



# **DASAR TELKOMUNIKASI**

# **PERTERMUAN**

# **KE 3**

- 
- **KUANTISASI**
  - **DIGITALISASI**
  - **MODULASI**

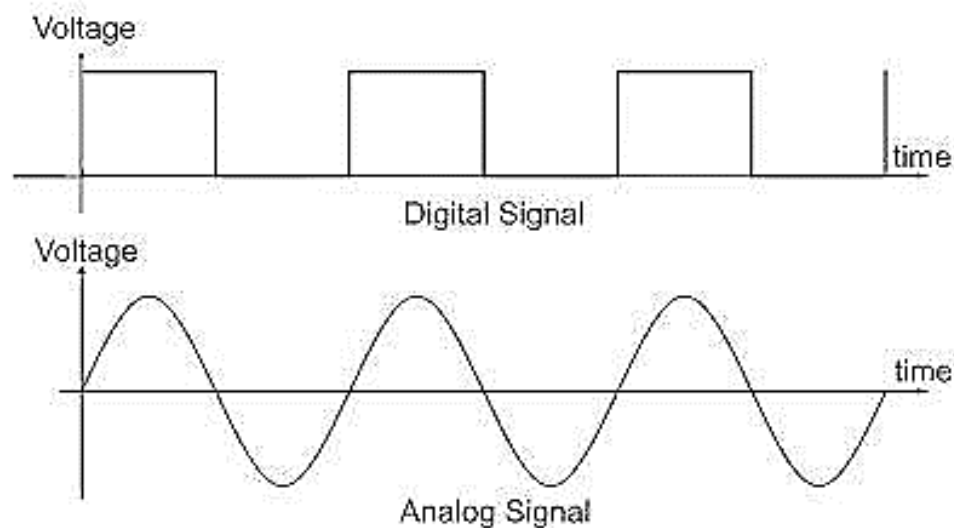
# BENTUK SINYAL INFORMASI

## Sinyal Informasi Analog

- Bentuknya kontinyu
- Biasanya berbentuk sinusoida
- Memiliki amplitude, frekuensi dan fasa

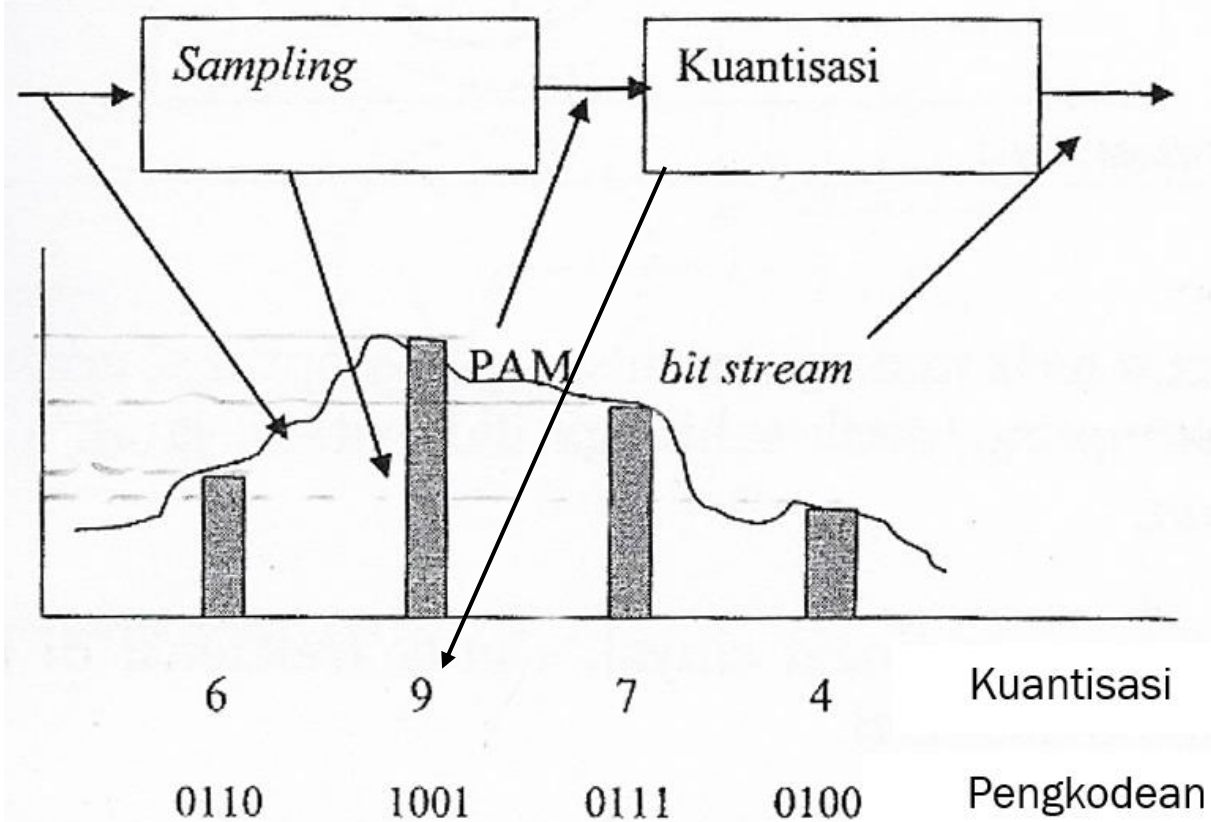
## Sinyal Informasi Digital

- Bentuknya diskrit
- Bernilai 0 dan 1
- Terdapat istilah bit, bit interval dan bit rate



Gambar 1. Bentuk sinyal analog dan digital

# PENGGKODEAN



$$\text{Kecepatan Bit Stream} = S \times K$$

Dimana :

S = Jumlah *sampling*/detik

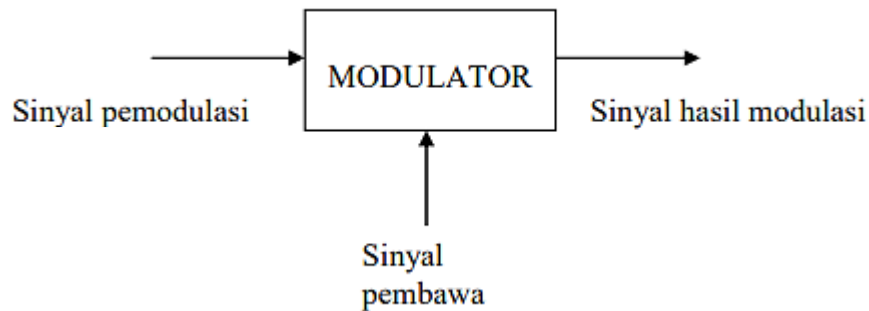
K = Jumlah bit/*sampling*

Level Kuantisasi	Kode Biner
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

Gambar 2. Sampling, Kuantisasi, Pengkodean

# MODULASI

**Modulasi** adalah sebuah proses penumpangan sinyal informasi kepada sinyal pembawa (carier), yang memiliki frekuensi yang jauh lebih tinggi apabila dibandingkan dengan frekuensi sinyal informasi. Dengan merubah amplitudo, frekuensi atau fasa.



Gambar 3. Bentuk diagram Modulasi

Sinyal informasi sebelum dikirimkan ke penerima, maka terlebih dahulu dimodulasi. Hal ini dilakukan, karena apabila sinyal informasi dikirim tanpa melalui proses modulasi, untuk menggunakan kanal radio. Maka jarak jangkauan dari sinyal informasi sangat dekat, atau membutuhkan dimensi antena yang sangat besar, untuk menjangkau jarak yang jauh.



# BENTUK MODULASI

Bentuk-bentuk dasar dari modulasi adalah

## Modulasi Analog

Apabila sinyal informasi berupa sinyal analog, dengan sinyal pembawa yang analog, dengan mengubah amplitudo, frekuensi dan fasa.

Contoh :

- Modulasi Amplitudo (*Amplitudo Modulation* (AM))
- Modulasi Frekuensi (*Frequency Modulation* (FM))
- Modulasi Fasa (*Phase Modulation* (PM))

## Modulasi Digital

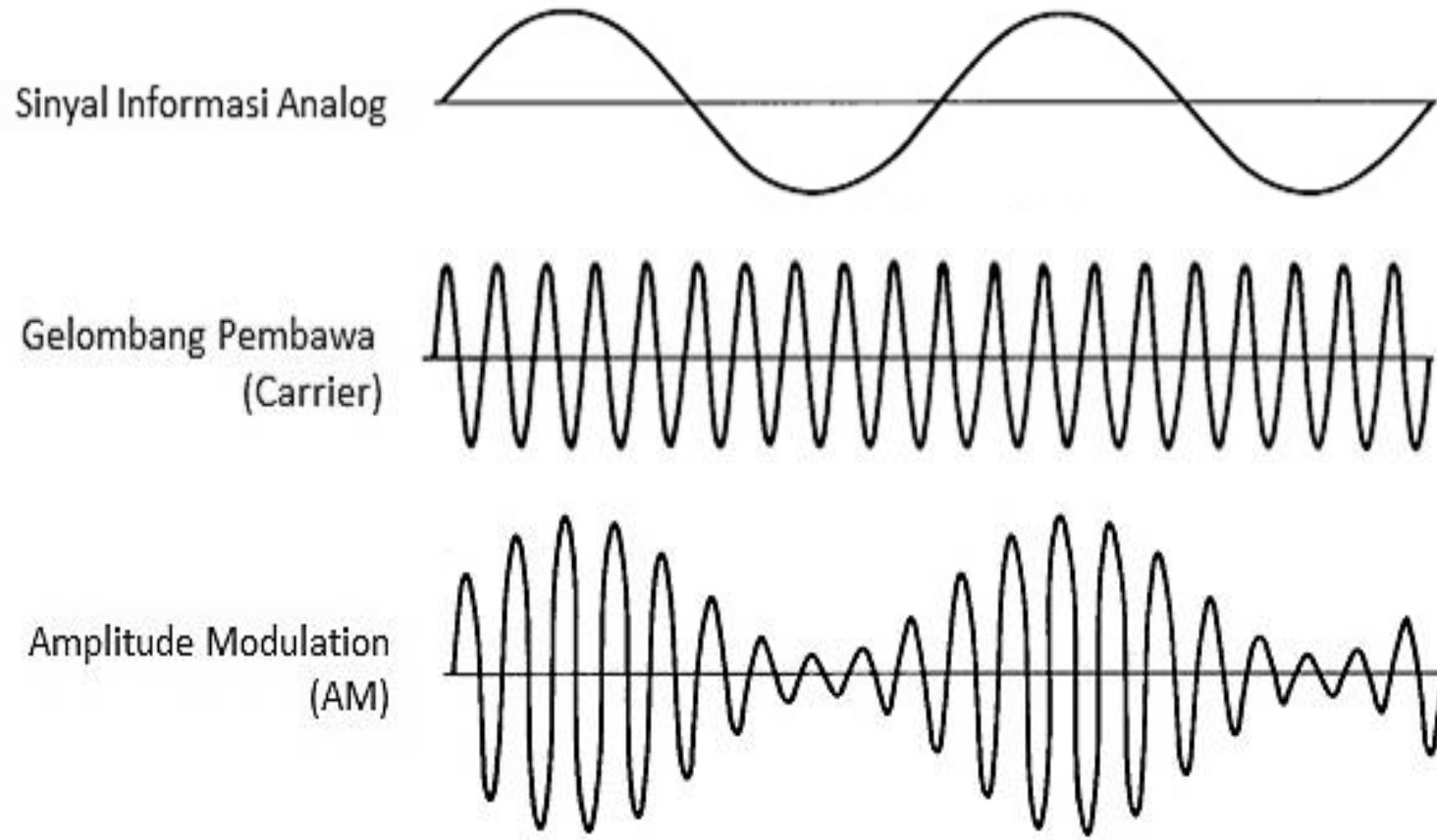
Apabila sinyal informasi berupa sinyal digital, menggunakan sinyal pembawa analog, dengan mengubah amplitudo, frekuensi dan fasa.

Contoh :

- *Amplitude Shift Keying* (ASK)
- *Frequency Shift Keying* (FSK)
- *Phase Shift Keying* (PSK)

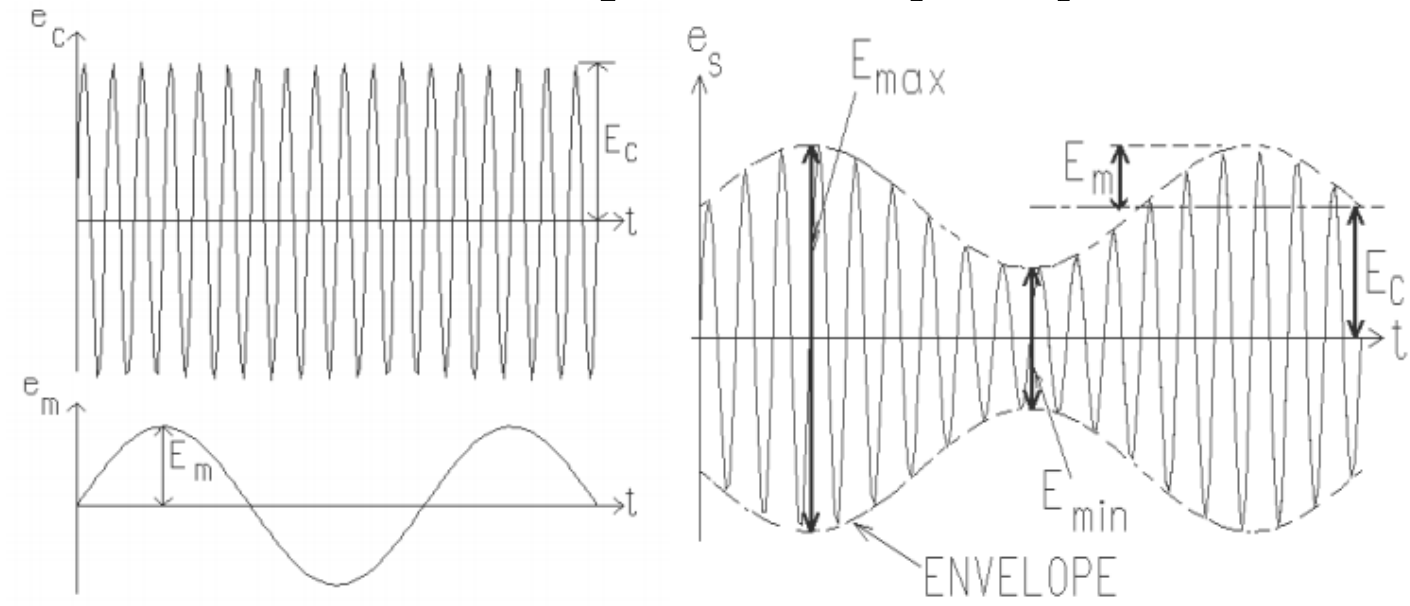
# Bentuk Sinyal Modulasi Amplitudo (AM)

Modulasi Amplitudo (AM) dimana sinyal informasi analog memodulasi amplitude sinyal pembawa.



Gambar 4. Bentuk modulasi sinyal AM

# Modulasi Amplitudo (AM)



Sinyal pembawa berupa gelombang sinus dengan persamaan :

$$e_c = E_c \sin \omega_c t$$

Gambar 5. Pengaruh Indeks Modulasi

Sinyal pemodulasi, untuk memudahkan analisa, diasumsikan sebagai gelombang sinusoidal juga, dengan persamaan matematisnya:

$$e_m = E_m \sin \omega_m t$$

dimana,

$E_c$  = amplituda maksimum sinyal pembawa

$\omega_c = 2\pi f_c$  dengan  $f_c$  adalah frekuensi sinyal pembawa

$E_m$  = amplituda maksimum sinyal pemodulasi

$\omega_m = 2\pi f_m$  dengan  $f_m$  adalah frekuensi sinyal pemodulasi

Sinyal AM, yakni sinyal hasil proses modulasi amplituda, diturunkan dari :

$$e_s = (E_c + e_m) \sin \omega_c t$$

menjadi,

$$e_s = E_c (1 + m \sin \omega_m t) \sin \omega_c t$$

Diuraikan menjadi,

Identitas trigonometri:  
 $\sin A \sin B = \frac{1}{2} [\cos(A-B) - \cos(A+B)]$

$$e_s = E_c \sin \omega_c t + \frac{mE_c}{2} \cos(\omega_c - \omega_m)t - \frac{mE_c}{2} \cos(\omega_c + \omega_m)t$$

Indeks modulasi ,  $m = \frac{E_m}{E_c}$

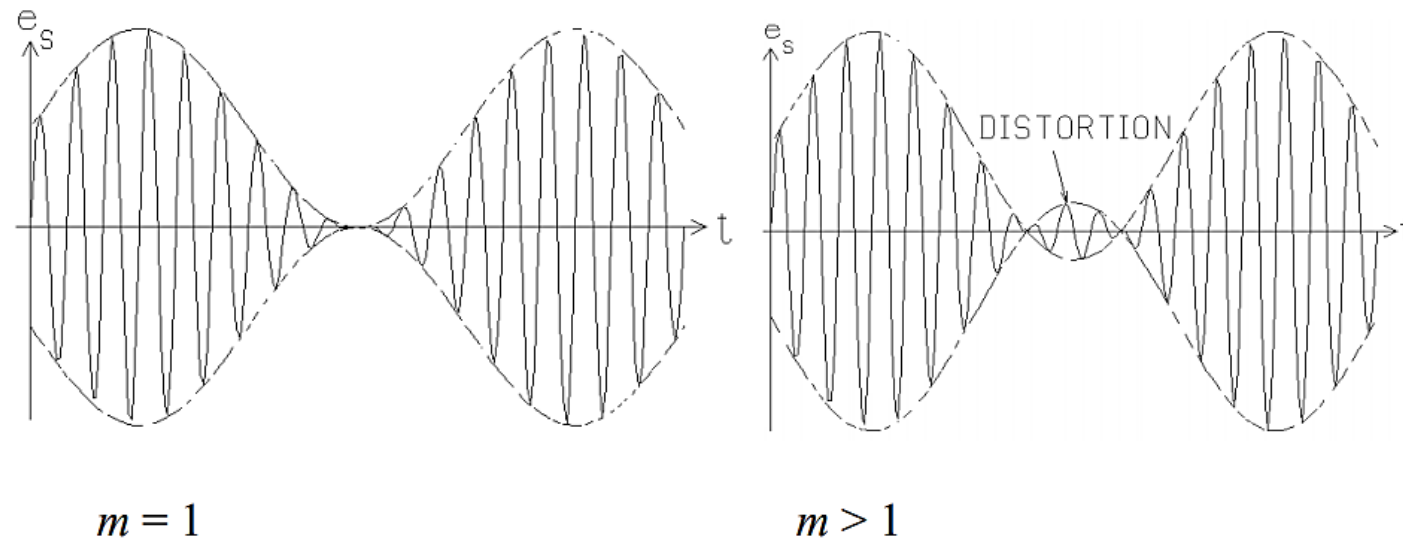
merupakan ukuran seberapa dalam sinyal informasi memodulasi sinyal pembawa.



Dengan memperhatikan Gambar 5, indeks modulasi dapat dituliskan:

$$m = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$$

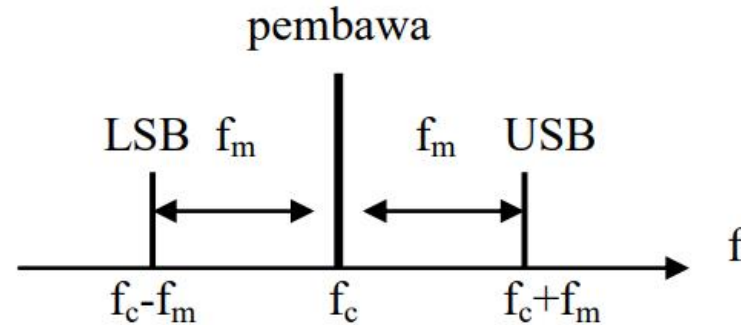
Pengaruh indeks modulasi :



Gambar 6. Pengaruh Indeks Modulasi

Kondisi  $m=1$  adalah kondisi ideal, dimana proses modulasi amplituda menghasilkan output terbesar di penerima tanpa distorsi.

Spektrum sinyal AM dapat digambarkan sebagai berikut:



Keterangan: LSB (Lower Side Band); USB(Upper Side Band)

Gambar 6. Spektrum Sinyal AM

Dari gambar 6. terlihat, modulasi amplituda memerlukan bandwidth 2x bandwidth sinyal pemodulasi ( $= 2f_m$ ).

Daya total sinyal AM:

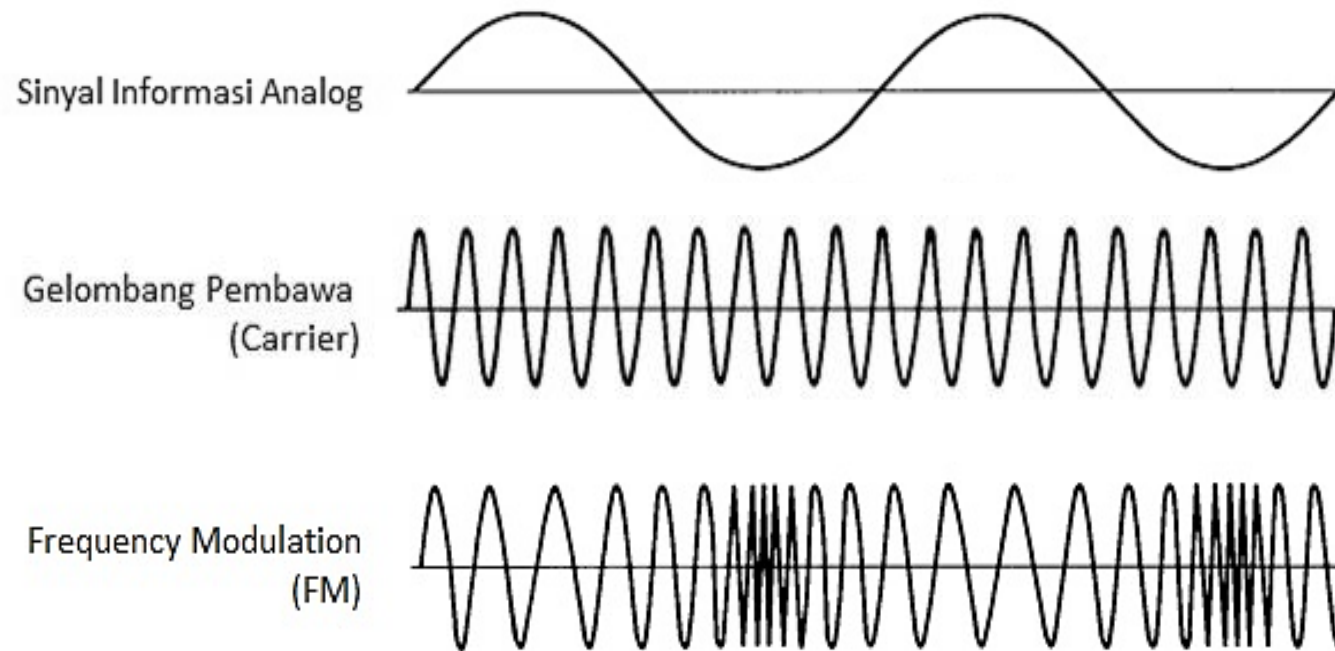
$$P_t = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) = P_c + \frac{P_c m^2}{2}$$

dimana  $P_c$  adalah daya sinyal pembawa dan  $\frac{P_c m^2}{2}$  adalah daya total sideband (LSB +USB)

# Frequency Modulasi (FM)

Pada modulasi frekuensi sinyal informasi mengubah-ubah frekuensi gelombang pembawa, sedangkan amplitudanya konstan selama proses modulasi.

## Bentuk Frequency Modulasi (FM)



Gambar 7. Modulasi Frekuensi

Besar perubahan frekuensi (deviasi)  $\delta$ , dari sinyal pembawa sebanding dengan amplituda sesaat sinyal pemodulasi, sedangkan laju perubahan frekuensinya sama dengan frekuensi sinyal pemodulasi.

Persamaan sinyal FM dapat dituliskan :

$$e_{FM} = E_c \sin(\omega_c t + m_f \sin \omega_m t)$$

dimana,

$e_{FM}$  : Nilai sesaat sinyal FM

$E_c$  = amplituda maksimum sinyal pembawa

$\omega_c = 2\pi f_c$  dengan  $f_c$  adalah frekuensi sinyal pembawa

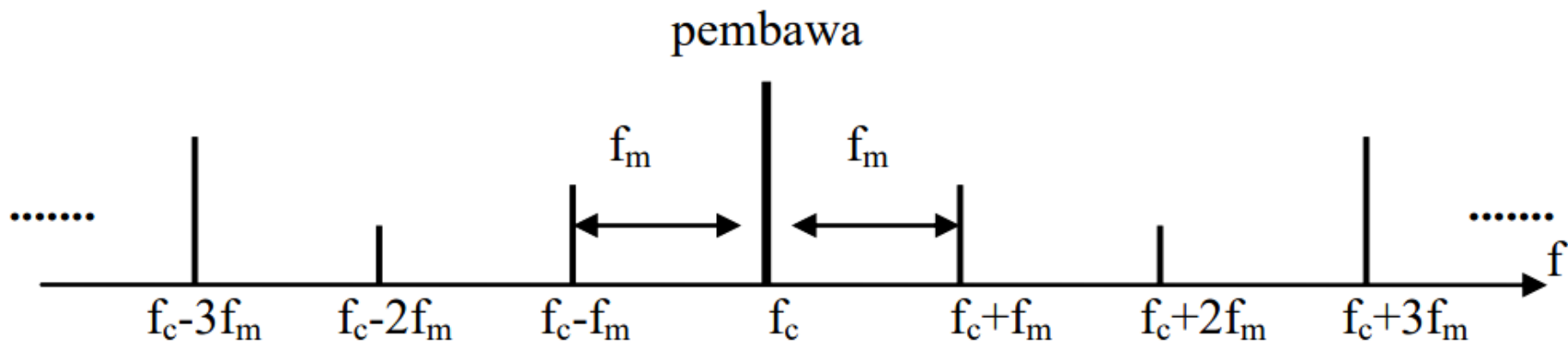
$\omega_m = 2\pi f_m$  dengan  $f_m$  adalah frekuensi sinyal pemodulasi

$m_f = \frac{\delta}{f_m}$  : indeks modulasi frekuensi

$$\delta = k E m_{max}$$

K = konstanta deviasi frekuensi

Spektrum frekuensi sinyal FM dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 8. Spektrum Sinyal FM

Terlihat dari gambar 8, bandwidth sinyal FM adalah tak berhingga. Namun pada praktek biasanya hanya diambil bandwidth dari jumlah sideband yang signifikan.

Jumlah sideband signifikan ditentukan oleh besar indeks modulasinya, dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 1. Fungsi Bessel

$\beta$	$J_0(\beta)$	$J_1(\beta)$	$J_2(\beta)$	$J_3(\beta)$	$J_4(\beta)$	$J_5(\beta)$	$J_6(\beta)$	$J_7(\beta)$	$J_8(\beta)$	$J_9(\beta)$
0.01	1.0	0.005								
0.2	0.99	0.1								
0.5	0.94	0.24	0.03							
1	0.77	0.44	0.11	0.02						
2	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03					
3	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01			
4	-0.4	-0.7	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02		
5	-0.18	-0.33	0.05	0.37	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	
6	0.15	-0.28	-0.23	0.12	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02

$J_i$  : nilai amplituda komponen frekuensi sideband ke  $i$  ( $i \neq 0$ )

$J_o$  : nilai amplituda komponen frekuensi sinyal pembawa (bukan sideband)

$\beta = m_f$  : indeks modulasi

Contoh Soal :

untuk besar indeks modulasi 0.5, dari tabel didapat jumlah sideband signifikan adalah 2 (untuk satu sisi), sehingga bandwidth yang dibutuhkan jika  $f_m = 2\text{kHz}$ , dapat dihitung dari,  
 $\text{BWFM} = 2 \times \text{jumlah sideband signifikan} \times f_m$

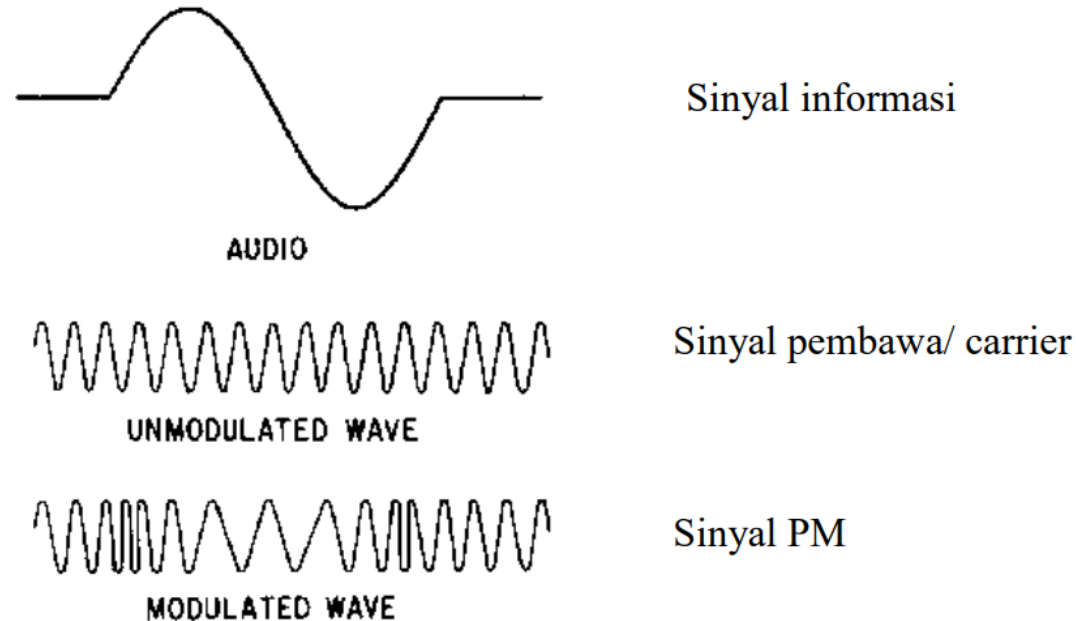
**Contoh Soal :**

Untuk besar indeks modulasi 0.5, dari tabel didapat jumlah sideband signifikan adalah 2 (untuk satu sisi), sehingga bandwidth yang dibutuhkan jika  $f_m = 2\text{kHz}$ , dapat dihitung :

$$\begin{aligned}\text{BWFM} &= 2 \times \text{jumlah sideband signifikan} \times f_m \\ &= 2 \times 2 \times 2\text{k} = 8 \text{ kHz}\end{aligned}$$

# Phase Modulasi (PM)

Pada modulasi ini sinyal informasi mengubah-ubah fasa gelombang pembawa. Besar perubahan fasa sebanding dengan amplituda sesaat sinyal pemodulasi.



Gambar 9. Modulasi Fasa

Perbedaannya terletak pada posisi perubahan frekuensi, jika pada modulasi frekuensi deviasi tertinggi dicapai pada amplituda puncak dari sinyal pemodulasi, pada modulasi fasa **deviasi maksimum terjadi pada saat sinyal modulasi berubah pada laju yang paling tinggi** (slope terbesar), yakni perubahan dari nilai positif ke negatif dan sebaliknya. Proses modulasi fasa terlihat pada Gambar 9.



Persamaan sinyal PM serupa dengan sinyal FM, perbedaannya hanya terletak pada definisi indeks modulasinya,

$$e_{PM} = E_c \sin(\omega_c t + m_p \sin \omega_m t)$$

Dimana :

$m_p$  = indeks modulasi fasa, yakni nilai maksimum perubahan fasa.

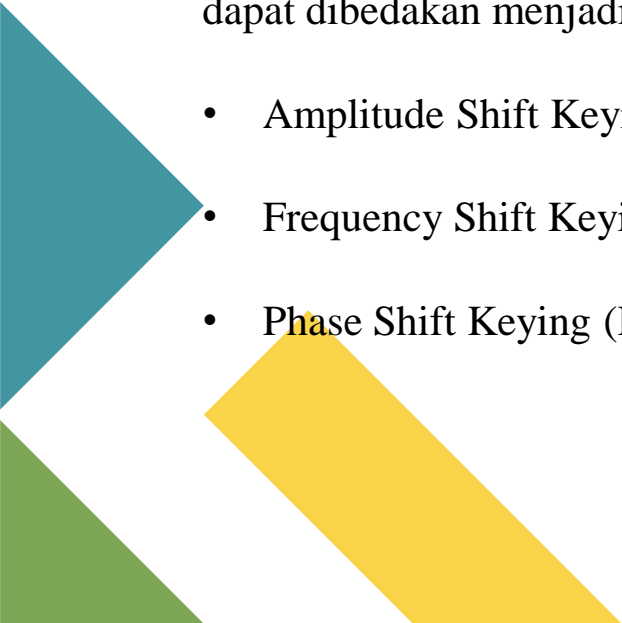
Indeks modulasi FM berubah secara proporsional terhadap perubahan amplituda dan frekuensi sinyal pemodulasi, sedangkan indeks modulasi PM hanya berubah secara proporsional terhadap perubahan amplituda sinyal pemodulasi saja.

# Modulasi DIGITAL



Pada modulasi digital, sinyal pemodulasinya berupa sinyal digital.

Pada teknik modulasi biner, proses modulasi berhubungan dengan dua kemungkinan nilai besaran baik itu amplituda, frekuensi atau fasa dari sinyal pembawa, sesuai dengan simbol “0” dan “1”. Dilihat dari jenis besaran yang diubah, jenis modulasi digital dapat dibedakan menjadi:

- Amplitude Shift Keying (ASK)
  - Frequency Shift Keying (FSK)
  - Phase Shift Keying (PSK).
- 

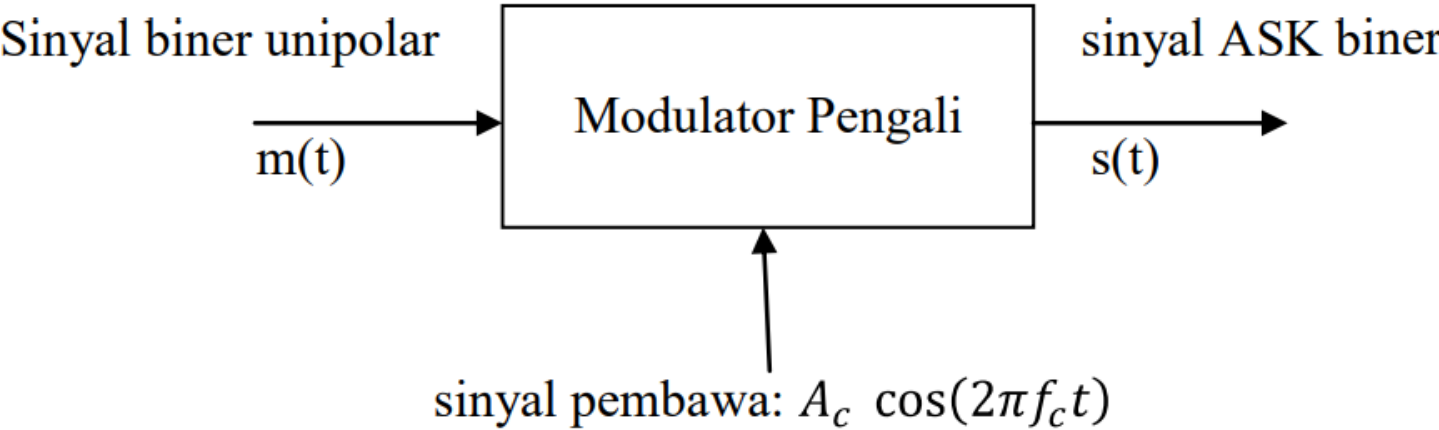
# ***Amplitude Shift Keying (ASK)***

Pada system ASK, simbol biner “1” direpresentasikan dengan mentransmisikan sinyal pembawa sinusoidal dengan amplituda maksimum  $A_c$  dan frekuensi  $f_c$ , dimana kedua besaran tersebut konstan, selama durasi bit  $T_b$  detik. Amplitudo frekuensi pembawa akan berubah sesuai dengan logik sinyal informasi. Sedangkan simbol biner “0” direpresentasikan dengan tanpa mengirimkan sinyal pembawa tersebut selama durasi bit  $T_b$  detik.

Secara matematis dapat dituliskan:

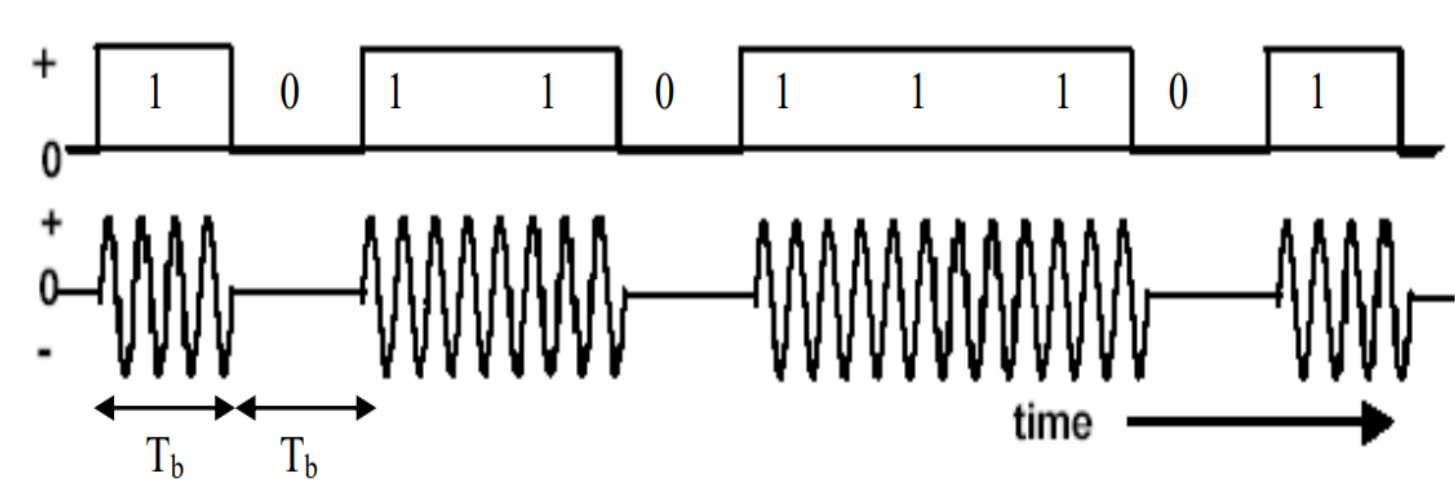
$$s(t) = \begin{cases} A_c \cos(2\pi f_c t), & \text{untuk simbol '1'} \\ 0, & \text{untuk simbol '0'} \end{cases}$$

Pembangkitan sinyal Binary ASK (BASK) dapat dilakukan dengan melalukan data biner dalam format unipolar dan sinyal pembawa sinusoidal ke suatu modulator pengali, seperti tampak pada Gambar 11.



Gambar 11. Pembangkitan Sinyal BASK

# Amplitude Shift Keying (ASK)



Gambar 10. Amplitudo Shift Keying

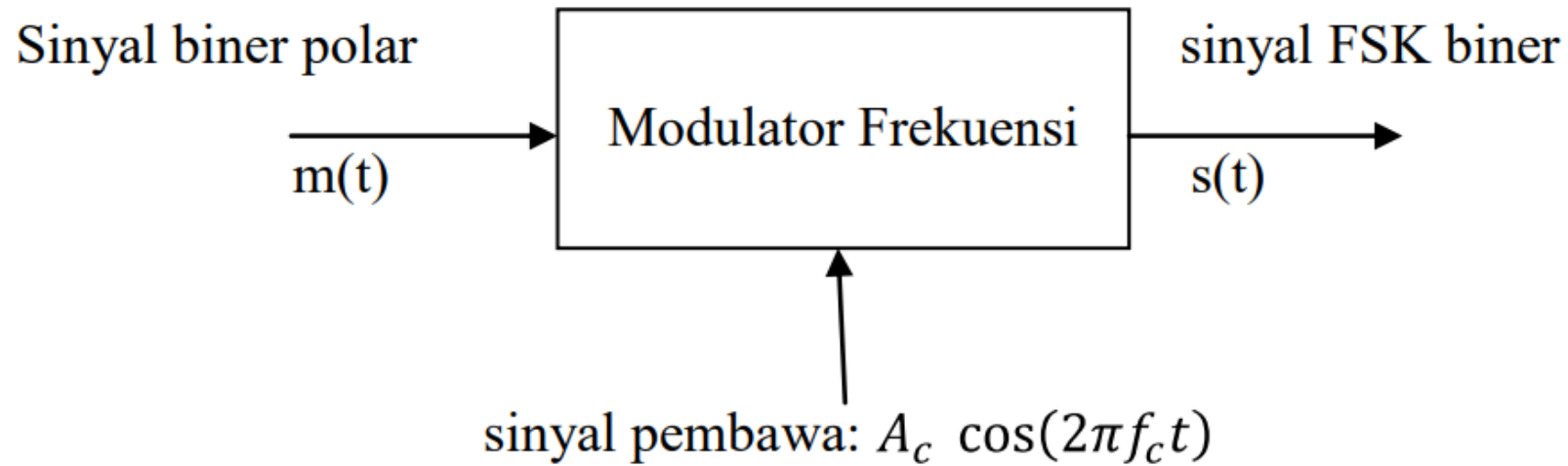
# ***Frequency-Shift Keying (FSK)***

Pada system FSK, 2 buah sinyal sinusoidal dengan amplituda maksimum sama,  $A_c$ , tapi frekuensi berbeda,  $f_1$  dan  $f_2$ , digunakan untuk merepresentasikan symbol biner “1” dan “0”.

Secara matematis dapat dituliskan:

$$s(t) = \begin{cases} A_c \cos(2\pi f_1 t), & \text{untuk simbol '1'} \\ A_c \cos(2\pi f_2 t), & \text{untuk simbol '0'} \end{cases}$$

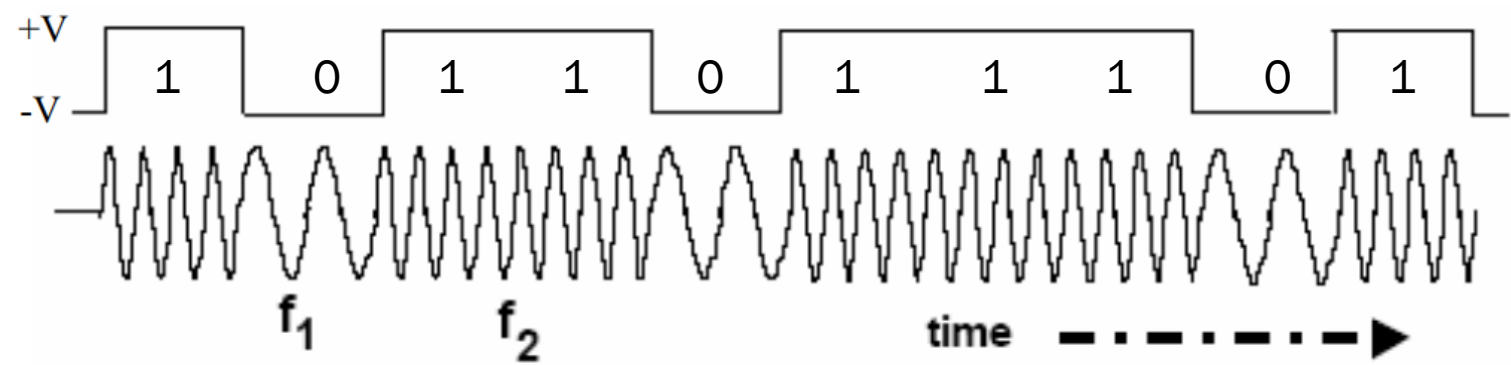
Pembangkitan sinyal BFSK dilakukan dengan melalukan data biner dalam format polar ke modulator frekuensi (Voltage Controlled Oscillator), seperti tampak pada Gambar 12. Ketika input modulator berubah dari  $+V$  ke  $-V$ , maka frekuensi yang ditransmisikan akan berubah juga.



Gambar 12. Pembangkitan Sinyal BFSK

# Frequency-Shift Keying (FSK)

$$s(t) = \begin{cases} A_c \cos(2\pi f_1 t), & \text{untuk simbol '1'} \\ A_c \cos(2\pi f_2 t), & \text{untuk simbol '0'} \end{cases}$$



Gambar 12. *Frequency Shift Keying*



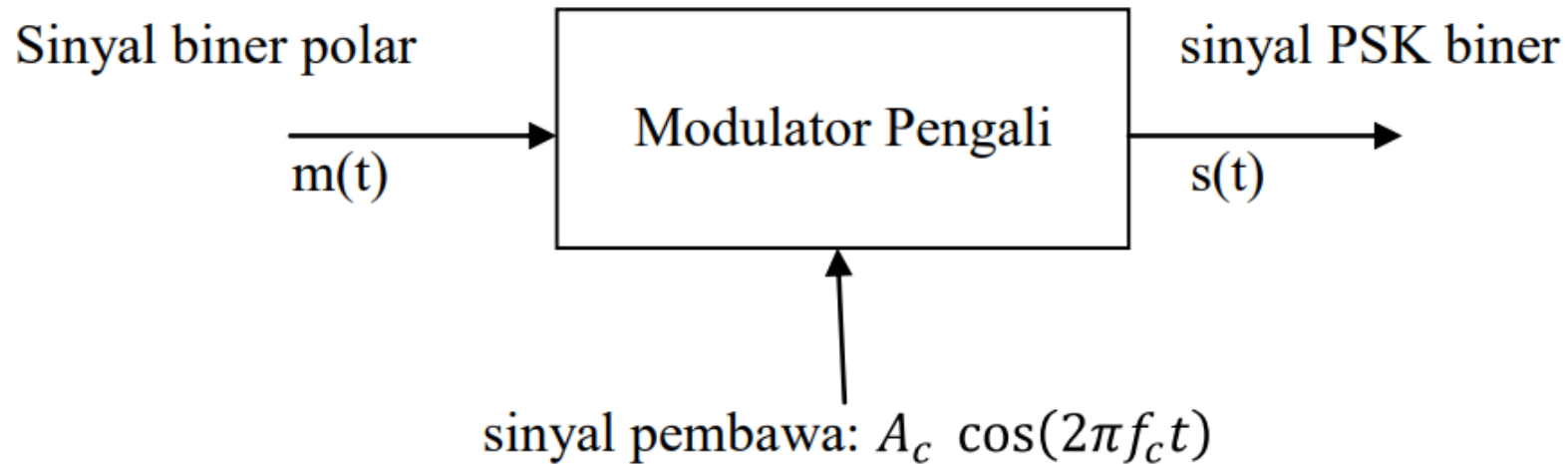
# ***Phase shift Keying (PSK)***

Dalam sistem PSK, sinyal pembawa sinusoidal dengan amplituda  $A_c$  dan frekuensi  $f_c$  digunakan untuk merepresentasikan kedua symbol “1” dan “0”, hanya saja fasa sinyal pembawa untuk kedua simbol tersebut dibuat berbeda  $180^\circ$ .

Secara matematis dapat dituliskan:

$$s(t) = \begin{cases} A_c \cos(2\pi f_c t), & \text{untuk simbol '1'} \\ A_c \cos(2\pi f_c t + \pi), & \text{untuk simbol '0'} \end{cases}$$

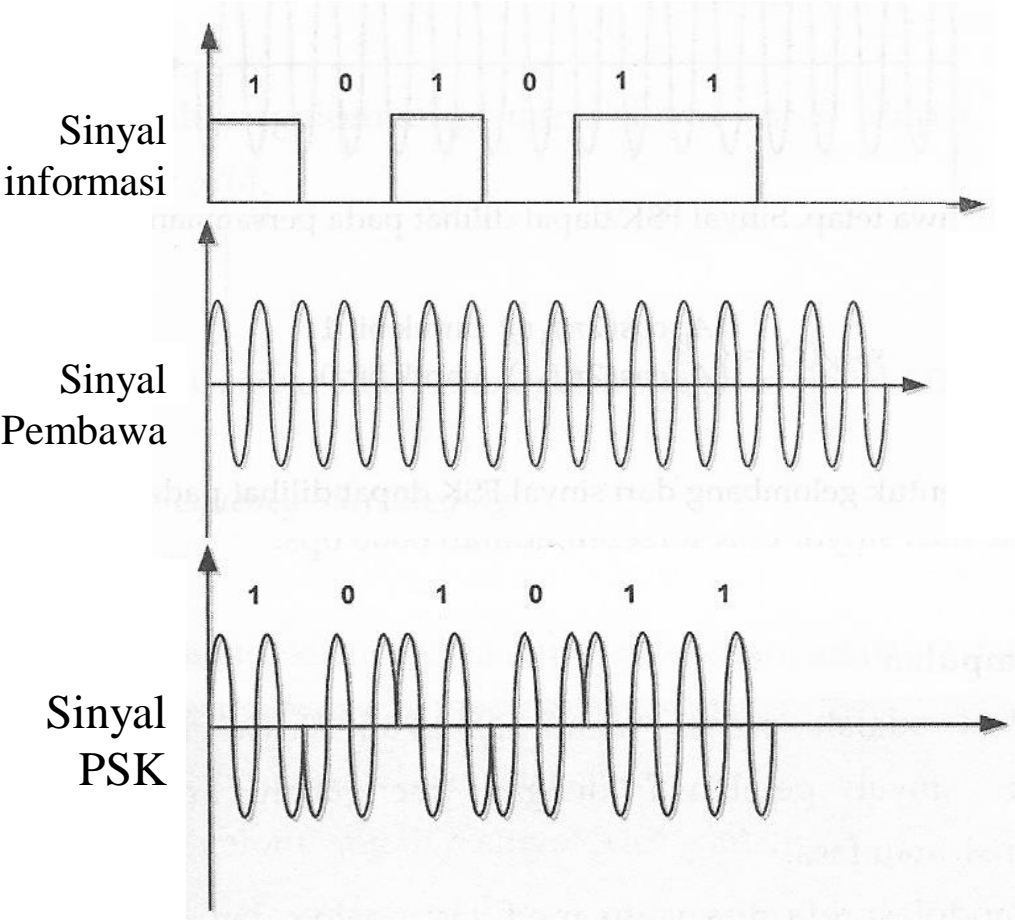
Pembangkitan sinyal BPSK serupa dengan pembangkitan sinyal BASK, kecuali data binernya dalam format polar, seperti tampak pada Gambar 14.



Gambar 14. Pembangkitan Sinyal BPSK

# Phase shift Keying (PSK)

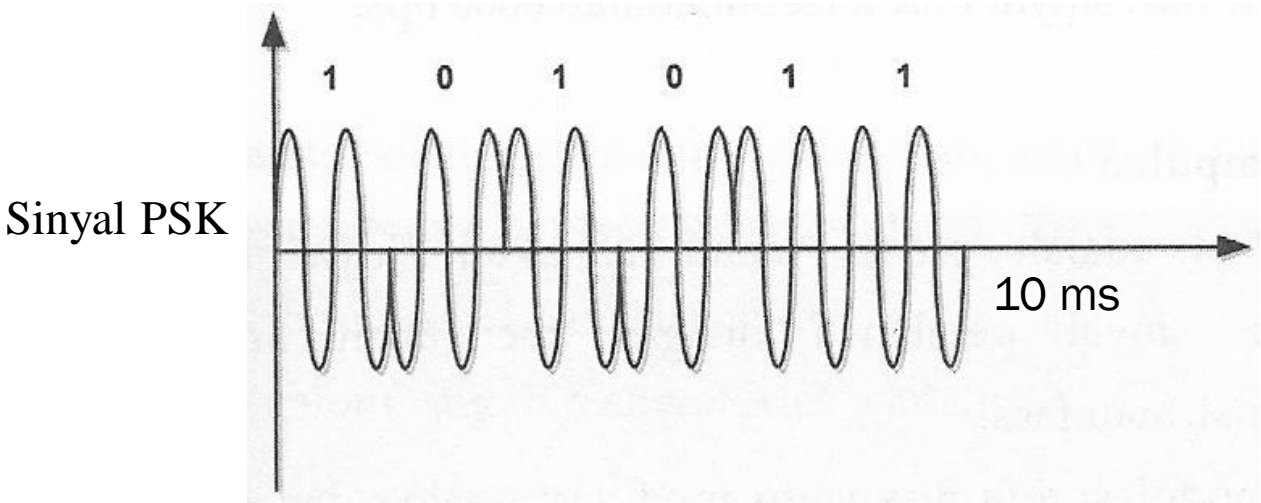
Misalkan sinyal informasi digital yaitu 101011, seperti pada Gambar 13.

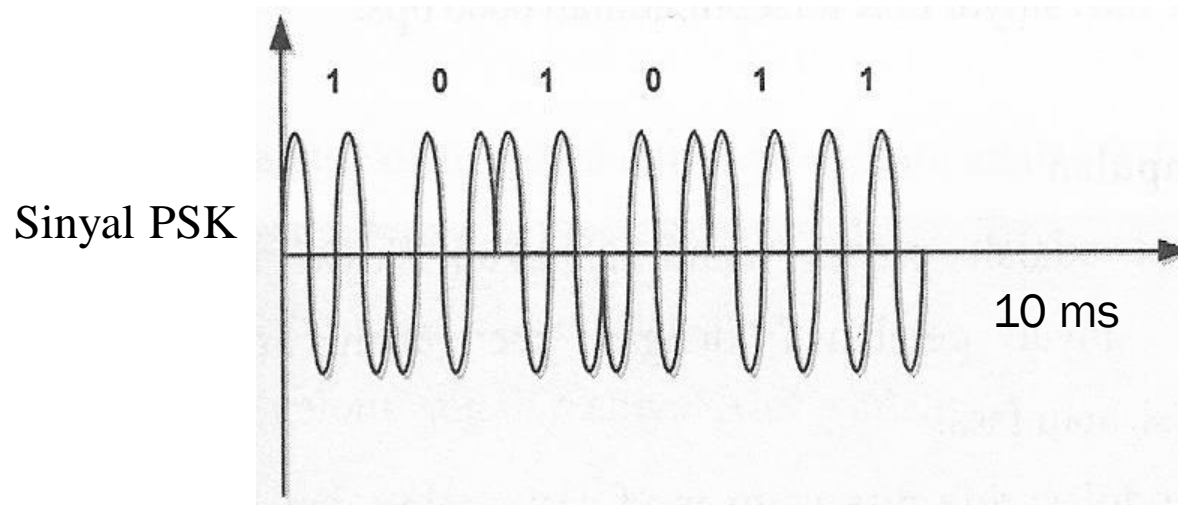


Gambar 13. Sinyal PSK

# Latihan Soal

Bentuk gelombang PSK sebagai berikut dibawah, berapakah bit rate dari sinyal PSK tersebut ?



**Penyelesaian :**

Kita tinjau ulang, tentang sinyal informasi digital. Bit rate adalah banyaknya bit per detik. Dalam permasalahan sinyal PSK tersebut terdapat 6 bit dalam 10 ms. Sehingga bit rate sinyal PSK adalah :

$$\text{bit rate} = \frac{6}{10^{-3}} = 6000 \text{ bps}$$

Jadi bit rate dari sinyal PSK tersebut adalah 6 Kbps



**Thank you**

---

ADA PERTANYAAN ?