

Komunikasi Data

Mifta Nur Farid

January 2021

Daftar Isi

1	Pengantar Komunikasi Data	1
2	Arsitektur Protokol	3
3	Data Transmisi	5
3.1	Konsep dan Terminologi	5
3.2	Transmisi Data Analog dan Digital	5
3.3	Gangguan Transmisi	5
3.4	Kapasitas Kanal	5
3.4.1	Nyquist Bandwidth	6
3.4.2	Shannon Capacity Formula	7
4	Media Transmisi	11
4.1	Media Transmisi Terpandu	11
4.2	Transmisi Nirkabel	11
4.3	Propagasi Nirkabel	11
4.4	Transmisi Line-of-sight	11

Bab 1

Pengantar Komunikasi Data

Bab 2

Arsitektur Protokol

Bab 3

Data Transmisi

3.1 Konsep dan Terminologi

3.2 Transmisi Data Analog dan Digital

3.3 Gangguan Transmisi

3.4 Kapasitas Kanal

Kita sudah mempelajari bahwa terdapat berbagai jenis gangguan (impairment) yang dapat merusak sinyal. Se jauh mana gangguan tersebut dapat membatasi data rate pada data digital. Data rate maksimum yang dapat dicapai disebut kapasitas kanal (channel capacity).

Terdapat empat konsep yang perlu dipahami:

1. Data Rate: Laju dimana data dapat dikomunikasikan dengan satuan bps atau bits per second.
2. Bandwidth: Bandwidth dari sinyal yang ditransmisikan yang dibatasi oleh transmitter atau sifat media transmisinya
3. Noise: Level rata-rata dari noise sepanjang jalur transmisi
4. Error rate: Rate dimana error dapat terjadi. Error di sini adalah ketika yang diterima adalah 1 sedangkan yang dikirimkan adalah 0 atau sebaliknya

Permasalahan yang dialami adalah semakin besar bandwidth maka semakin besar ongkosnya. Sehingga semua kanal transmisi memiliki bandwidth yang terbatas. Batasan ini disebabkan oleh sifat-sifat fisis dari media transmisinya atau dari transmitter-nya untuk menghindari terjadinya interferensi dari sumber lain. Berdasarkan hal ini maka sepatutnya kita memakai bandwidth seefisien mungkin. Jika di dalam data digital maka kita akan memakai data rate sebesar mungkin pada batas error rate dari bandwidth yang tersedia. Kemudian kendala terbesar untuk mencapai efisiensi ini adalah noise.

3.4.1 Nyquist Bandwidth

Pertama, anggaplah ada sebuah kanal transmisi yang bebas dari noise. Pada kondisi seperti ini, keterbatasan dari data rate adalah bandwidth dari sinyal itu sendiri. Berdasarkan Nyquist, persamaan dari keterbatasan ini adalah sebagai berikut. Jika laju transmisi sinyal adalah $2B$, maka sinyal dengan frekuensi tidak lebih besar dari B sudah cukup untuk membawa laju sinyal. Begitu juga sebaliknya, jika diketahui bandwidth sebesar B , maka laju sinyal tertinggi yang dapat dibawa adalah $2B$.

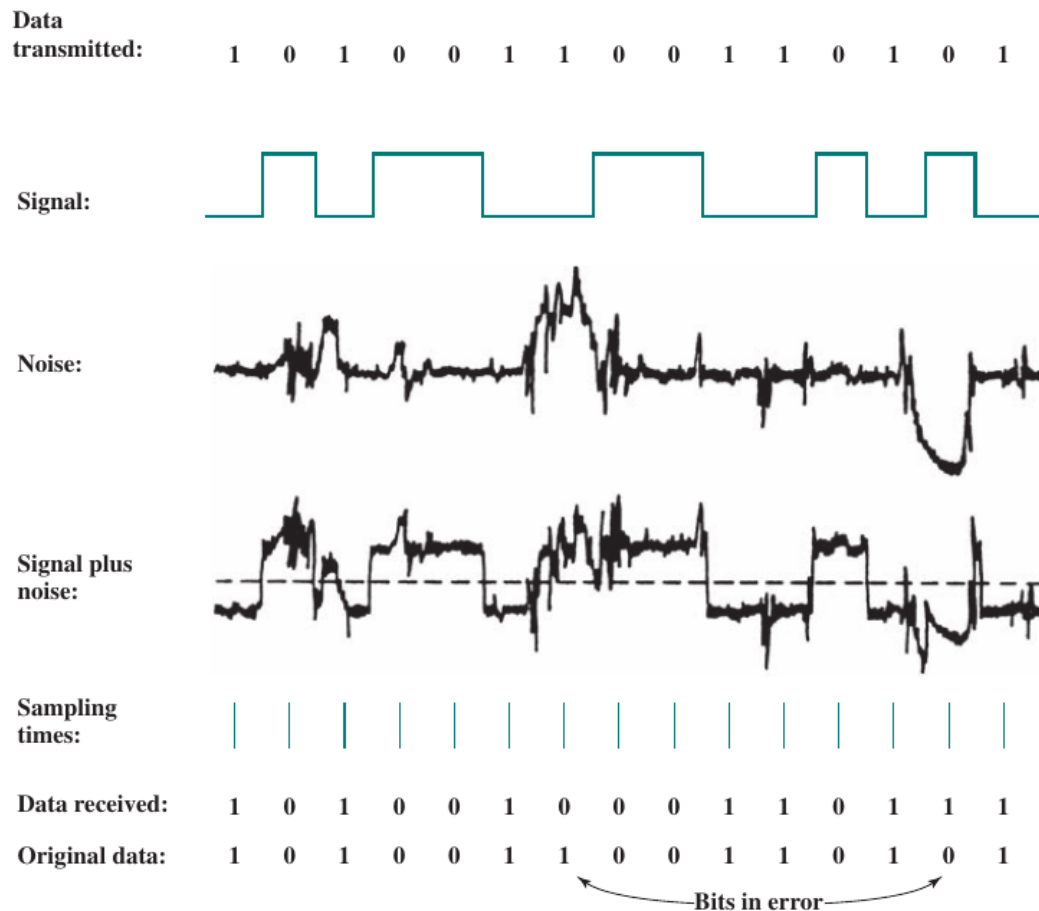
Jika sinyal yang akan ditransmisikan adalah biner (2 level tegangan), maka data rate yang dapat didukung oleh B Hz adalah $2B$ bps. Misalkan, jika menggunakan empat level tegangan maka setiap elemen sinyal dapat direpresentasikan sebagai 2 bits. Dengan multilevel signaling, persamaan Nyquist menjadi

$$C = 2B \log_2 M \quad (3.1)$$

Dimana M adalah banyaknya sinyal diskret atau level tegangan.

Dari Persamaan (3.1) dapat kita simpulkan bahwa data rate dapat ditingkatkan dengan meningkatkan jumlah perbedaan dari elemen sinyalnya / banyaknya level tegangannya. Namun dengan meningkatkan elemen sinyal maka akan membuat beban dari receiver juga meningkat.

Misal, diketahui bahwa data digital akan ditransmisikan menggunakan modem. Bandwidth yang digunakan adalah 3100 Hz. Maka Nyquist capacity (C) dari kanalnya adalah $2B = 6200$ bps. Jika $M = 8$, maka C menjadi 18.600 bps dengan bandwidth sebesar 3100 Hz.



Gambar 3.1: Akibat dari Noise terhadap Sinyal Digital

3.4.2 Shannon Capacity Formula

Berdasarkan persamaan Nyquist sebelumnya, kita mengetahui bahwa dengan meningkatkan bandwidth sebesar 2 kalinya maka data rate juga akan meningkat sebesar 2 kalinya. Sekarang asumsikan bahwa terdapat noise dan error rate. Dengan adanya noise maka 1 atau lebih bits akan rusak. Jika data rate meningkat maka bits semakin pendek. Akibatnya akan lebih banyak bits yang akan dipengaruhi oleh pattern/pola dari noise tersebut seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.

Jika data rate ditingkatkan maka lebih banyak bits yang akan terjadi selama interval noise spike-nya, sehingga lebih banyak error yang terjadi. Untuk level noise tertentu, dengan kekuatan sinyal yang lebih besar dapat meningkatkan kemampuan untuk menerima data dengan benar meskipun ada noise. Parameter yang menyatakan hal ini adalah **signal-to-noise-ratio** (SNR) yaitu rasio dari daya sinyal terhadap daya dari noise. Biasanya SNR diukur di receiver dan dalam bentuk desibel

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{\text{signal power}}{\text{noise power}} \quad (3.2)$$

Semakin tinggi nilai SNR maka semakin tinggi kualitas sinyal dan semakin sedikit repeater yang dibutuhkan.

SNR sangat penting dalam transmisi data digital karena SNR yang menentukan batas atas dari data rate yang dapat dicapai. Shannon menyatakan bahwa kapasitas kanal maksimum, dalam bits per second (bps), adalah

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR}) \quad (3.3)$$

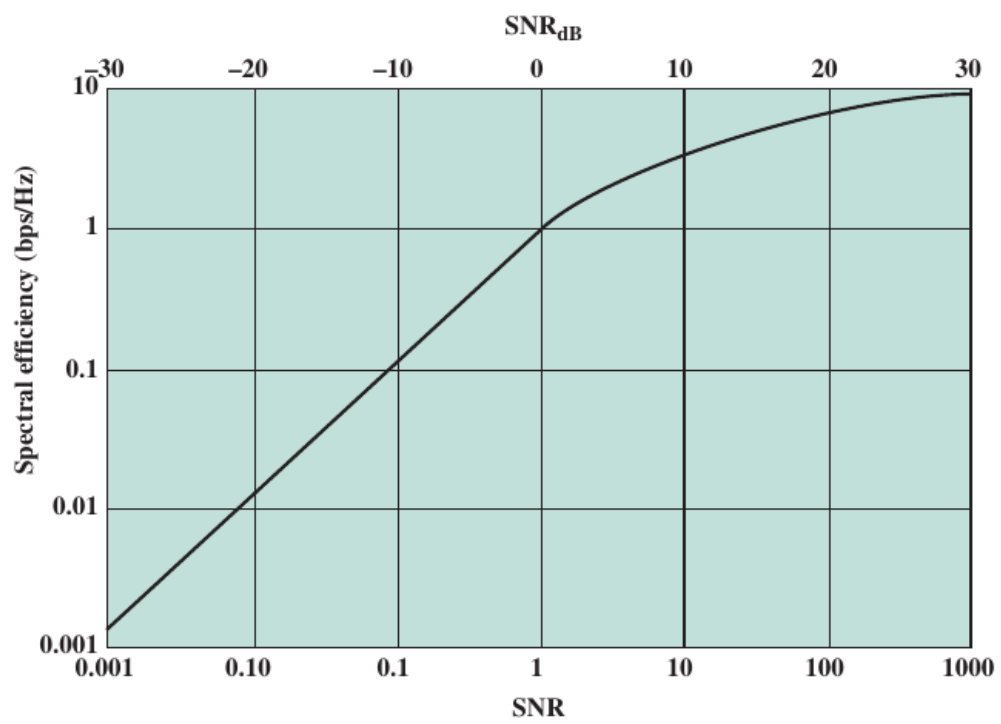
Dimana C adalah kapasitas kanal dalam bits per second (bps) dan B adalah bandwidth kanal dalam hertz (Hz). Persamaan (3.3) hanya menyatakan maksimum data rate yang dapat dicapai secara teoritis, sedangkan pada penerapannya/prakteknya data rate yang dapat dicapai lebih kecil dari nilai tersebut. Hal tersebut dikarenakan pada Persamaan 3.3 mengasumsikan noise yang terjadi adalah white noise atau thermal noise dan tidak memperhatikan impulse noise maupun attenuation distortion maupun delay distortion.

Nilai kapasitas yang ditunjukkan dari hasil Persamaan (3.3) adalah **error free capacity**. Shannon menunjukkan bahwa jika data rate dari informasi di kanal kurang dari **error free capacity** maka secara teoritis memungkinkan untuk menggunakan kode sinyal yang sesuai untuk mendapatkan transmisi bebas error (error-free transmission) melalui kanal tersebut.

Spectral efficiency atau **bandwidth efficiency** dari transmisi digital adalah jumlah bits per second dari data yang dapat didukung oleh setiap 1 Hz bandwidth. Spectral efficiency dapat dihitung dengan menurunkan Persamaan (3.3)

$$\text{Spectral efficiency} = \frac{C}{B} = \log_2(1 + \text{SNR}) \quad (3.4)$$

Gambar 3.2 menunjukkan hasil log/log scale dari Persamaan (3.4).



Gambar 3.2: Grafik spectral efficiency terhadap SNR

Bab 4

Media Transmisi

Media transmisi adalah jalur fisik antara transmitter dan receiver di sistem transmisi data. Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa gelombang elektromagnetik dipandu sepanjang media solid di media terpandu (**guided media**). Contohnya seperti copper twisted pair, copper coaxial cable dan fiber optik. Sedangkan transmisi nirkabel terjadi melalui atmosfer, luar angkasa atau air di media tak terpandu (**unguided media**)

4.1 Media Transmisi Terpandu

4.2 Transmisi Nirkabel

4.3 Propagasi Nirkabel

4.4 Transmisi Line-of-sight

