

## BAB IV

### SISTEM SANDI (CODING)

Dalam meyalurkan data baik antar komputer yang sama pembuatnya maupun dengan komputer yang lain pembuatnya, data tersebut harus dimengerti oleh pihak pengirim maupun penerima. Untuk mencapai hal itu data harus diubah bentuknya dalam bentuk khusus yaitu sandi untuk komunikasi data. Coding : *penggambaran dari satu set simbol menjadi set simbol yang lain*

#### I. Sistem sandi yang umum dipakai :

##### a. ASCII (American Standard Code for Information Interchange)

- Paling banyak digunakan.
- Merupakan sandi 7 bit.
- Terdapat 128 macam simbol yang dapat diberi sandi ini.
- Untuk transmisi asinkron terdiri dari 10 atau 11 bit :
  - \* 1 bit awal
  - \* 7 bit data
  - \* 1 bit pariti
  - \* 1 atau 2 bit akhir

USASCII code chart

<div> <div> <div>b<sub>7</sub> b<sub>6</sub> b<sub>5</sub></div> <div> <div>b<sub>4</sub></div> <div>b<sub>3</sub></div> <div>b<sub>2</sub></div> <div>b<sub>1</sub></div> </div> </div> <div> <div>Column</div> <div>Row</div> </div> </div>	0 0		0 0		0 1		0 1		1 0		1 0		1 1		1 1	
	0	1	2	3	4	5	6	7								
0 0 0 0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	\	p							
0 0 0 1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q							
0 0 1 0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r							
0 0 1 1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s							
0 1 0 0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t							
0 1 0 1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u							
0 1 1 0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v							
0 1 1 1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w							
1 0 0 0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x							
1 0 0 1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y							
1 0 1 0	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z							
1 0 1 1	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{							
1 1 0 0	12	FF	FS	,	<	L	\	l								
1 1 0 1	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}							
1 1 1 0	14	SO	RS	.	>	N	^	n	~							
1 1 1 1	15	SI	US	/	?	O	_	o	DEL							

\$00	NUL	\$20	SP	\$40	@	\$60	`
\$01	SOH	\$21	!	\$41	A	\$61	a
\$02	STX	\$22	"	\$42	B	\$62	b
\$03	ETX	\$23	#	\$43	C	\$63	c
\$04	EOT	\$24	\$	\$44	D	\$64	d
\$05	ENQ	\$25	%	\$45	E	\$65	e
\$06	ACK	\$26	&	\$46	F	\$66	f
\$07	BEL	\$27	'	\$47	G	\$67	g
\$08	BS	\$28	(	\$48	H	\$68	h
\$09	HT	\$29	)	\$49	I	\$69	i
\$0A	LF	\$2A	*	\$4A	J	\$6A	j
\$0B	VT	\$2B	+	\$4B	K	\$6B	k
\$0C	FF	\$2C	,	\$4C	L	\$6C	l
\$0D	CR	\$2D	-	\$4D	M	\$6D	m
\$0E	SO	\$2E	.	\$4E	N	\$6E	n
\$0F	SI	\$2F	/	\$4F	O	\$6F	o
\$10	DLE	\$30	0	\$50	P	\$70	p
\$11	DC1	\$31	1	\$51	Q	\$71	q
\$12	DC2	\$32	2	\$52	R	\$72	r
\$13	DC3	\$33	3	\$53	S	\$73	s
\$14	DC4	\$34	4	\$54	T	\$74	t
\$15	NAK	\$35	5	\$55	U	\$75	u
\$16	SYN	\$36	6	\$56	V	\$76	v
\$17	ETB	\$37	7	\$57	W	\$77	w
\$18	CAN	\$38	8	\$58	X	\$78	x
\$19	EM	\$39	9	\$59	Y	\$79	y
\$1A	SUB	\$3A	:	\$5A	Z	\$7A	z
\$1B	ESC	\$3B	;	\$5B	[	\$7B	{
\$1C	FS	\$3C	<	\$5C	\	\$7C	
\$1D	GS	\$3D	=	\$5D	]	\$7D	}
\$1E	RS	\$3E	>	\$5E	^	\$7E	~
\$1F	US	\$3F	?	\$5F	_	\$7F	DEL

**The 1968 version of the ASCII code**  
(Dollar '\$' Characters indicate hexadecimal values)

b. *Sandi Baudot Code ( CCITT Alfabet No. 2 / Telex Code ).*

- Terdiri dari 5 bit.
- Terdapat 32 macam simbol.
- Digunakan 2 sandi khusus sehingga semua abjad dan angka dapat diberi sandi, yaitu :
  - \* LETTERS ( 11111 )
  - \* FIGURES ( 11011 )
- Tiap karakter terdiri dari
  - \* 1 bit awal
  - \* 5 bit data

\* 1,42 bit akhir

International telegraphy alphabet No. 2 (Baudot-Murray code)<sup>[8]</sup>

Pattern of impulses 1 = mark 0 = space	Letter shift	Figure shift
00000	null	null
00100	space	space
11101	Q	1
11001	W	2
10000	E	3
01010	R	4
00001	T	5
10101	Y	6
11100	U	7
01100	I	8
00011	O	9
01101	P	0
11000	A	-
10100	S	'
10010	D	\$
10110	F	!
01011	G	&
00101	H	#
11010	J	,
11110	K	(
01001	L	)
10001	Z	"
10111	X	/
01110	C	:
01111	V	;
10011	B	?
00110	N	,
00111	M	.
00010	Carriage return	Carriage return
01000	Line feed	Line feed
11011	Shift to figures	
11111		Shift to letters

c. Sandi 4 atau 8

- Sandi dari IBM dengan kombinasi yang diperbolehkan adalah 4 buah "1" dan 4 buah "0".
- Terdapat 70 karakter yang dapat diberi sandi.
- Transmisi asinkron membutuhkan bit sebagai berikut :
  - \* 1 bit awal
  - \* 8 bit data
  - \* 1 bit akhir

d. *BCD ( Binary Coded Decimal )*

- Sandi 4 bit.

<u>BCD</u>	=	<u>Decimal</u>
0000	=	0
0001	=	1
0010	=	2
0011	=	3
0100	=	4
0101	=	5
0110	=	6
0111	=	7
1000	=	8
1001	=	9

Sign Digit	BCD 8 4 2 1	Sign	Notes
<b>A</b>	1 0 1 0	+	
<b>B</b>	1 0 1 1	-	
<b>C</b>	1 1 0 0	+	Preferred
<b>D</b>	1 1 0 1	-	Preferred
<b>E</b>	1 1 1 0	+	
<b>F</b>	1 1 1 1	+	Unsigned

- Sandi 6 bit (IBM).
- Terdapat 64 kombinasi sandi.
- Transmisi asinkron membutuhkan 9 bit :
  - \* 1 bit awal
  - \* 6 bit data
  - \* 1 bit pariti
  - \* 1 bit akhir

e. *EBCDIC ( Extended Binary Coded Decimal Inter- change Code )*

- Sandi 8 bit untuk 256 karakter.
- Transmisi asinkron membutuhkan 11 bit :
  - \* 1 bit awal
  - \* 8 bit data
  - \* 1 bit pariti
  - \* 1 bit akhir

EBCDIC character codes																
1st hex digit										2nd hex digit						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	DLE	DS		SP	&	-									0
1	SOH	DC1	SOS				/		a	j			A	J		1
2	STX	DC2	FS	SYN					b	k	s		B	K	S	2
3	ETX	TM							c	l	t		C	L	T	3
4	PF	RES	BYP	PN					d	m	u		D	M	U	4
5	HT	NL	LF	RS					e	n	v		E	N	V	5
6	LC	BS	ETB	UC					f	o	w		F	O	W	6
7	DEL	IL	ESC	EOT					g	p	x		G	P	X	7
8		CAN							h	q	y		H	Q	Y	8
9		EM							i	r	z		I	R	Z	9
A	SMM	CC	SM		C CENT	!		:								
B	VT	CU1	CU2	CU3		\$	,	#								
C	FF	IFS		DC4	<	*	%	@								
D	CR	IGS	ENQ	NAK	(	)	_	'								
E	SO	IRS	ACK		+	:	>	=								
F	SI	IUS	BEL	SUB		--	?	"								

#### Kelompok BCD

Digit	BCD 8 4 2 1	Excess-3 or Stibitz Code	BCD 2 4 2 1 or Aiken Code	BCD 8 4 -2 -1	IBM 702 IBM 705 IBM 7080 IBM 1401 8 4 2 1	ASCII 0000 8421	EBCDIC 0000 8421
0	0000	0011	0000	0000	1010	0011 0000	1111 0000
1	0001	0100	0001	0111	0001	0011 0001	1111 0001
2	0010	0101	0010	0110	0010	0011 0010	1111 0010
3	0011	0110	0011	0101	0011	0011 0011	1111 0011
4	0100	0111	0100	0100	0100	0011 0100	1111 0100
5	0101	1000	1011	1011	0101	0011 0101	1111 0101
6	0110	1001	1100	1010	0110	0011 0110	1111 0110
7	0111	1010	1101	1001	0111	0011 0111	1111 0111
8	1000	1011	1110	1000	1000	0011 1000	1111 1000
9	1001	1100	1111	1111	1001	0011 1001	1111 1001

## II. Pengelompokkan Karakter

Pada komunikasi data informasi yang dipertukarkan terdiri dari 2 group (baik ASCII maupun EBCDIC), yaitu :

- a. Karakter data
- b. Karakter kendali

Digunakan untuk mengendalikan transmisi data, bentuk (format data), hubungan naluri data dan fungsi fisik terminal.

### Karakter kendali dibedakan atas :

#### **a. *Transmission Control***

Mengendalikan data pada saluran, terdiri atas :

\* *SOH : Start of Header*

Digunakan sebagai karakter pertama yang menunjukkan bahwa karakter berikutnya adalah

header.

\* *STX : Start of Text*

Digunakan untuk mengakhiri header dan menunjukkan awal dari informasi atau text.

\* *ETX : End of Text*

Digunakan untuk mengakhiri text.

\* *EOT : End of Transmission*

Untuk menyatakan bahwa transmisi dari text baik satu atau lebih telah berakhir.

\* *ENQ : Enquiry*

Untuk meminta agar remote station tanggapan.

\* *ACK : Acknowledge*

Untuk memberikan tanggapan positif ke pengirim dari penerima.

\* *NAK : Negative Acknowledge*

Merupakan tanggapan negative dari penerima ke pengirim.

\* *SYN : Synchronous*

Digunakan untuk transmisi sinkron dalam menjaga atau memperoleh sinkronisasi antar peralatan terminal.

\* *ETB : End of Transmission Block*

Digunakan untuk menyatakan akhir dari blok data yang ditransmisikan, bila data dipecah menjadi beberapa blok.

\* *DLE : Data Link Escape*

Mengubah arti karakter berikutnya, digunakan untuk lebih mengendalikan transmisi data.

NUL	Null	DLE	Data link escape
SOH	Start of heading	DC1	Device control 1
STX	Start of text	DC2	Device control 2
ETX	End of text	DC3	Device control 3
EOT	End of transmission	DC4	Device control 4
ENQ	Enquiry	NAK	Negative acknowledge
ACK	Acknowledge	SYN	Synchronous idle
BEL	Bell	ETB	End of transmission block
BS	Backspace	CAN	Cancel
HT (TAB)	Horizontal tabulation	EM	End of medium
LF	Line feed	SUB	Substitute
VT	Vertical tabulation	ESC	Escape
FF	Form feed	FS	File separator
CR	Carriage return	GS	Group separator
SO	Shift out	RS	Record separator
SI	Shift in	US	Unit separator
SP	Space	DEL	Delete

**ASCII control characters**

Catatan :

Header : dapat berisi informasi tentang terminal, misalnya : alamat, prioritas, tanggal. Tidak semua sistem menggunakan ETB untuk berita yang terdiri dari beberapa blok, ada yang menggunakan ETX sehingga dalam text harus ada informasi yang digunakan untuk merangkai berita.

### ***b. Format Effectors***

Digunakan untuk mengendalikan tata letak fisik informasi pada print out atau tampilan layar.

- *BS (Back Space)*

Meyebabkan kursor atau print head mundur satu posisi.

- *HT (Horizontal Tabulation)*

Maju keposisi yang telah ditentukan.

- *LF (Line Feed)*

Maju satu baris (spasi).

- *VT (Vertical Tabulation)*

Maju beberapa baris (spasi).

- *FF (Form Feed)*

Maju 1 halaman (halaman baru).

- *CR (Carriage Return)*

Print head atau kursor menuju ke awal baris.

ACK	Acknowledge	IGS	Interchange group separator
BEL	Bell	IL	Idle
BS	Backspace	IRS	Interchange record separator
BYP	Bypass	IUS	Interchange unit separator
CAN	Cancel	LC	Lowercase
CC	Cursor control	LF	Line feed
CR	Carriage return	NAK	Negative acknowledge
CU1	Customer use 1	NL	New line
CU2	Customer use 2	NUL	Null
CU3	Customer use 3	PF	Punch off
DC1	Device control 1	PN	Punch on
DC2	Device control 2	RES	Restore
DC4	Device control 4	RS	Reader stop
DEL	Delete	SI	Shift in
DLE	Data link escape	SM	Set mode
DS	Digit select	SMM	Start of manual message
EM	End of medium	SO	Shift out
ENQ	Enquiry	SOH	Start of heading
EOT	End of transmission	SOS	Start of significance
ESC	Escape	SP	Space
ETB	End of transmission block	STX	Start of text
ETX	End of text	SUB	Substitute
FF	Form feed	SYN	Synchronous idle
FS	Field separator	TM	Tape mark
HT (TAB)	Horizontal tab	UC	Uppercase
IFS	Interchange file separator	VT	Vertical tab

**EBCDIC control characters**

### ***c. Device Control***

Digunakan untuk mengendalikan peralatan tambahan pada terminal.

### ***d. Information Separators :***

Digunakan untuk mengelompokkan data secara logis. Umumnya ditentukan sebagai berikut :

- ***Unit Separator (US)***

Tiap unit informasi dipisahkan oleh US.

- ***Record Separator (RS)***

Tiap record terdiri atas beberapa unit dan dipisahkan oleh RS.

- ***Group Separator (GS)***

Beberapa record membentuk suatu grup dan dipisahkan oleh GS.

- ***File Separator (FS)***

Beberapa grup membentuk sebuah file yang dipisahkan oleh FS.



# 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:

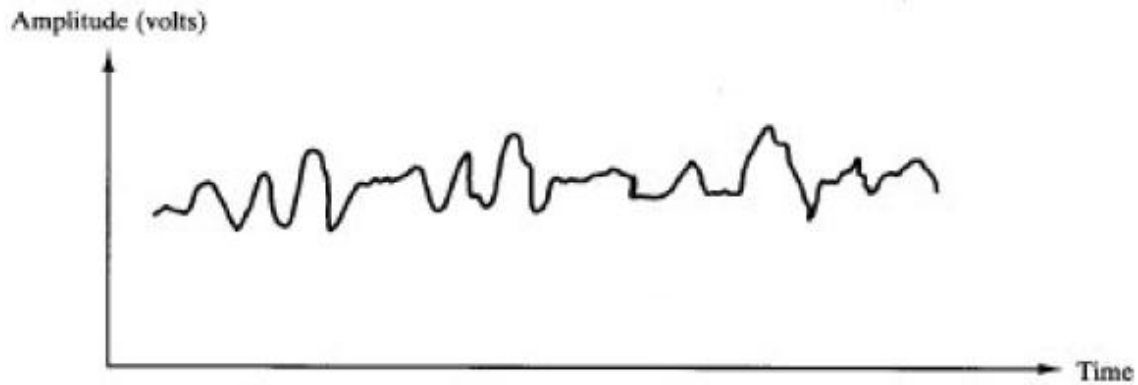
a. Sinyal analog

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:

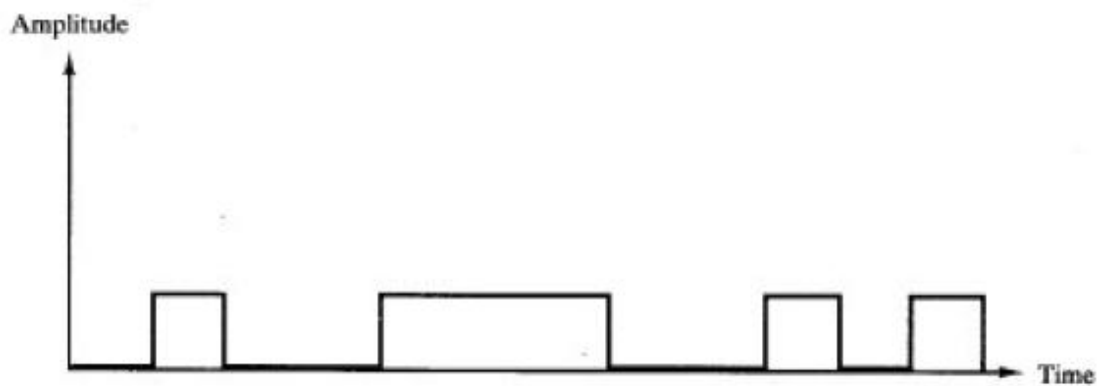
$$\lim_{t \rightarrow a} s(t) = s(a), \text{ untuk semua } a$$

b. Sinyal digital

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



(a) Continuous



(b) Discrete

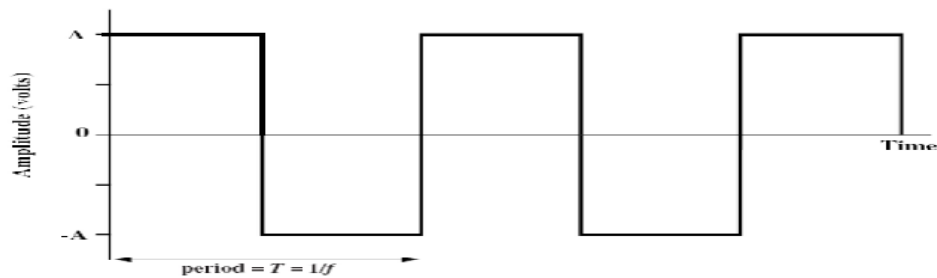
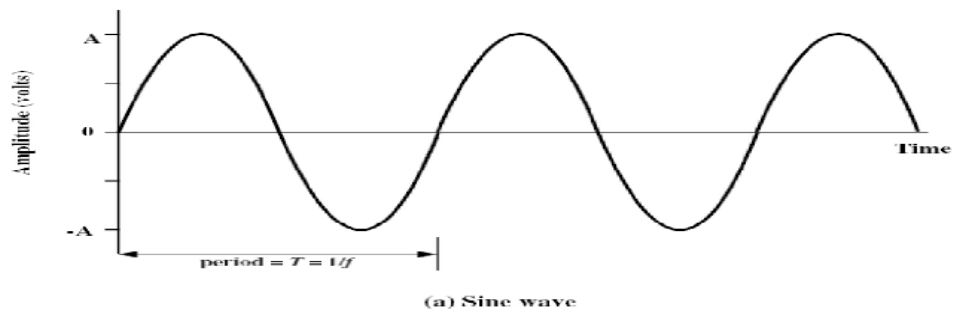
#### Signal Analog(Continue) dan Digital (Diskrit)

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.

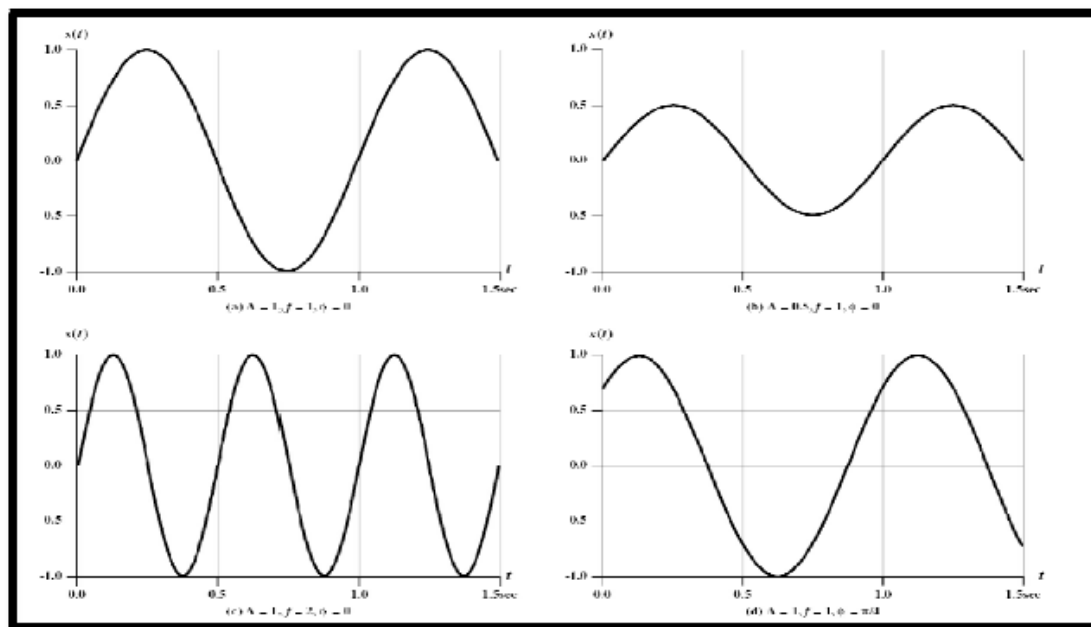
e. Satu gelombang

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:

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



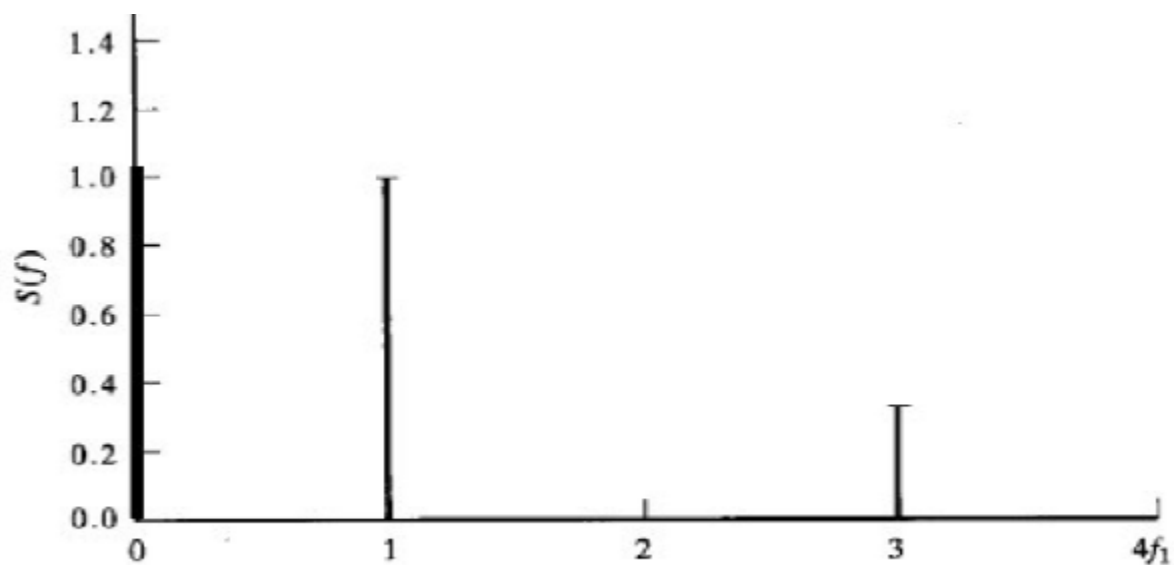
Di bagian c, frekuensi yang dimiliki gelombangnya sama dengan dua (karena memang ada dua gelombang dalam satu detik). Hal ini berarti periode yang dimiliki gelombang c adalah  $T=0.5$ . sedangkan di bagian d, fase yang dimiliki gelombang tersebut adalah  $\pi/4$  yang memiliki arti bahwa fasenya adalah 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:

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

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  $\sin(2\pi f t)$  adalah  $T = 1/f$ .



(a)  $s(t) = \sin(2\pi f_1 t) + 1/3 \sin(3(2\pi f_1 t))$

## **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

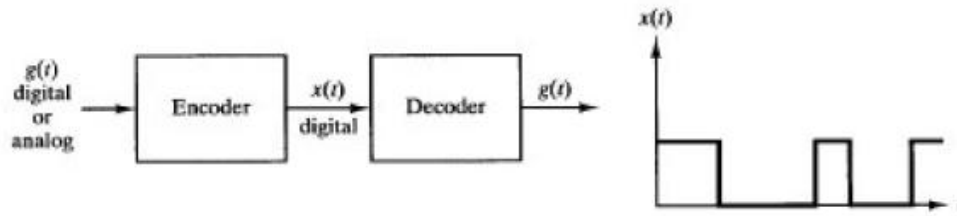
Umumnya peralatan untuk pengkodean data digital menjadi sinyal digital tidak terlalu mahal dan kompleks dibanding peralatan untuk modulasi digital-analog.

b. Data analog, sinyal digital

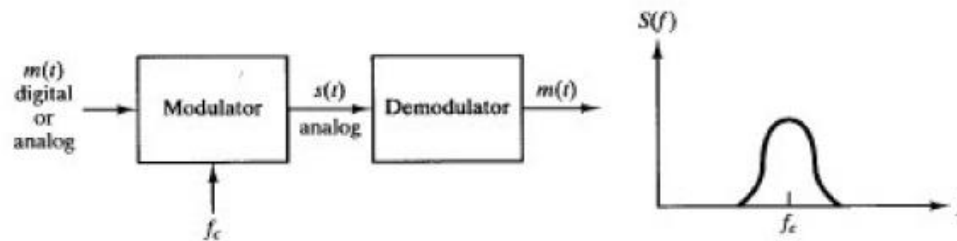
Konversi data analog menjadi bentuk digital memungkinkan pengguna transmisi digital modern dan peralatan switching.

c. Data digital, sinyal analog

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



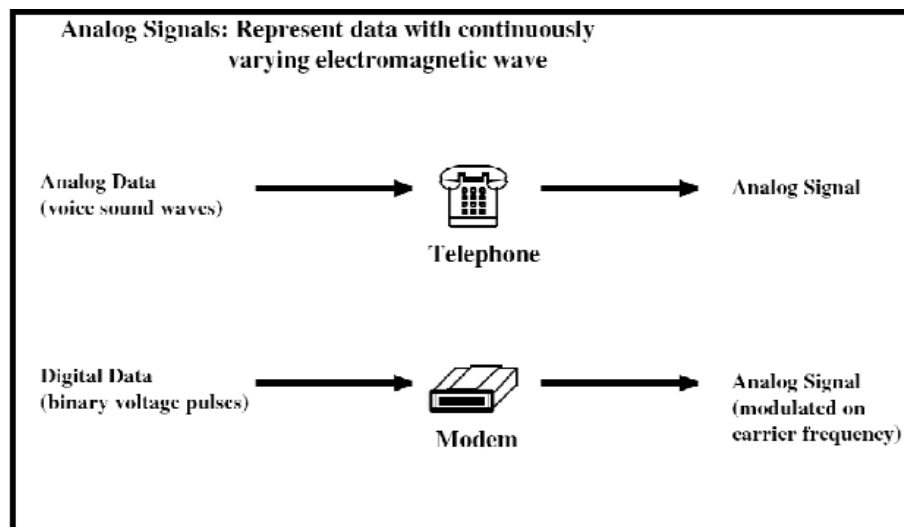
(a) Encoding onto a digital signal



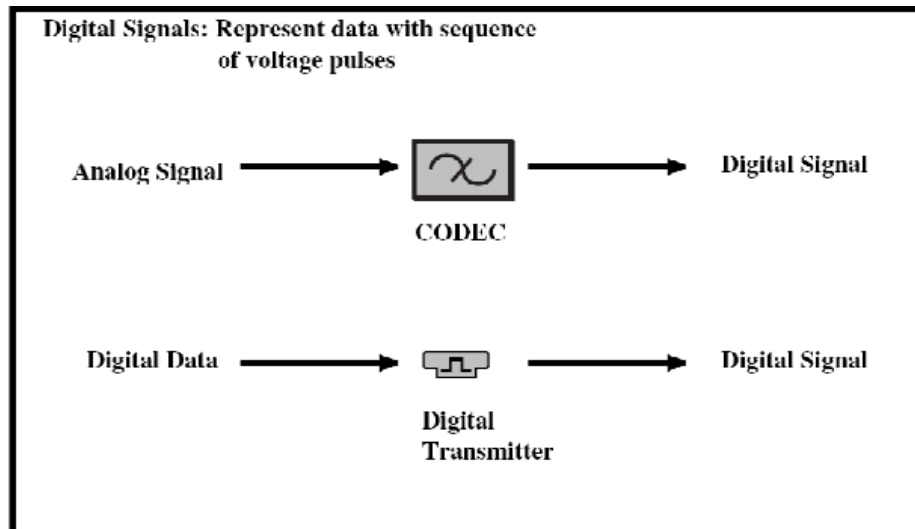
(b) Modulation onto an analog signal

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.

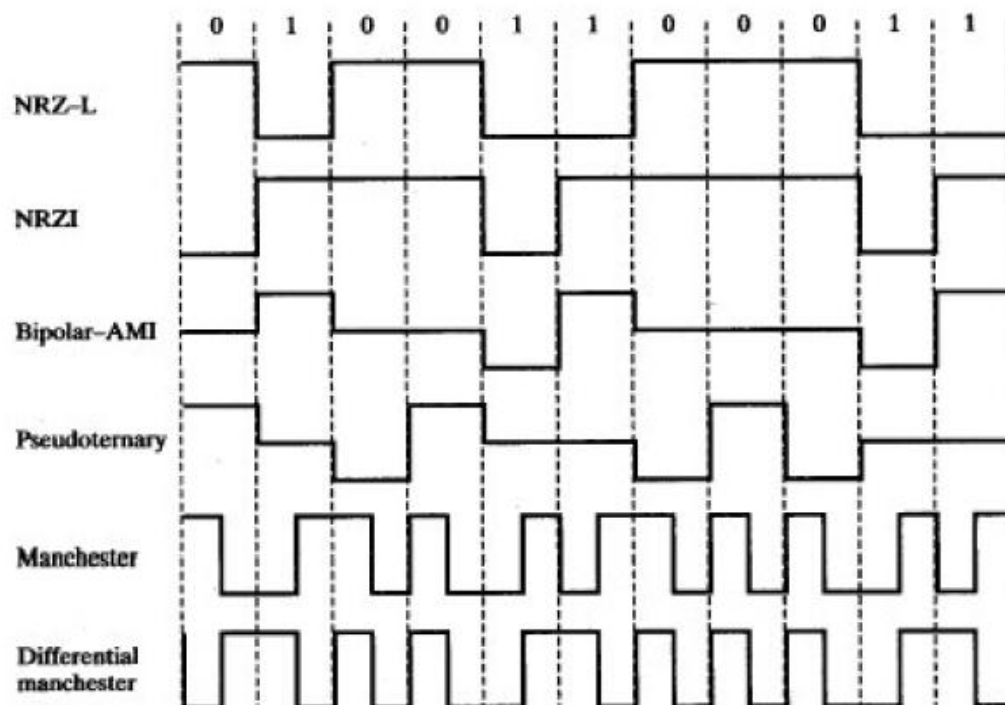
g. B8ZS (Bipolar with 8-Zeros Substitution)

Suatu kode di mana jika:

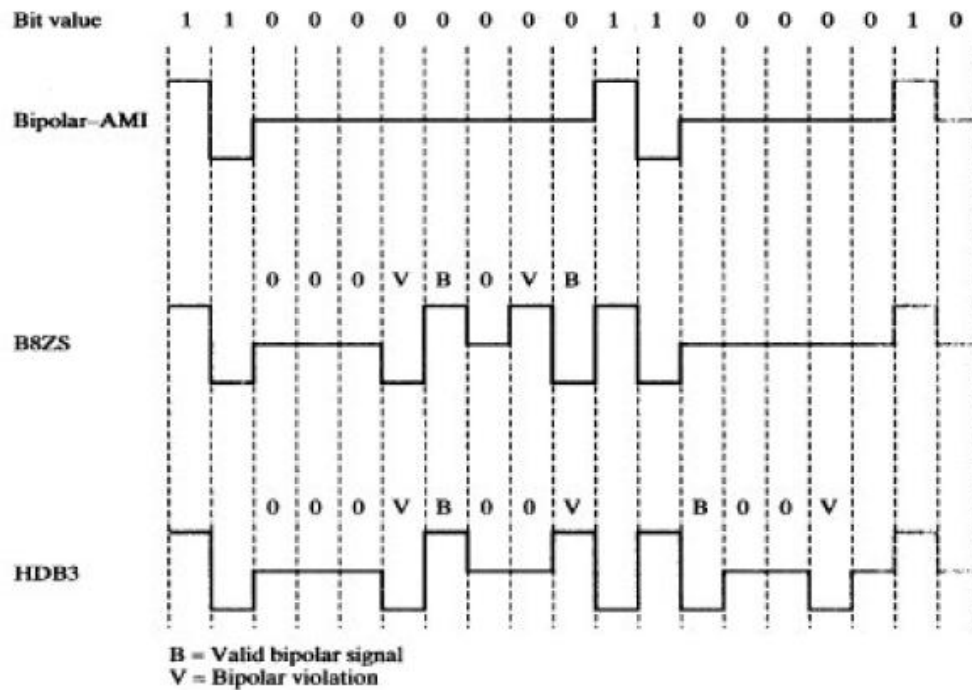
1. Jika terjadi oktaf dari semua nol dan pulsa tegangan terakhir yang mendahului oktaf ini adalah positif, maka 8 nol dari oktaf tersebut di-encode sebagai 000+-0-+.
2. Jika terjadi oktaf dari semua nol dan pulsa tegangan terakhir yang mendahului oktaf ini adalah negatif, maka 8 nol dari oktaf tersebut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

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

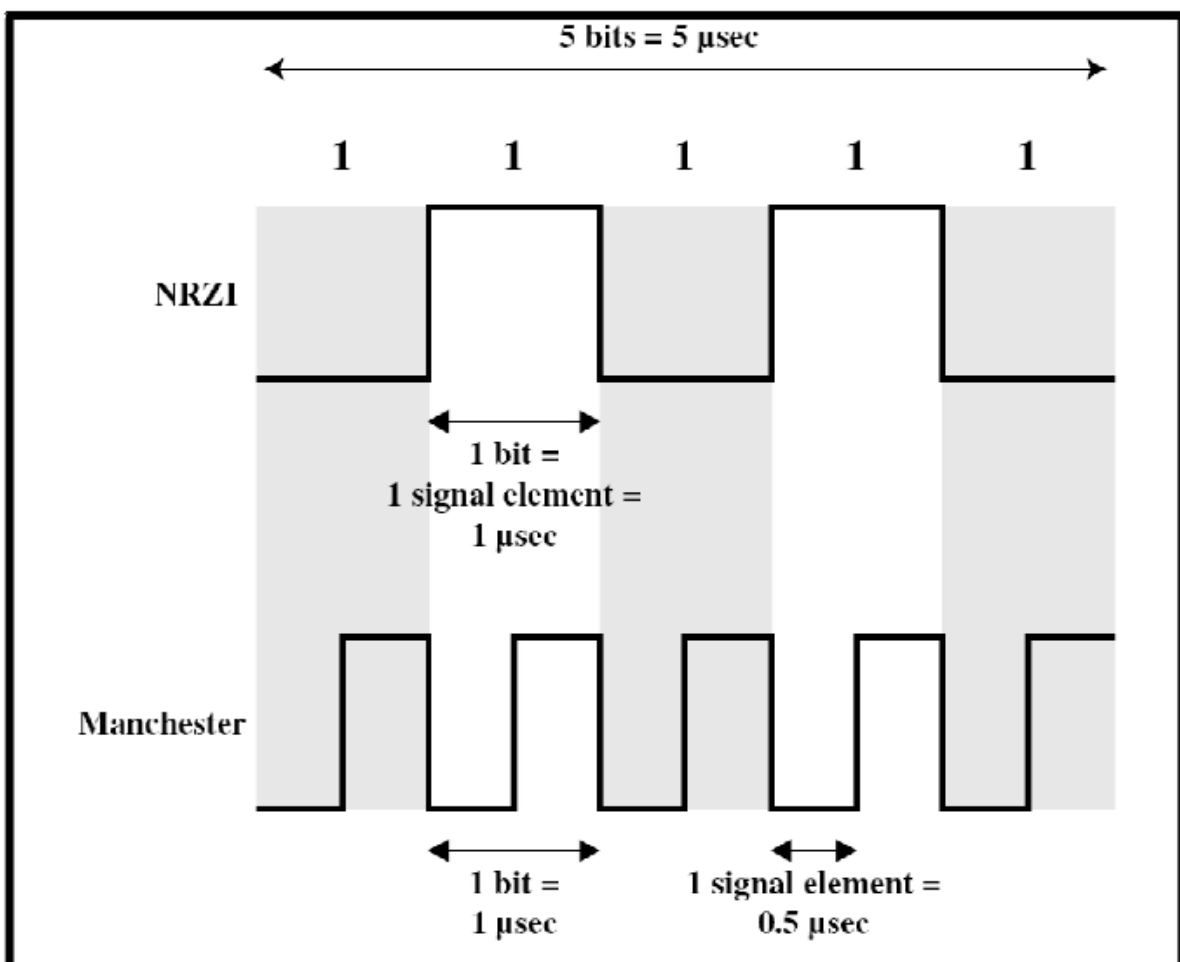
Di mana:

$D$  = 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).

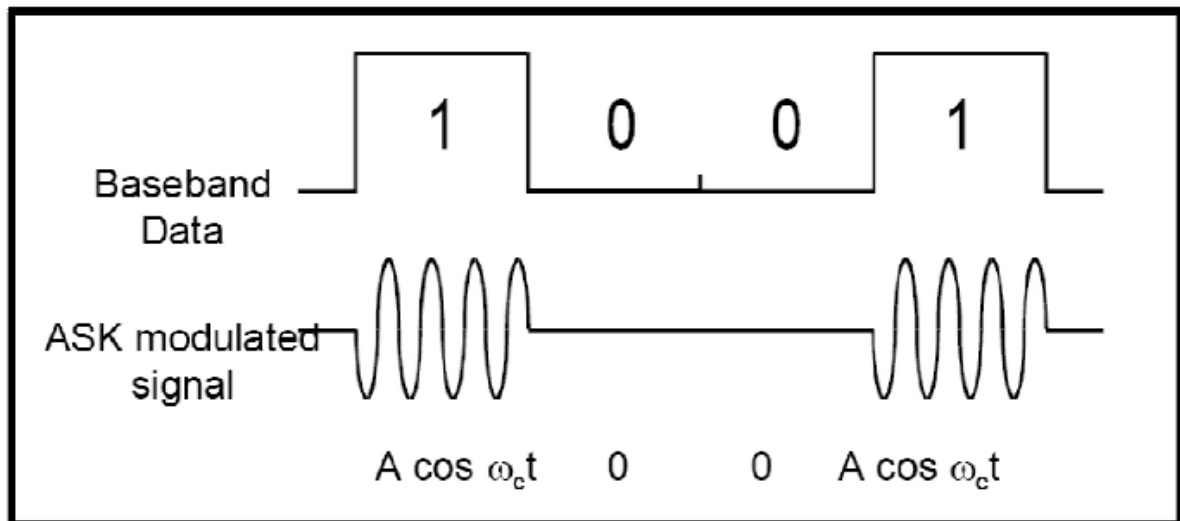
Ada tiga jenis teknik modulasi yang dapat diterapkan untuk mentransformasi data yang berupa sinyal digital menjadi sinyal analog, yaitu :

- 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:

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

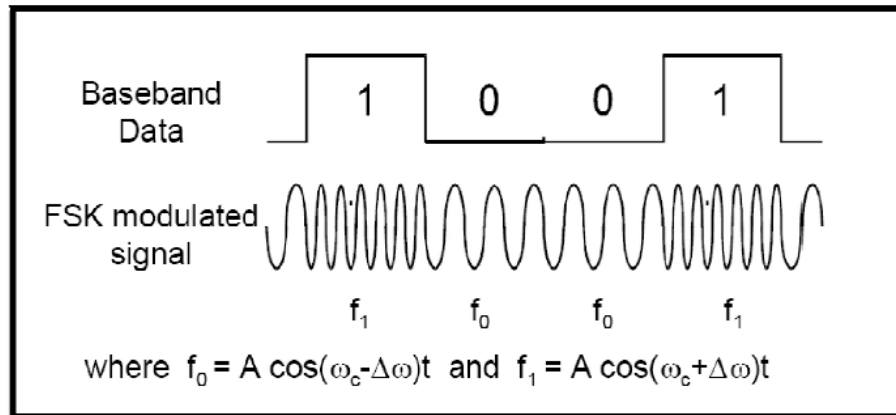


Data rate hanya sampai 1200 bps pada voice-grade line. Dipakai untuk transmisi melalui fiber optik.

b. Frequency Shift Keying (FSK)

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

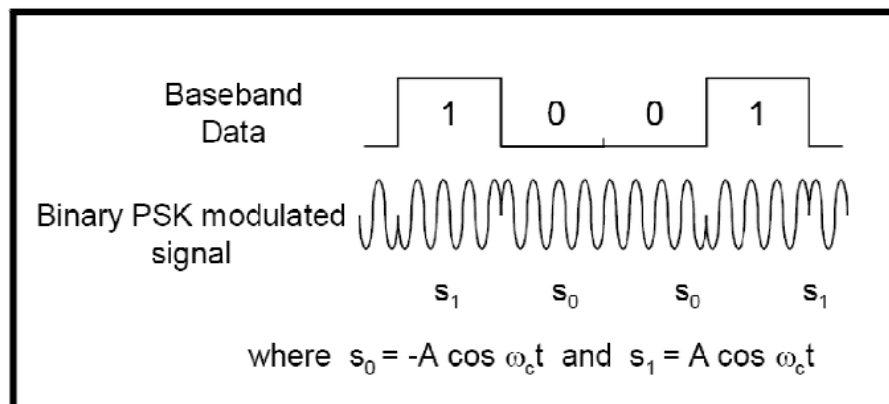
$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_1 t) & \text{biner 1} \\ A \cos(2\pi f_2 t) & \text{biner 0} \end{cases}$$



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 carryernya.

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:

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

Di mana:

$\cos 2\pi f_c t$  = carrier

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

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