

# B A B V

## SINYAL DAN MODULASI

### Definisi Signal

Untuk menyalurkan data dari satu tempat ke tempat yang lain, data akan diubah menjadi sebuah bentuk sinyal. **Sinyal** adalah suatu isyarat untuk melanjutkan atau meneruskan suatu kegiatan. Biasanya sinyal ini berbentuk tanda-tanda, lampu-lampu, atau suara-suara. Sinyal dibentuk oleh transmitter dan ditransmisikan melalui media transmisi. Sinyal sangat erat sekali hubungannya dengan fungsi waktu (periodik), tetapi sinyal juga dapat diekspresikan dalam bentuk fungsi frekuensi.

### Jenis- jenis Signal

Dilihat sebagai fungsi waktu, sebuah sinyal terbagi menjadi dua, yaitu:

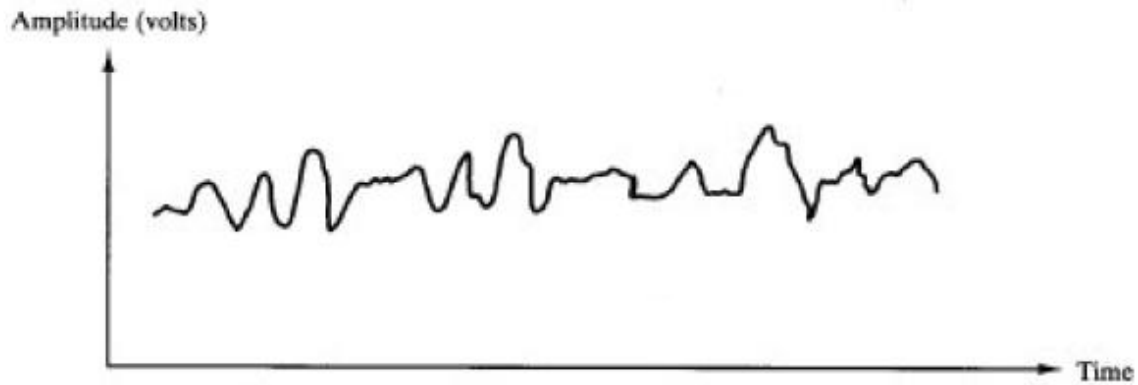
#### a. Sinyal analog

Sinyal yang intensitas/kekuatan sinyalnya bervariasi tergantung perubahan waktunya. Dengan kata lain, tidak ada sinyal yang tidak berkelanjutan. Dalam fungsi matematisnya dianalogikan dalam rumus sebagai berikut:

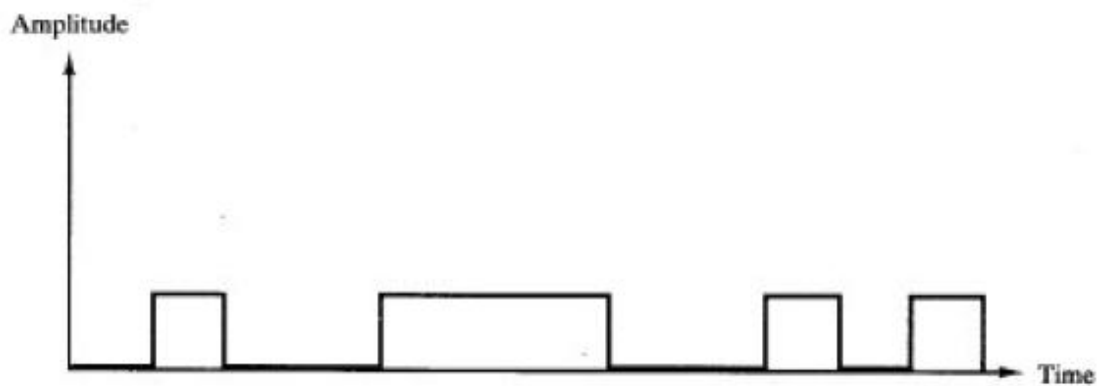
$$\lim_{t \rightarrow a} s(t) = s(a), \text{ untuk semua } a$$

#### b. Sinyal digital

Sinyal yang intensitasnya berada dalam level yang konstan terhadap perubahan waktu.



(a) Continuous



(b) Discrete

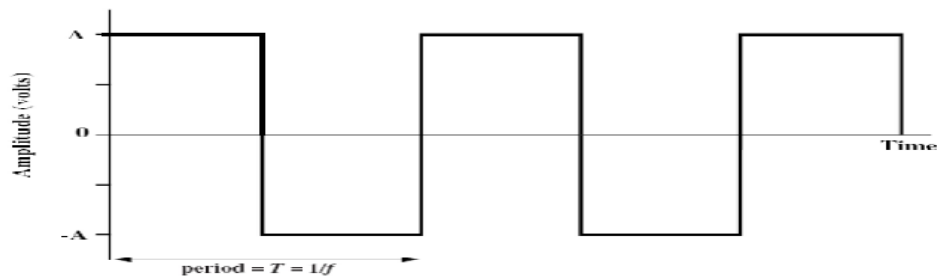
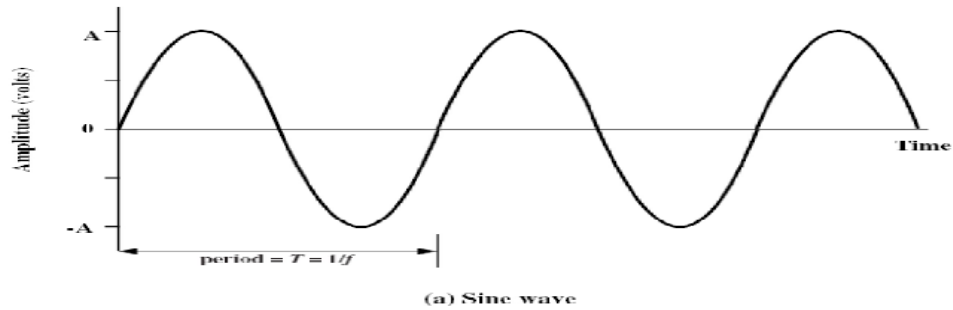
#### Signal Analog(Continue) dan Digital (Diskrit)

Sinyal periodik adalah sinyal yang mengalami pengulangan bentuk yang sama pada selang waktu tertentu. Secara matematis sinyal  $s(t)$  dapat dikatakan sinyal periodik jika :

$$s(t + T) = s(t) \quad -\infty < t < +\infty$$

Dimana konstanta  $T$  adalah periode pengulangan sinyal, dengan  $T$  harganya jauh lebih kecil dari batas waktu sinyal tersebut. Gelombang sinus dapat disusun oleh tiga parameter, yaitu amplitudo ( $A$ ), frekuensi ( $f$ ) dan phase ( $\phi$ ) seperti pada persamaan berikut :

$$s(t) = A \sin(2\pi ft) + \phi$$



Signal Periodik

## Bagian-Bagian Signal

### a. Periode

Adalah waktu yang diperlukan untuk membentuk satu gelombang sinyal penuh. Satuannya sekon (detik).

Rumus:

$$T = \frac{1}{f}$$

### b. Frekuensi

Adalah jumlah gelombang yang terjadi dalam satu satuan detik. Satuannya Hertz (Hz).

Rumus:

$$f = \frac{1}{T}$$

Jadi bisa dikatakan kalau kedua hal di atas saling berbanding terbalik satu sama lainnya.

c. Amplitudo

adalah puncak/simpangan tertinggi dari suatu sinyal/gelombang.

d. Fase

Adalah ukuran dari posisi relative suatu sinyal dalam satuan waktu atau besarnya sudut dari sinyal analog pada saat tertentu.

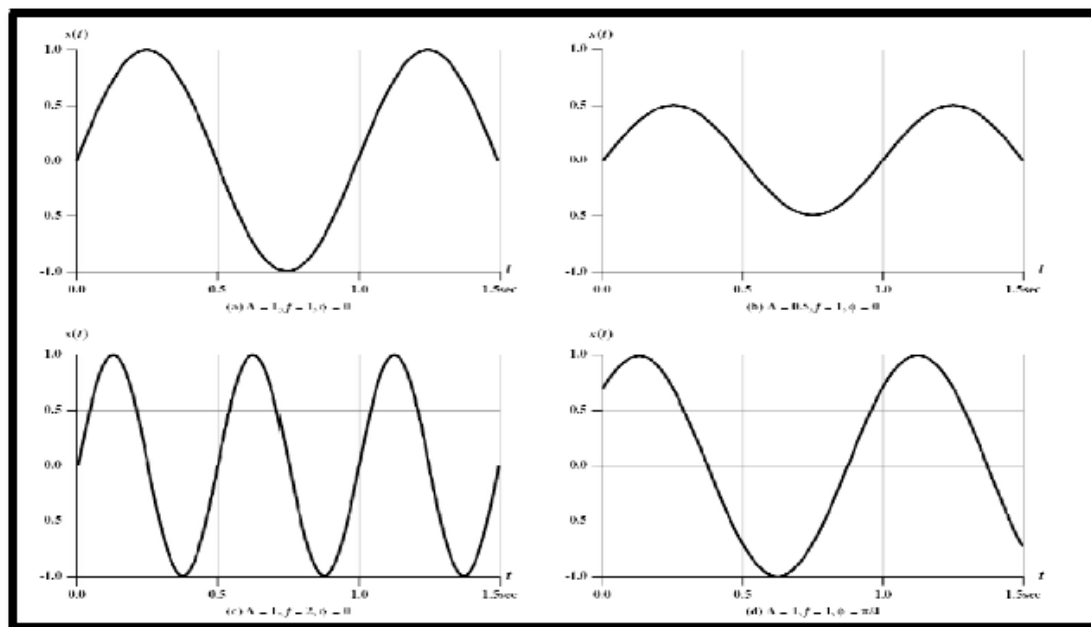
e. Satu gelombang

Sebuah gelombang bisa dikatakan sebuah gelombang penuh jika dan hanya jika gelombang tersebut memiliki satu buah bukit dan satu buah lembah.

## Gelombang Sinusoidal

Gelombang yang sering kita lihat biasanya berbentuk gelombang sinusoidal. Secara matematis umum, sebuah gelombang sinusoidal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi)$$



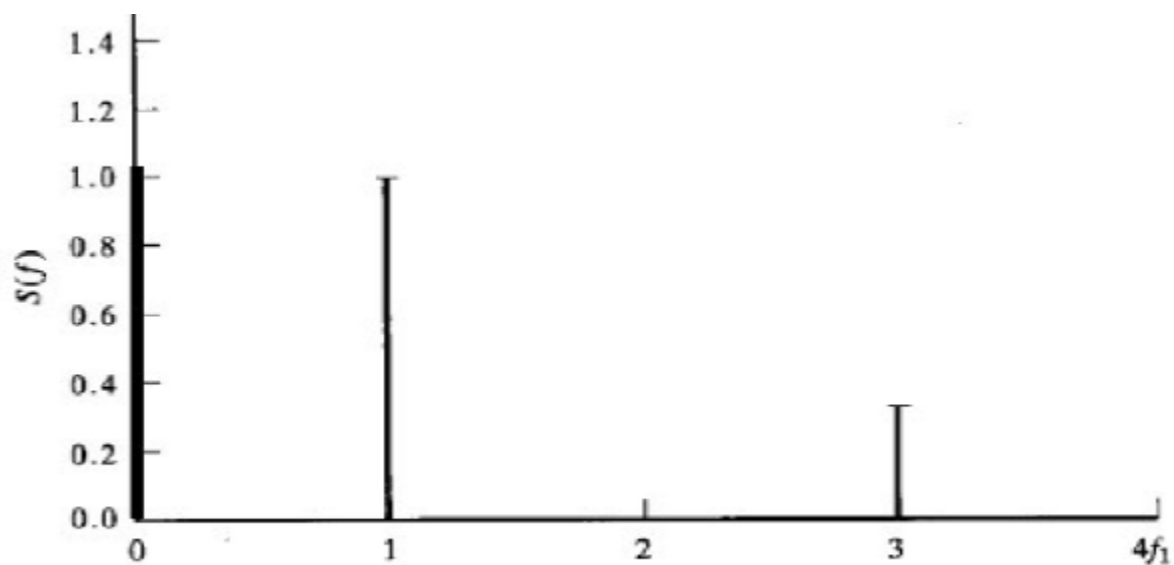
Di bagian c, frekuensi yang dimiliki gelombangnya sama dengan dua (karena memang ada dua gelombang dalam satu detik). Hal ini berarti periode yang dimiliki gelombang c adalah  $T=0.5$ . sedangkan di bagian d, fase yang dimiliki gelombang tersebut adalah  $\pi/4$  yang memiliki arti bahwa fasenya adalah 45 derajat ( $2\pi \text{ radians} = 360^\circ = 1 \text{ periode}$ ).

## Signal dan Frekuensi

Di dalam teori, sebuah sinyal elektromagnetik akan dibentuk dari banyak frekuensi. Sebagai contoh sinyal berikut ini:

$$s(t) = \left(\frac{4}{\pi}\right) * (\sin(2\pi ft) + \left(\frac{1}{3}\right) \sin(2\pi(3f)t))$$

Komponen sinyalnya adalah gelombang sin. Frekuensi keduanya adalah perkalian integer dari frekuensi yang pertama. Ketika semua komponen frekuensi dari sinyalnya adalah perkalian integer dari satu frekuensi sinyal maka frekuensi yang terakhir disebut sebagai **frekuensi fundamental**. Periode dari jumlah sinyal sama dengan periode dari frekuensi fundamental. Periode dari komponen  $\sin(2\pi ft)$  adalah  $T = 1/f$ .



(a)  $s(t) = \sin(2\pi f_1 t) + \frac{1}{3} \sin(3(2\pi f_1 t))$

## **Enkoding dan Modulasi**

Modulasi adalah proses perubahan suatu gelombang periodik sehingga menjasikan suatu sinyal dapat membawa informasi. Sedangkan encoding adalah proses untuk mengubah sinyal ke dalam bentuk yang dioptimasi untuk keperluan komunikasi data dan penyimpanan data. Kedua hal inilah yang saling mendukung untuk mengubah bentuk sinyal sehingga bisa disalurkan dari pengirim ke penerima.

Dalam hal modulasi, komunikasi data ada yang menggunakan sinyal digital. Tetapi komunikasi ini memiliki kelemahan yaitu jarak tempuh yang tidak terlalu besar akibat pengaruh noise berupa redaman yang terjadi pada media transmisi. Sedangkan komunikasi data menggunakan sinyal analog jarak tempuhnya akan menjadi lebih besar.

Dari kedua cara di atas timbullah suatu masalah yaitu bagaimana menggunakan teknik sinyal analog untuk pengiriman sinyal digital. Sinyal digital hanya mengenal dua keadaan yaitu biner (0 dan 1). Dengan teknik modulasi, sinyal digital dapat diubah menjadi sinyal analog untuk dikirimkan dan setelah samapai ke penerima akan diubah kembali menjadi sinyal digital. Ada satu teknik lagi selain teknik modulasi yaitu teknik demodulasi. Teknik demodulasi adalah teknik untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital.

### **Jenis – Jenis Modulasi**

#### **a. Amplitude Modulation (AM)**

Menggunakan amplitud sinyal analog untuk membedakan kedua keadaan sinyal digital. Frekuensi dan fasenya tetap, yang berubah hanya amplitudonya. Dengan cara ini maka keadaan amplitud "1" (high) sinyal digital diwakili dengan tegangan yang lebih besar daripada tegangan yang mewakili keadaan "0" (low) sinyal digital. AM adalah jenis modulasi yang paling mudah dan paling mudah dipengaruhi transmisinya.

b. Frequency Modulation (FM)

Amplitudo dan fasenya tidak berubah, sedangkan yang berubah hanya frekuensinya saja. Kecepatan transmisi mencapai 1200 bps. System yang umum digunakan adalah FSK (Frequency Shift Keying).

c. Phase Modulation (PM)

Fasenya berubah-ubah sedangkan amplitudo dan frekuensinya tetap. Digunakan untuk pengiriman data dalam jumlah besar dan dalam kecepatan yang tinggi. Bentuk PM yang paling sederhana adalah pergeseran sudut fase  $180^{\circ}$  setiap penyaluran bit "0" dan tidak ada pergeseran sudut bila bit "1" disalurkan.

Alat yang biasa digunakan adalah modem (modulasi dan demodulasi).

### **Kombinasi Teknik Komunikasi/Encoding**

Karena adanya perbedaan sinyal maka timbullah kombinasi komunikasi atau teknik encoding yang digunakan, yaitu:

a. Data digital, sinyal digital

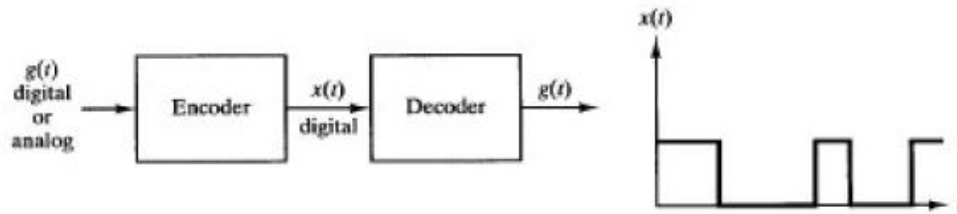
Umumnya peralatan untuk pengkodean data digital menjadi sinyal digital tidak terlalu mahal dan kompleks dibanding peralatan untuk modulasi digital-analog.

b. Data analog, sinyal digital

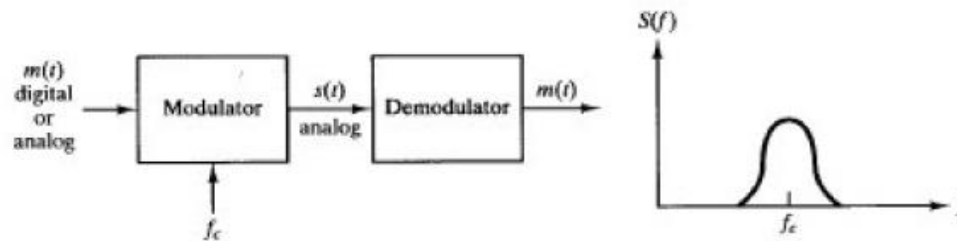
Konversi data analog menjadi bentuk digital memungkinkan pengguna transmisi digital modern dan peralatan switching.

c. Data digital, sinyal analog

Beberapa media transmisi seperti fiber optic dan media bebas serta hanya dapat menampilkan sinyal-sinyal analog.



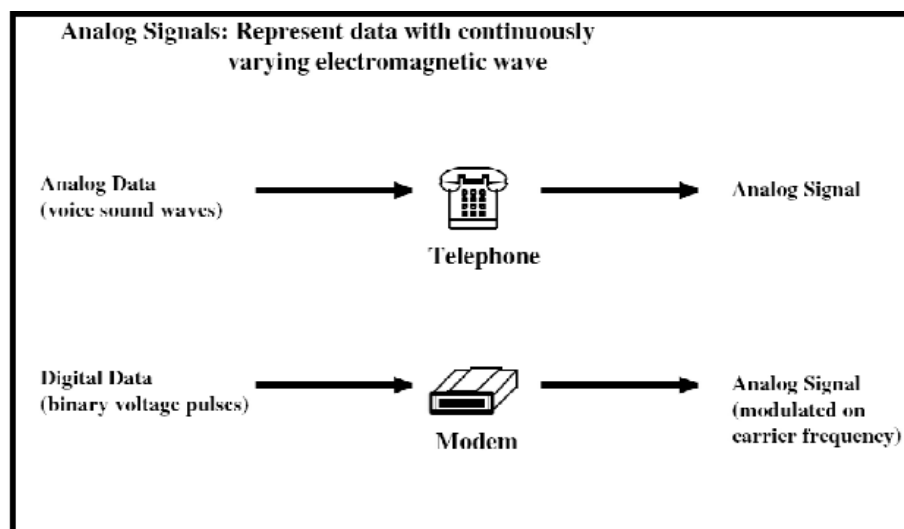
(a) Encoding onto a digital signal



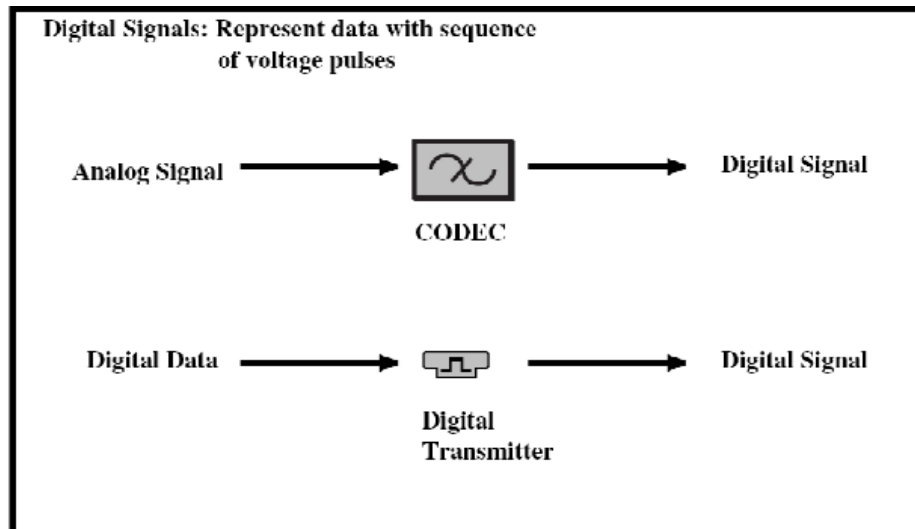
(b) Modulation onto an analog signal

d. Data analog, sinyal analog.

Data analog dalam bentuk listrik dapat ditransmisikan sebagai sinyal dasar dengan mudah dan murah. Satu kegunaan umum dari modulasi adalah untuk mengganti sinyal dasar menjadi bagian lain dari spectrum. Dengan cara ini, bermacam-macam sinyal pada posisi yang berbeda di dalam sebuah spectrum dapat ditransmisikan dalam satu media transmisi yang sama. Dengan adanya penggunaan media transmisi yang sama maka dibutuhkan sebuah proses yaitu multiplexing.







## Data Digital dan Signal Digital

Elemen sinyal adalah tiap pulsa dari sinyal digital. Data biner ditransmisikan dengan meng-encode-kan tiap bit data menjadi elemen sinyal.

Dalam mentransmisikan data digital menggunakan sinyal digital ada dua sinyal yang digunakan, yaitu:

a. Sinyal unipolar

Semua elemen sinyal yang mempunyai tanda yang sama, yaitu positif semua atau negatif semua.

b. Sinyal polar

Elemen-elemen sinyal di mana salah satu logic statenya diwakili oleh level tegangan positif dan yang lainnya oleh tegangan negatif.

Tugas-tugas receiver dalam mengartikan sinyal-sinyal digital antara lain:

a. Mengetahui timing dari tiap-tiap bit

b. Menentukan apakah level sinyal dalam posisi bit high (1) atau low (0).

Tugas-tugas ini dilaksanakan dengan men-sampling (mengambil contoh) tiap posisi bit pada tengah-tengah interval dan membandingkan nilainya dengan threshold. Faktor-faktor yang mempengaruhi kesuksesan receiver dalam mengartikan sinyal yang datang antara lain:

a. Data rate (kecepatan data)

Peningkatan data rate akan meningkatkan bit error rate (kecepatan error dari bit)

b. Bandwidth

Peningkatan bandwidth dapat meningkatkan data rate.

Ada beberapa teknik encoding yang dapat digunakan dalam mengartikan data digital menjadi sinyal digital, yaitu:

a. Nonreturn to zero level (NRZ)

Suatu kode di mana tegangan negatif dipakai untuk mewakili suatu binary dan tegangan positif dipakai untuk mewakili binary lainnya.

b. Nonreturn to zero Inverted (NRZI)

Suatu kode di mana suatu transisi (low ke high atau high ke low) pada awal suatu bit time akan dikenal sebagai biner 1 untuk bit time tersebut. Tidak ada transisi berarti biner 0. Sehingga NRZI merupakan salah satu contoh dari differensial encoding.

c. Bipolar-AMI

Suatu kode dimana biner 0 diwakili dengan tidak adanya line sinyal dan biner 1 diwakili oleh suatu pulsa positif atau negatif.

d. Pseudoternary

Suatu kode di mana biner 1 diwakili oleh ketiadaan sinyal dan biner 0 diwakili oleh pergantian pulsa-pulsa positif dan negatif.

e. Manchester

Suatu kode di mana ada suatu transisi pada setengah dari periode tiap bit, transisi low ke high mewakili 1 dan high ke low mewakili 0.

f. Differential Manchester

Suatu kode di mana biner 0 diwakili oleh adanya transisi di awal periode suatu bit dan biner 1 diwakili oleh ketiadaan transisi di awal periode suatu bit.

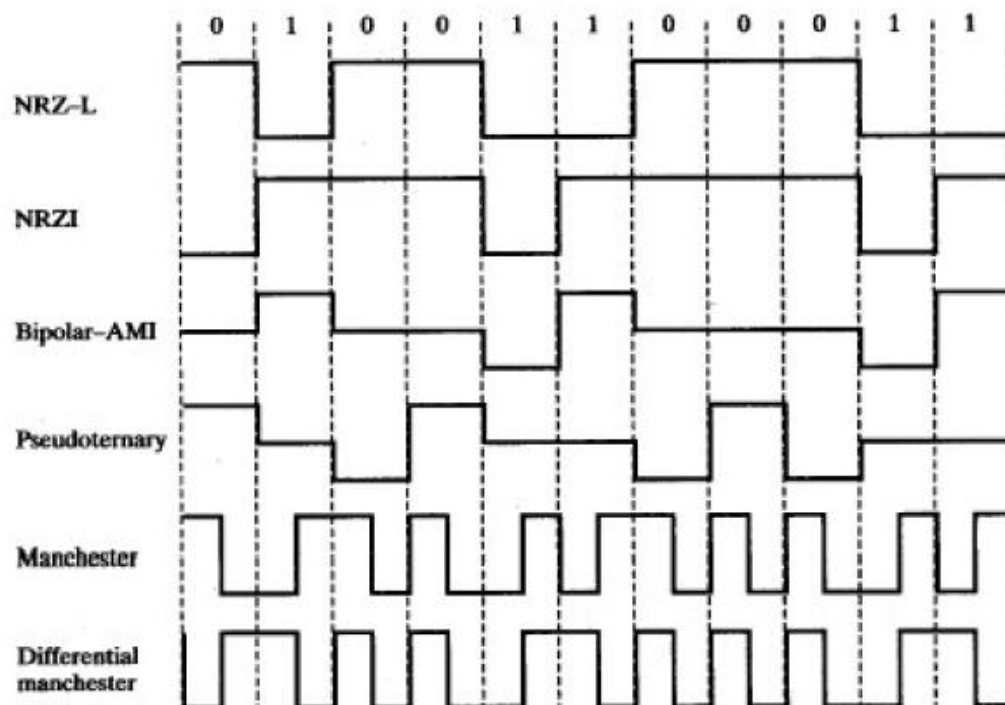
g. B8ZS (Bipolar with 8-Zeros Substitution)

Suatu kode di mana jika:

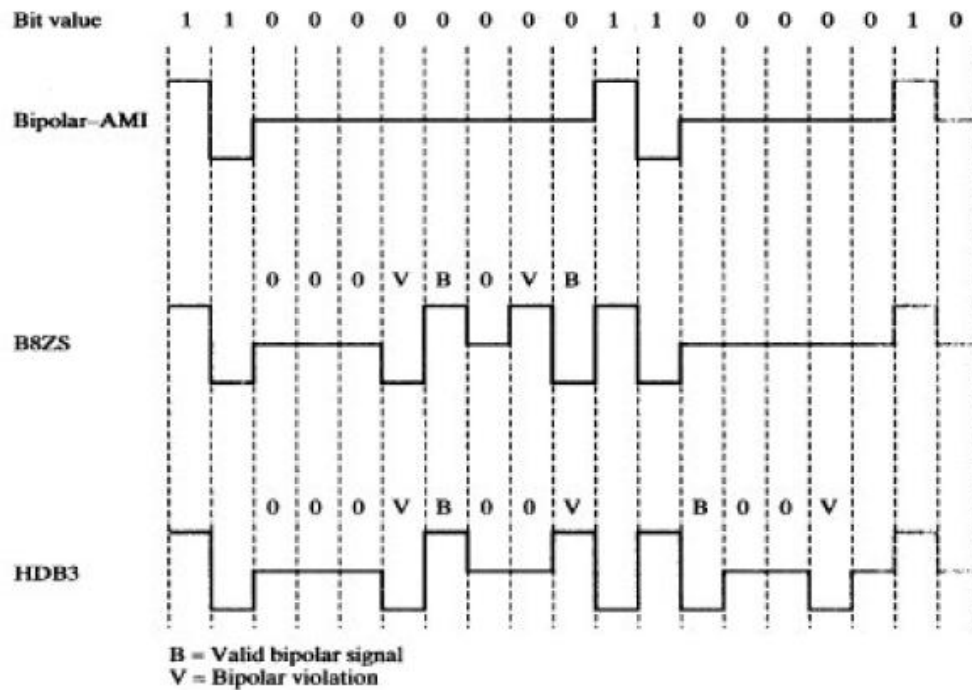
1. Jika terjadi oktaf dari semua nol dan pulsa tegangan terakhir yang mendahului oktaf ini adalah positif, maka 8 nol dari oktaf tersebut di-encode sebagai 000+-0-+.
2. Jika terjadi oktaf dari semua nol dan pulsa tegangan terakhir yang mendahului oktaf ini adalah negatif, maka 8 nol dari oktaf tersebut di-encode sebagai 000-+0+-.

h. HDB3 (High Density Bipolar-3 zeros)

Suatu kode di mana kode tersebut menggantikan string-string dari 4 nol dengan rangkaian yang mengandung satu atau dua pulsa atau disebut kode violation, jika violation terakhir positif maka violation ini pasti negatif dan sebaliknya.



Format Enkoding



### Aturan Enkoding

Keterangan masing-masing kode diatas adalah :

Format Encoding	Keterangan
<i>Nonreturn-to-Zero-Level (NRZ-L)</i>	0 = high level 1 = low level
<i>Nonreturn-to-Zero-Inverted (NRZI)</i>	0 = tidak ada transisi pada awal interval 1 = transisi pada awal interval
<i>Bipolar-AMI</i>	0 = tidak ada lintasan sinyal (0) 1 = level positif atau negatif, bergantian secara berturut-turut
<i>Pseudoternary</i>	0 = level positif atau negatif, bergantian secara berturut-turut 1 = tidak ada lintasan sinyal (0)
<i>Manchester</i>	0 = transisi high ke low pada tengah interval 1 = transisi low ke high pada tengah interval
<i>Differential Manchester</i>	Transisi selalu pada tengah interval 0 = transisi pada awal interval 1 = tidak ada transisi pada awal interval
<i>B8ZS</i>	Sama dengan Bipolar-AMI, kecuali setiap 8 kali biner 0 diganti oleh 2 kode pengganggu
<i>HDB3</i>	Sama dengan Bipolar-AMI, kecuali setiap 4 kali biner 0 diganti oleh 1 kode pengganggu

## Kecepatan Modulasi

Ketika sebuah teknik encoding digunakan, sebuah hubungan perlu dibuat antara data rate dan modulation rate. Secara matematis data rate atau bit rate dinyatakan sebagai berikut:

$$1/T_b, \text{ di mana } T_b = \text{durasi bit.}$$

Untuk menghitung modulasi rate atau kecepatan modulasi digunakan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{R}{L} = \frac{R}{\log_2 M}$$

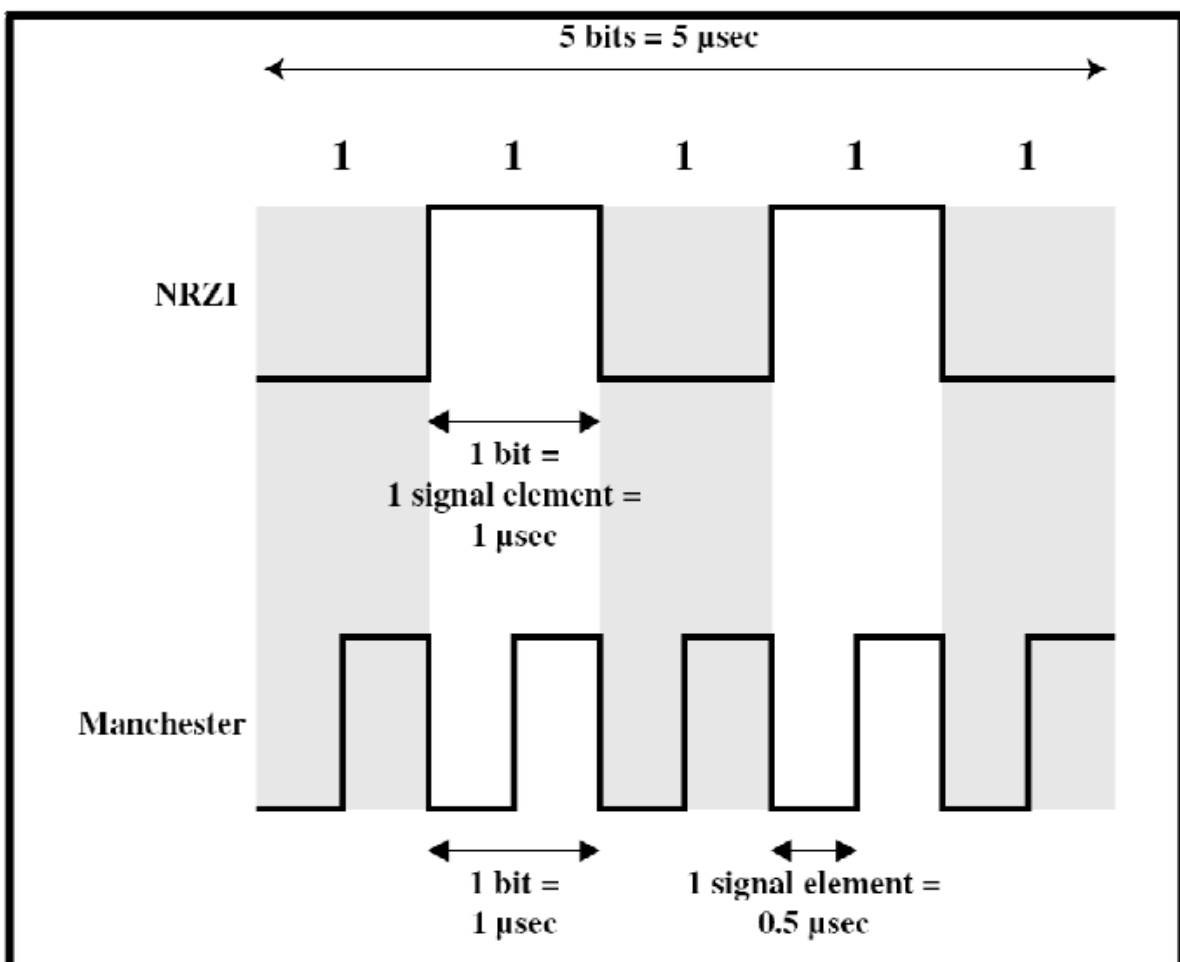
Di mana:

$D$  = modulation rate (baud)

$R$  = data rate (bps)

$M$  = jumlah dari elemen sinyal yang berbeda =  $2^L$

$L$  = jumlah dari bit per elemen sinyal



## Data Digital dan Signal Analog

Contoh umum transmisi data digital dengan menggunakan sinyal analog adalah jaringan telepon publik. Alat yang digunakan yaitu modem sebagai transmitter yang mengubah data digital ke sinyal analog (modulator) dan sebaliknya mengubah sinyal analog menjadi data digital (demodulator).

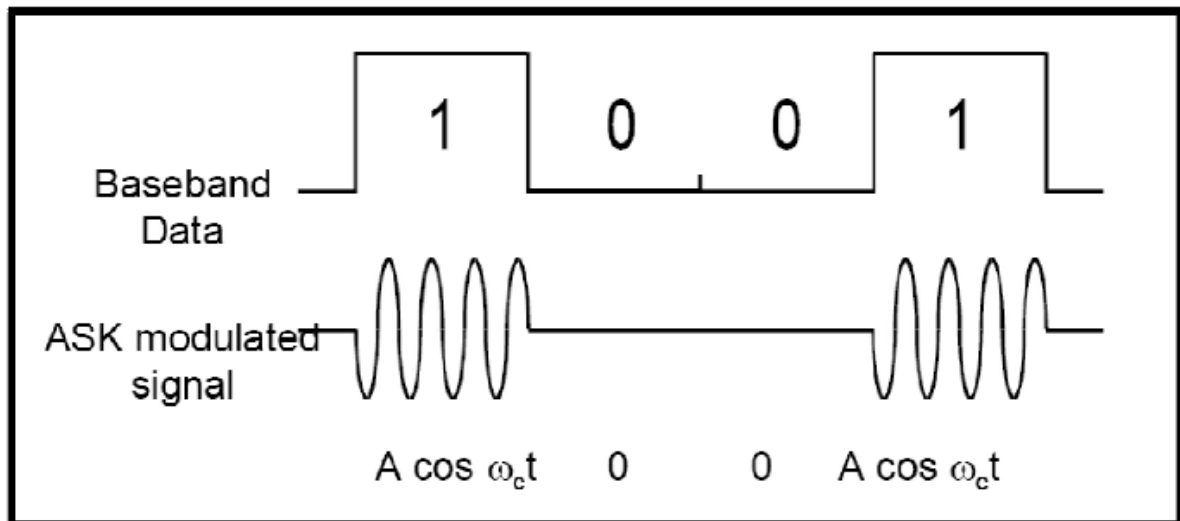
Ada tiga jenis teknik modulasi yang dapat diterapkan untuk mentransformasi data yang berupa sinyal digital menjadi sinyal analog, yaitu :

- Amplitudo-shift keying (ASK)
- Frequency-shift keying (FSK)
- Phase-shift keying (PSK)

a. Amplitude Shift Keying (ASK)

Dua biner diwakilkan dengan dua amplitudo frekuensi carrier (pembawa) yang berbeda. Secara matematis dinyatakan dalam:

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & \text{biner 1} \\ 0 & \text{biner 0} \end{cases}$$

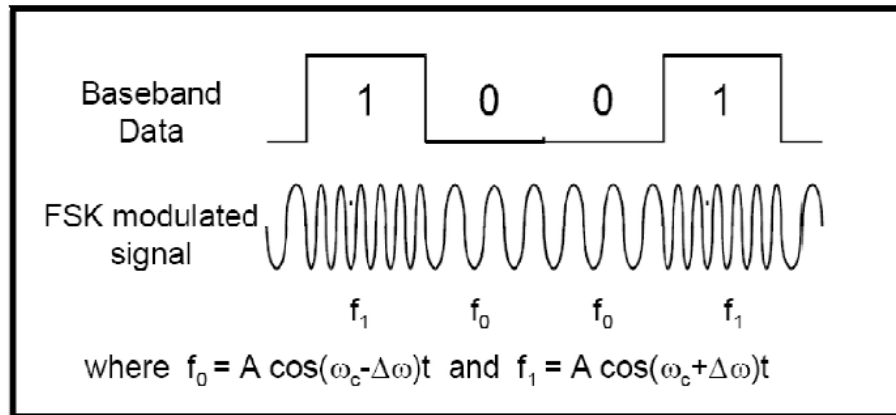


Data rate hanya sampai 1200 bps pada voice-grade line. Dipakai untuk transmisi melalui fiber optik.

b. Frequency Shift Keying (FSK)

Dua biner diwakilkan dengan dua frekuensi berbeda yang dekat dengan frekuensi carrier. Secara matematis dinyatakan dalam:

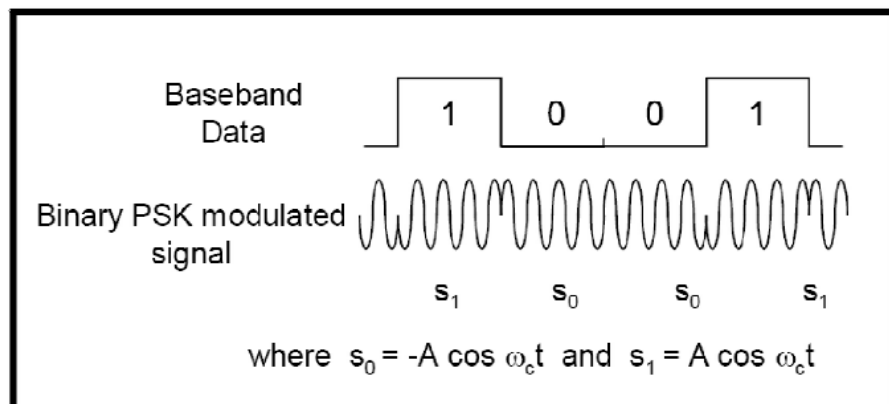
$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_1 t) & \text{biner 1} \\ A \cos(2\pi f_2 t) & \text{biner 0} \end{cases}$$



c. Phase Shift Keying (PSK)

Biner 0 diwakilkan dengan mengirim suatu sinyal dengan fase yang sama terhadap sinyal dikirim sebelumnya dan biner 1 diwakilkan dengan mengirim suatu sinyal dengan fase berlawanan terhadap sinyal yang dikirim sebelumnya, atau secara matematis dapat dinyatakan sebagai:

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t + \pi) & \text{biner 1} \\ A \cos(2\pi f_c t) & \text{biner 0} \end{cases}$$



## Data Analog dan Signal Digital

Transformasi data analog ke sinyal digital dikenal sebagai **digitalisasi**. Tiga hal yang paling umum terjadi setelah proses digitalisasi:

- Data digital dapat ditransmisi menggunakan teknik encoding NRZ-L
- Data digital dapat di-encode sebagai sinyal digital memakai kode selain NRZ-L. Dengan demikian diperlukan langkah tambahan.
- Data digital dapat diubah menjadi sinyal analog menggunakan salah satu teknik modulasi yang sudah dijelaskan sebelumnya.

Codec (coder-decoder) adalah peralatan yang digunakan untuk mengubah data analog menjadi bentuk digital untuk transmisi dan kemudian mendapatkan kembali data analog dari asal dari data digital tersebut. Dua teknik yang digunakan dalam codec adalah:

- Pulse code modulation  
Frekuensi sampling harus lebih besar atau sama dengan dua kali frekuensi tertinggi dari sinyal.
- Delta code modulation  
Proses di mana suatu input analog didekati dengan suatu fungsi yang bergerak naik atau turun dengan satu level quantization ( $\delta$ ) pada setiap interval sampling dan outputnya diwakilkan sebagai suatu bit biner tunggal untuk tiap sampel

## Data Analog dan Signal Analog

Teknik modulasi memakai data analog:

- Amplitude modulation (AM)

Dikenal sebagai double sideband transmitter carrier. Secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$s(t) = [1 + n_a x(t)] \cos 2\pi f_c t$$

Di mana:

$\cos 2\pi f_c t$  = carrier

$x(t)$  = sinyal input (pembawa data)

$n_a$  = indeks modulasi (rasio amplitudo dari sinyal input terhadap carrier).



Jenis-jenis AM:

1. Single Sideband (SSB) dimana jenis ini yang paling populer dan di mana hanya ada satu sideband dan menghapus sideband lain dan carrier-nya.

Keuntungannya:

- a) Hanya separuh dari bandwidth yang dibutuhkan
  - b) Diperlukan tenaga listrik yang lebih kecil sebab tidak ada tenaga listrik yang dipakai untuk mentransmisi carrier pada sideband yang lain.
2. Double Sideband Suppressed Carrier (DSBSC) dimana menyaring frekuensi carrier dan mengirimkan kedua-dua sideband. Keuntungannya adalah menghemat tenaga listrik tetapi memakai bandwidth yang lebih besar.

Kerugian dari kedua-duanya adalah menahan carrier padahal carrier dapat dipakai untuk tujuan sinkronisasi. Solusinya adalah menggunakan vestigial sideband (VSB) di mana memakai satu sideband dan mengurangi tenaga listrik untuk carrier.

- b. Frequency modulation (FM)
- c. Phase modulation (PM)

Teknik modulasi memakai data analog:

- a. Amplitude modulation (AM)

Dikenal sebagai double sideband transmitter carrier. Secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$s(t) = [1 + n_a x(t)] \cos 2\pi f_c t$$

Di mana:

$\cos 2\pi f_c t$  = carrier

$x(t)$  = sinyal input (pembawa data)

$n_a$  = indeks modulasi (rasio amplitudo dari sinyal input terhadap carrier).