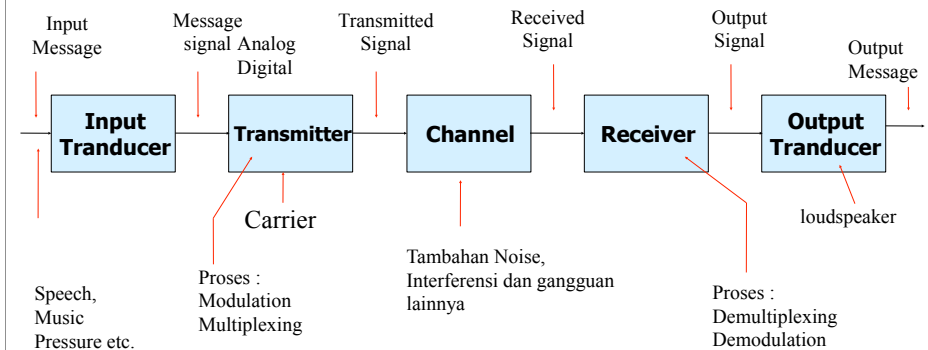
- Sebuah contoh dari transmisi broadband menggunakan modulasi adalah pengiriman data komputer melalui jaringan telepon,



- Dirancang untuk membawa suara (sinyal analog) dengan bandwidth terbatas (frekuensi antara 0 dan 4 kHz).

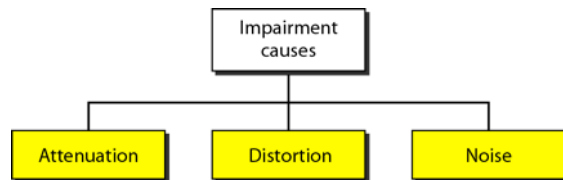
GANGGUAN TRANSMISI

Blok Diagram Sistem Komunikasi



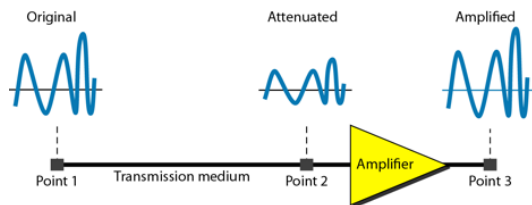
Gangguan Transmisi

- Sinyal merambat melalui media transmisi dari pengirim menuju ke penerima. Selama melalui proses rambatan tersebut sinyal akan mengalami penurunan energi dan juga menerima gangguan eksternal.
- Gangguan akibat penurunan energi disebut dengan **Atenuasi**.
- Sementara itu gangguan dari luar dapat disebabkan oleh adanya **distorsi** dan **derau (noise)**.



Atenuasi

- Sesuai dengan hukum Termodinamika II, tidak mungkin tidak ada energi yang terbuang selama sebuah sistem melakukan proses. Demikian pula halnya dengan sinyal yang merambat melalui media transmisi, secara natural pasti akan mengalami kehilangan energi akibat adanya gesekan elektron dengan media (terbuang menjadi energi panas).
- Hal ini menyebabkan adanya penurunan daya sinyal pada sisi penerima (Ptujuan) jika dibandingkan dengan daya yang dikirimkan oleh sisi pengirim (Psumber).
- Kedua daya diukur dalam satuan watt. Penurunan daya inilah dalam komunikasi data disebut dengan istilah atenuasi yang diukur dalam satuan desibel (dB).



- Atenuasi didefinisikan dengan rumusan :

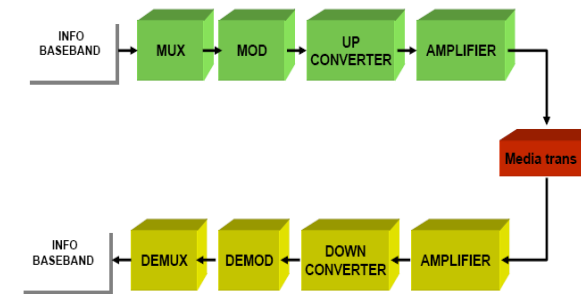
$$dB = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

- Gain = penguatan, atau dikatakan sebagai perbandingan output dan input dimana output lebih besar daripada input.
- Attenuation = redaman, dikatakan sebagai perbandingan output dan input dimana output lebih kecil daripada input.
- Decibel (dB): satuan ukuran yang dipakai untuk menyatakan Gain dan Attenuation.

- Gangguan akibat adanya atenuasi ini dapat diatasi dengan menambahkan peralatan yang disebut dengan repeater di antara sisi pengirim dan sisi penerima.
- Repeater atau Amplifier bertugas untuk menguatkan kembali sinyal yang telah kehilangan daya tersebut. Tanpa adanya repeater, maka sinyal tidak akan dapat dideteksi dengan baik oleh peralatan di sisi penerima.

Repeater

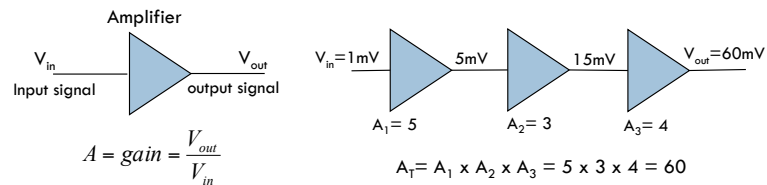
Transmisi



Gain (G)

$$A_v = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$A_p = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$



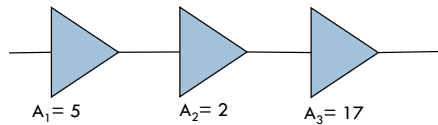
Contoh Soal 1

- What is the voltage gain of an amplifier that produces an output of 750 mV for a 30μV input?
- Answer:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{750 \times 10^{-3}}{30 \times 10^{-6}} = 25.000$$

Cascade

- Three cascaded amplifiers have power gain of 5, 2, and 17. The input power is 40 mW. What is the output power?

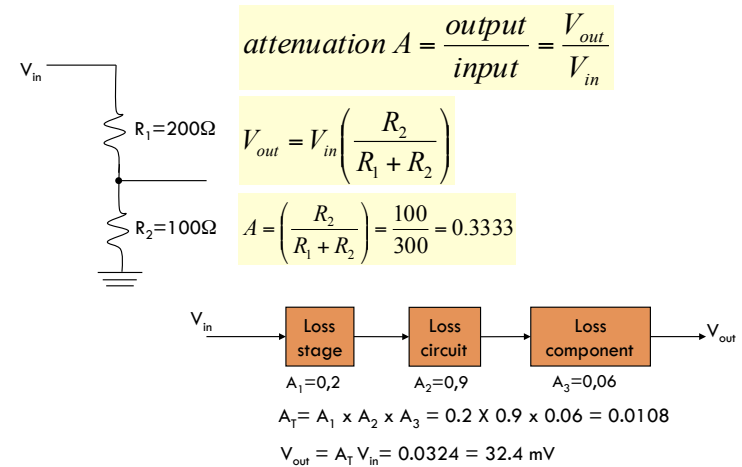


$$A_p = A_1 \times A_2 \times A_3 = 5 \times 2 \times 17 = 170$$

$$A_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} \text{ therefore } P_{out} = A_p P_{in}$$

$$P_{out} = 170(40 \times 10^{-3}) = 6.8 \text{ W}$$

Loss (L)

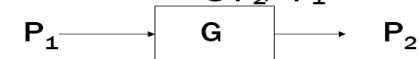


dB (decibel)

Pemahaman dB

dB adalah perbandingan dua besaran daya dlm bentuk logaritma

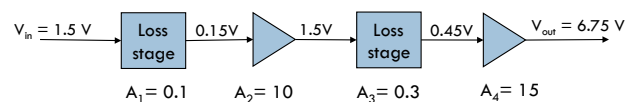
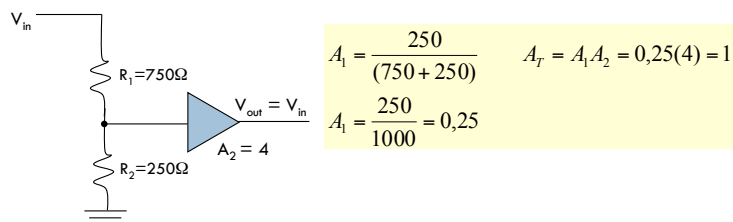
$$G = 10 \log p_2 / p_1 \text{ dB}$$



$$g = p_2 / p_1$$

$p_1 = 6 \text{ mw}$ dan $g = 15$ maka $p_2 = 90 \text{ mw} \rightarrow p_2 = 6 \times 15$
 $G = 10 \log 15 = 11,8 \text{ dB}$

$p_1 = 0,10 \text{ watt}$ dan $g = 1/5$ maka $p_2 = 0,02 \rightarrow p_2 = 10 \times 1/5$
 $G = 10 \log 1/5 = -7 \text{ dB}$



$$A_T = A_1 A_2 A_3 A_4 = (0.1)(10)(0.3)(15) = 4.5$$

decibels

$$dB = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (1)$$

$$dB = 20 \log \frac{I_{out}}{I_{in}} \quad (2)$$

$$dB = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (3)$$

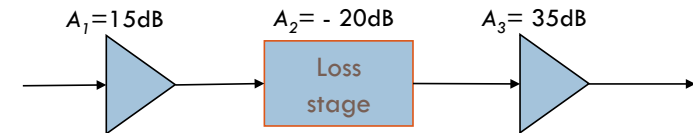
It is common for electronic circuits and systems to have extremely high gains or attenuations, often in excess of 1 million.

Dengan mengubah angka di atas menjadi decibel (dB) akan membuatnya terkesan menjadi lebih kecil dan mudah digunakan.

Formula (1) untuk menyatakan penguatan (gain) atau redaman (attenuation) **tegangan** dari suatu rangkaian.

Formula (2) untuk penguatan atau redaman **arus**

Formula (3) untuk penguatan atau redaman **daya**



$$A_T = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_T = 15 - 20 + 35 = 30 \text{ dB}$$

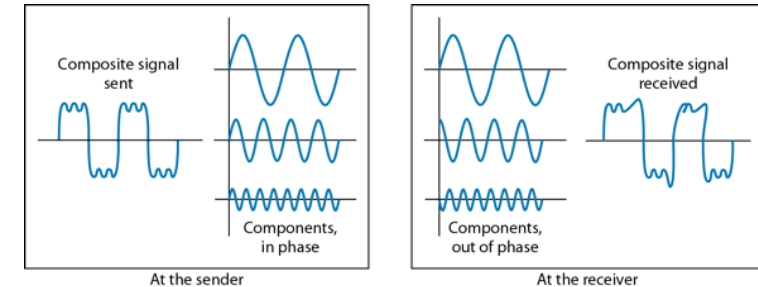
Ratio (daya/tegangan)	dB gain or attenuation	
	power	voltage
0.000001	- 60	- 120
0.00001	- 50	- 100
0.0001	- 40	- 80
0.001	- 30	- 60
0.01	- 20	- 40
0.1	- 10	- 20
0.5	- 3	- 6
1	0	0
2	3	6
10	10	20
100	20	40
1000	30	60
10000	40	80
100000	50	100
1000000	60	120

Contoh Soal

- Access Point dengan standar 802.11b yang mempunyai penguatan 13dB untuk jarak 200 meter, maka kalau kita gunakan antenna 15dB (total 28dB) rumusannya menjadi :
 - 13 + 3 dB – jaraknya menjadi 400 meter
 - 16 + 3 dB – jaraknya menjadi 800 meter
 - 19 + 3 dB – jaraknya menjadi 1,6 km
 - 22 + 3 dB – jaraknya menjadi 3,2 km
 - 25 + 3 dB – jaraknya menjadi 6,4 km

Distorsi

- Distorsi mengakibatkan adanya perubahan bentuk sinyal di sisi penerima sehingga peralatan pada sisi penerima tidak dapat mendeteksi sinyal dengan benar.
- Salah satu penyebab distorsi adalah adanya berbagai macam filter di sepanjang jalur komunikasi antara pengirim dan penerima. Bahkan media transmisi sendiri dapat berfungsi sebagai filter. Karena tidak ada filter yang bersifat ideal, maka sinyal yang melewatinya pasti akan terdistorsi.
- Salah satu jenis distorsi yang secara dominan mengganggu komunikasi data terutama dalam komunikasi nirkabel disebut dengan istilah Inter-Symbol Interference (ISI).



Noise (Derau)

- Derau dapat dikategorikan ke dalam beberapa macam, yaitu
 1. thermal noise,
 2. induced noise,
 3. crosstalk, dan
 4. impulse noise.

- **Thermal noise** secara natural terjadi akibat adanya gesekan elektron dalam media.
- **Induced noise** berasal dari perangkat-perangkat lain di sekitar jalur komunikasi, misalnya adanya medan listrik di sekitar media komunikasi.
- **Crosstalk** terjadi akibat saling pengaruh antara media kabel. Tidak jarang saat anda berbicara melalui pesawat telepon, pada saat bersamaan anda mendengar pembicaraan orang lain. Inilah yang disebut dengan crosstalk.
- **Impulse noise** merupakan derau dengan energi sangat tinggi tetapi berlangsung dalam waktu cukup singkat. Misalnya, energi yang berasal dari petir yang menjalar melalui media komunikasi dapat digolongkan sebagai impulse noise.

Signal To Noise Ratio (SNR)

- Perbandingan antara daya dari sinyal asli dan daya dari derau disebut dengan **Signal-to-Noise Ratio (SNR)**.

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{P_S}{P_N}$$

- Yang mana P_S adalah daya rata-rata sinyal dalam satuan Watt dan P_N adalah daya rata-rata dari derau dalam satuan Watt. Apabila nilai daya rata-rata dari derau cukup besar dibandingkan dengan daya rata-rata dari sinyal, maka SNR akan bernilai kecil. Daya rata-rata derau yang besar ini adalah kondisi yang tidak diinginkan. Nilai SNR dapat dinaikkan dengan cara memperbesar daya rata-rata dari sinyal.

Keterbatasan Kecepatan Data (Data Rate Limits)

Batasan Kecepatan Data

- Hal penting yang perlu diperhitungkan didalam komunikasi data adalah seberapa cepat kita dalam mengirimkan data didalam bit per second melalui kanal.
- Kecepatan data (data rate) tergantung pada tiga faktor berikut:
 1. Besarnya bandwidth yang tersedia
 2. Level sinyal yang kita gunakan
 3. Kualitas dari kanal (terhadap besarnya noise)

Teorema Nyquist dan Shannon

- Ada 2 formula teoritis yang dikembangkan untuk menghitung data rate, yang pertama oleh Nyquist untuk kanal noiseless dan yang kedua oleh Shannon untuk kanal noisy.

Kanal Noiseless : Nyquist Bit Rate

- Untuk kanal noiseless, untuk mendapatkan bit rate yang maksimal, Nyquist mempunyai formula sebagaimana berikut:

$$\text{Bit Rate} = 2 \times \text{Bandwidth} \times \log_2 L$$

- Bit Rate adalah banyaknya jumlah bit dalam satu detiknya (bps),
 - Bandwidth adalah bandwidth dari sebuah kanal dan
 - L adalah jumlah level sinyal yang digunakan untuk merepresentasi data.
- Bila kita memberi Bandwidth yang spesifik maka kita bisa mendapatkan bit rate yang kita inginkan dengan meningkatkan jumlah tingkatan sinyalnya. Meskipun teorinya dapat demikian namun pada prakteknya tidak begitu karena terdapat batasan/limit.

Contoh Soal

Sebuah kanal noiseless memiliki bandwidth sebesar 3000Hz, dengan mengirimkan sinyal sebanyak 2 level.

Berapa bit rate yang didapatkan?

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Bit Rate} &= 2 \times \text{Bandwidth} \times \log_2 L \\ &= 2 \times 3000 \times \log_2 2 \\ &= 6000 \text{ bps} \\ &= 6 \text{ Kbps}\end{aligned}$$

Kanal Noisy : Shannon Capacity

- Dalam kenyataannya, kita tidak bisa mendapatkan noiseless channel karena didalam kanal selalu terdapat noise atau noisy. Claude Shannon memiliki formula yang disebut Shannon Capacity untuk menentukan data rate tertinggi untuk sebuah noisy Channel.

$$\text{Capacity} = \text{bandwidth} \times \log_2 (1 + \text{SNR})$$

- bandwidth adalah bandwidth dari sebuah kanal,
- SNR adalah rata-rata sinyal dibanding rata-rata noise,
- capacity adalah kapasitas dari sebuah kanal dalam bit per detik.

Contoh Soal

Sebuah telepon normalnya memiliki bandwith 3000 Hz (300 sampai 3300 Hz) dan biasanya SNR-nya 3162. Berapa kapasitas dalam sebuah kanalnya ?

Jawab :

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= \text{Bandwidth} \times \log_2 (1 + \text{SNR}) = 3000 \times \log_2 (1 + 3162) \\ \text{Kapasitas} &= 3000 \times 11.62 = 34.860 \text{ bps}.\end{aligned}$$

Bahwa bit rate tertinggi untuk telepon adalah 34,86 kbps. Apabila kita ingin mengirim data lebih cepat dari ini, kita dapat menaikkan bandwidth atau memperbaiki Rasio Signal terhadap Noise nya (SNR)