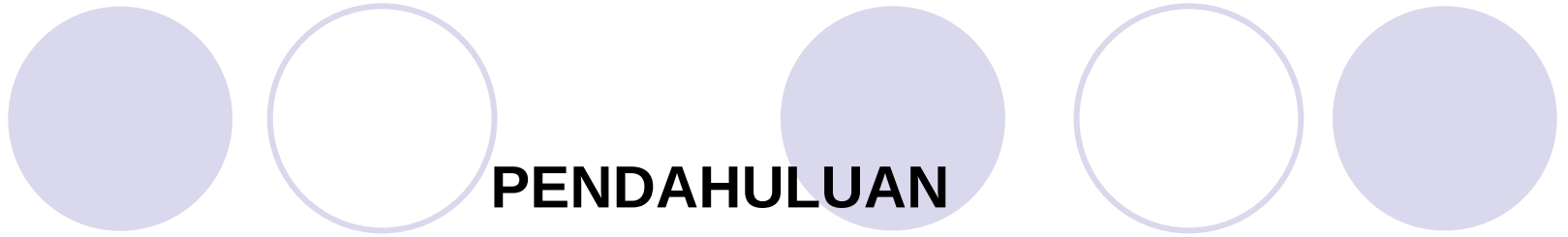


SINYAL WAKTU

**Pengolahan Sinyal Digital
Minggu II**



Definisi Sinyal $x(t)$

Fungsi dari variabel bebas yang memiliki nilai real/skalar yang menyampaikan informasi tentang keadaan atau lingkungan dari sistem secara fisik.

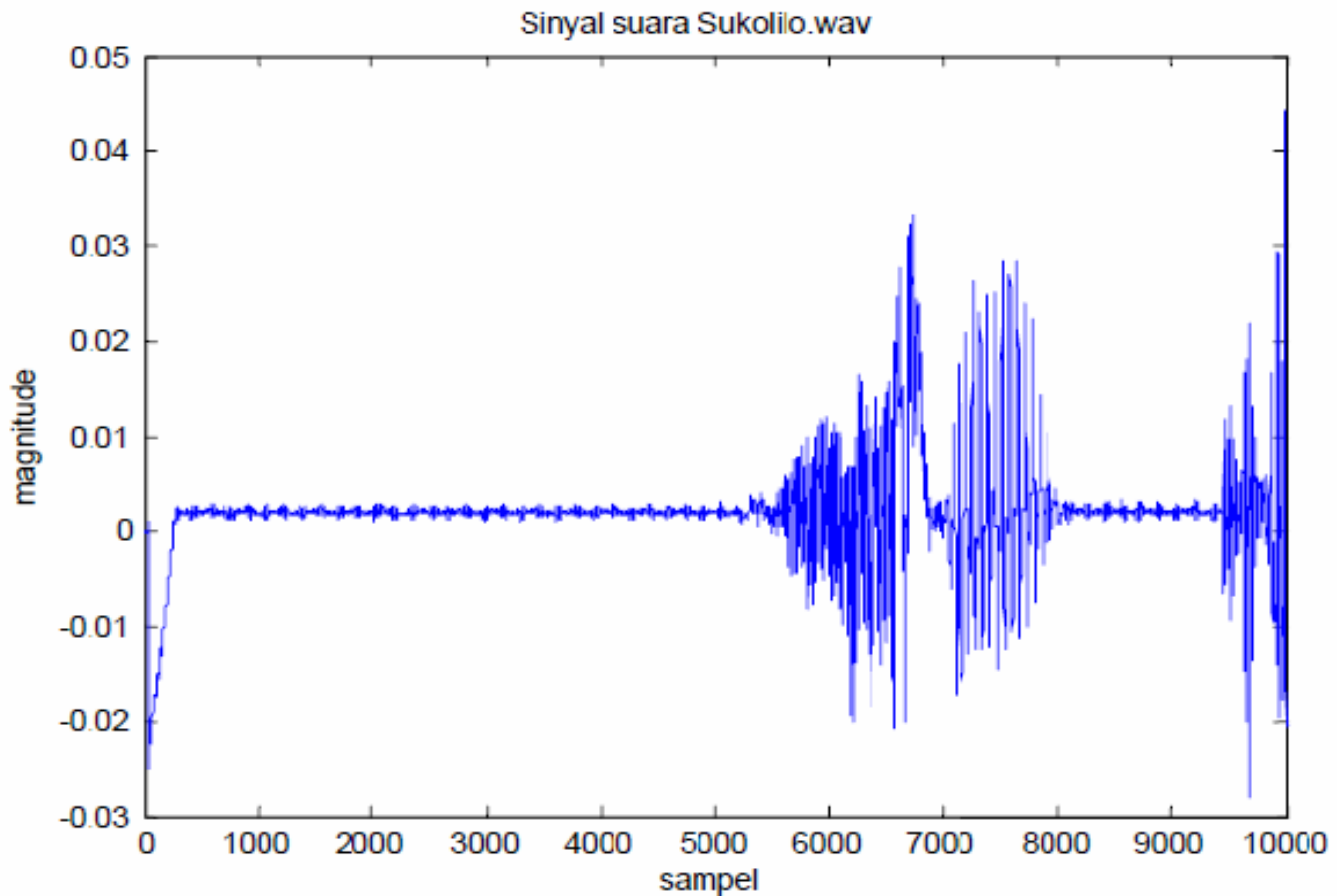
Variabel bebas dapat berupa waktu, jarak, posisi, dll.

Contoh yang sudah umum

- ◆ gelombang tegangan dan arus yang terdapat pada suatu RL
- ◆ sinyal audio seperti sinyal bicara atau musik
- ◆ sinyal bioelectric seperti electrocardiogram (ECG) atau electroencephalogram (EEG)

PENDAHULUAN

Contoh Sinyal Suara





KLASIFIKASI SINYAL

1. Berdasarkan sifat

a) Sinyal Deterministik

- Memiliki model matematika
- Dapat diprediksi nilainya

b) Sinyal Acak

- Tidak memiliki model matematika
- Tidak dapat diprediksi nilainya

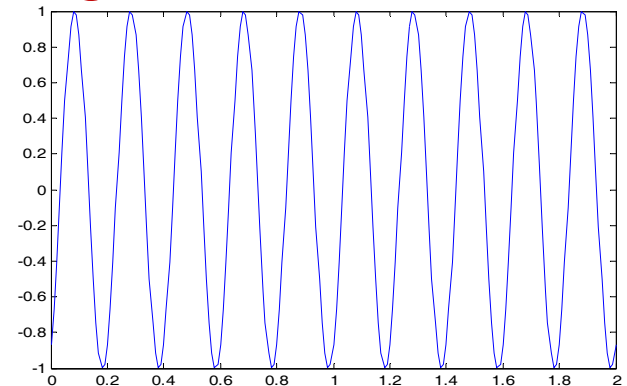
KLASIFIKASI SINYAL

2. Berdasarkan nilai variabel bebas

a) Sinyal waktu kontinu/sinyal analog

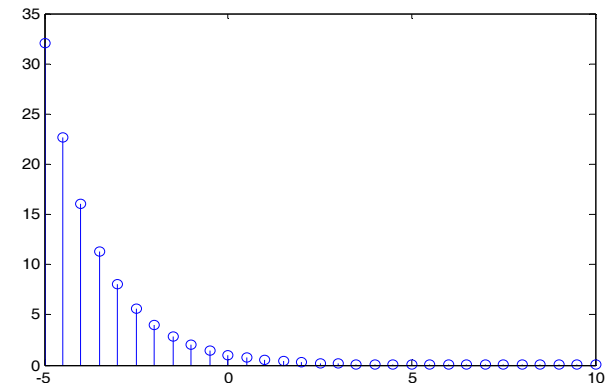
Memiliki nilai real pada keseluruhan rentang waktu t yang ditempatinya

$$f(t) \in (\infty, -\infty)$$



b) Sinyal waktu diskrit

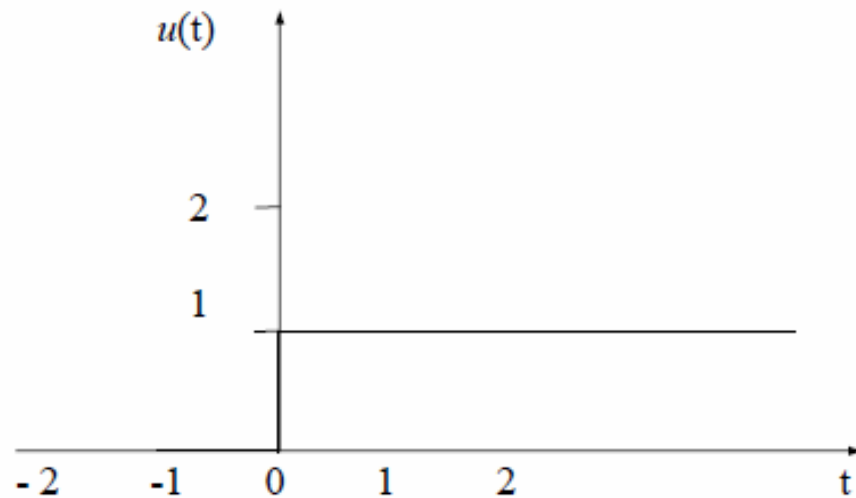
Pada kasus sinyal diskrit $x[t]$, t disebut sebagai variabel waktu diskrit (*discrete time variable*) jika t hanya menempati nilai-nilai diskrit $t = t_n$ untuk beberapa rentang nilai integer pada n .



CONTOH SINYAL WAKTU KONTINU

1. Fungsi Step

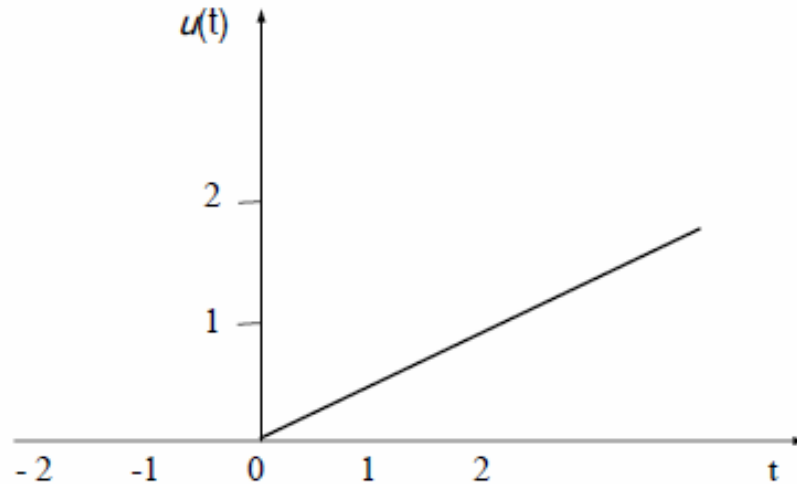
$$u(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$



CONTOH SINYAL WAKTU KONTINU

2. Fungsi Ramp

$$r(t) = \begin{cases} t, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$



CONTOH SINYAL WAKTU KONTINU

3. Sinyal Periodik

Ditetapkan T sebagai suatu nilai real positif. Suatu sinyal waktu kontinyu $x(t)$ dikatakan periodik terhadap waktu dengan periode T jika

$$x(t + T) = x(t) \text{ untuk semua nilai } t, \quad -\infty < t < \infty$$

Suatu contoh pada suatu sinyal periodik adalah suatu sinyal sinusoida

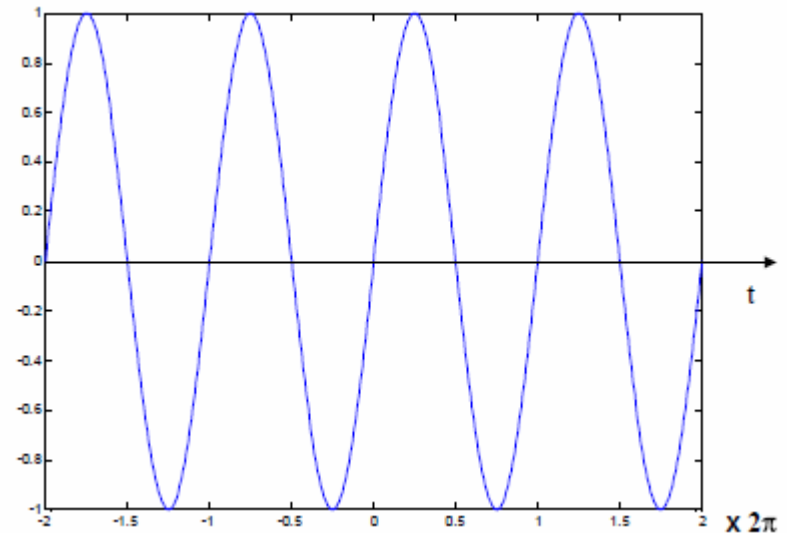
$$x(t) = A \cos(\omega t + \theta)$$

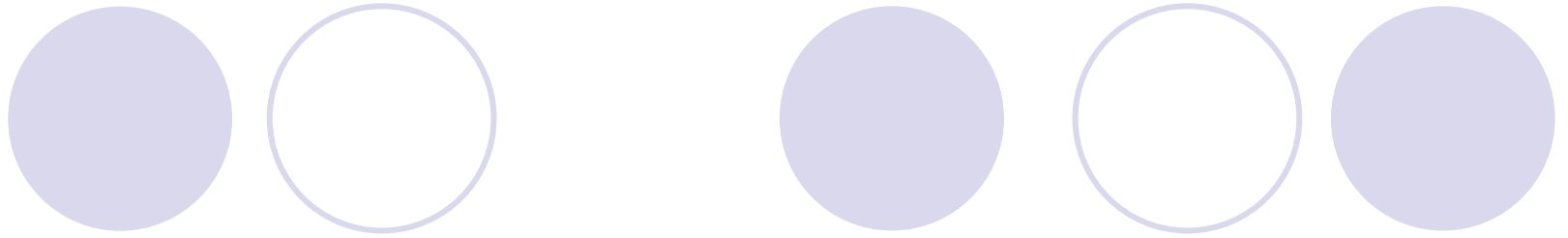
Dimana:

A = amplitudo

ω = frekuensi dalam radian per detik (rad/detik)

θ = fase dalam radian.





SINYAL WAKTU DISKRIT

- Representasi sinyal waktu diskrit
- Macam-macam sinyal waktu diskrit
- Operasi dasar pada sinyal waktu diskrit

Representasi Sinyal Waktu Diskrit

1. Representasi Fungsional

$$x(n) = \begin{cases} 1, & \text{untuk } n = 1, 3 \\ 4, & \text{untuk } n = 2 \\ 0, & \text{untuk } n \text{ yang lain} \end{cases}$$

2. Representasi dalam bentuk tabel

n	...	-1	0	1	2	3	...
x(n)	...	0	0	1	4	1	...

3. Representasi barisan / sekuen

$$x(n) = \{\dots, 0, 0, 0, 1, 2, \dots\}$$

Menunjukkan $n = 0$

Representasi Sinyal Waktu Diskrit

1. Representasi Fungsional

$$x(n) = \begin{cases} 1, & \text{untuk } n = 1, 3 \\ 4, & \text{untuk } n = 2 \\ 0, & \text{untuk } n \text{ yang lain} \end{cases}$$

2. Representasi dalam bentuk tabel

n	...	-1	0	1	2	3	...
x(n)	...	0	0	1	4	1	...

3. Representasi deret

$$x(n) = \{\dots, 0, 0, 0, 1, 2, \dots\}$$

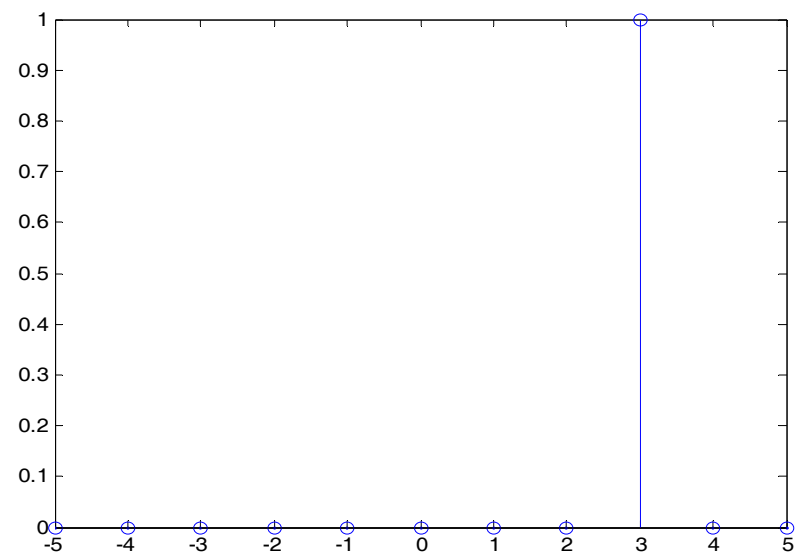
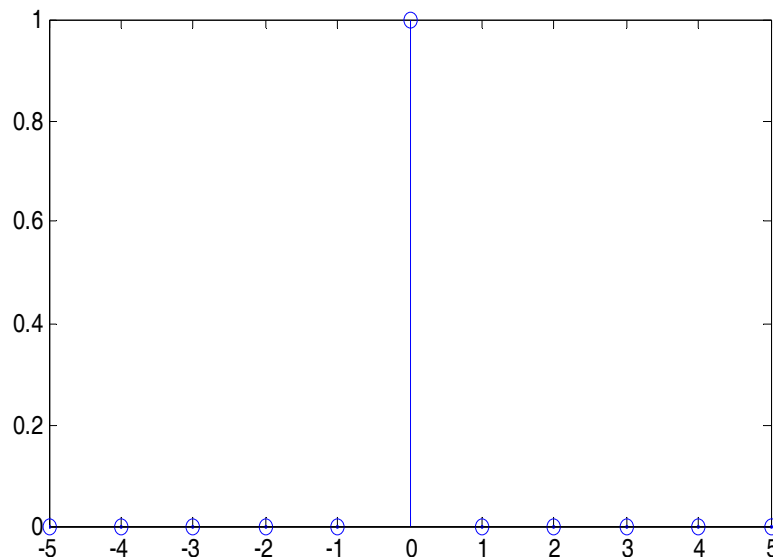
Menunjukkan $n = 0$

Macam-macam sinyal (barisan) waktu -diskrit elementer

1. Barisan Cuplik Satuan – Sample Step

- Dinotasikan dengan $\delta(n)$
- Didefinisikan sebagai: $\delta(n) = \{\dots, 0, 0, 1, 0, 0, \dots\}$

$$\delta(n) = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ 0, & n \neq 0 \end{cases} \quad \text{atau} \quad \delta(n - n_0) = \begin{cases} 1, & n = n_0 \\ 0, & n \neq n_0 \end{cases}$$

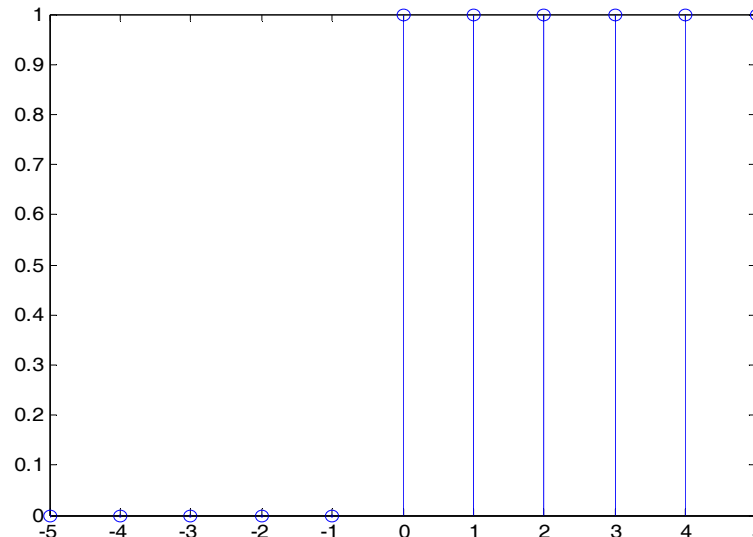


Macam-macam sinyal waktu -diskrit elementer

2. Sinyal Langkah Satuan – Unit Step

- Dinotasikan dengan $u(n)$
- Didefinisikan sebagai: $u(n) = \{\dots, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, \dots\}$

$$u(n) = \begin{cases} 1, & n \geq 0 \\ 0, & n < 0 \end{cases} \quad \text{atau} \quad u(n - n_0) = \begin{cases} 1, & n \geq n_0 \\ 0, & n < n_0 \end{cases}$$

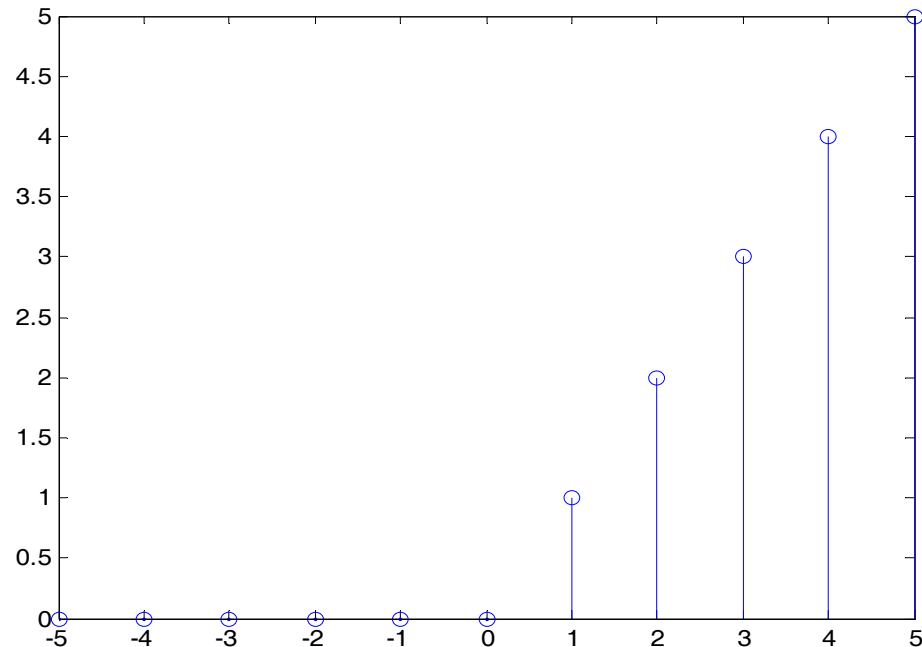


Macam-macam sinyal waktu -diskrit elementer

3. Sinyal Ramp Unit

- Didefinisikan sebagai: $u(n) = \{\dots, 0, 0, 0, 1, 2, 3, 4, \dots\}$

$$u(n) = \begin{cases} n, & n \geq 0 \\ 0, & n < 0 \end{cases}$$



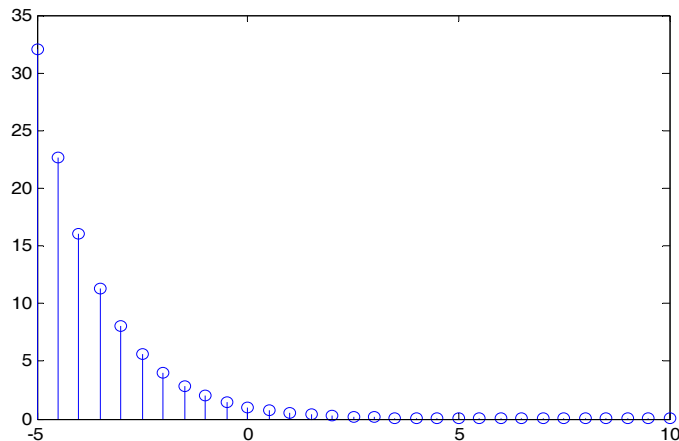
Macam-macam sinyal waktu -diskrit elementer

4. Sinyal Eksponensial

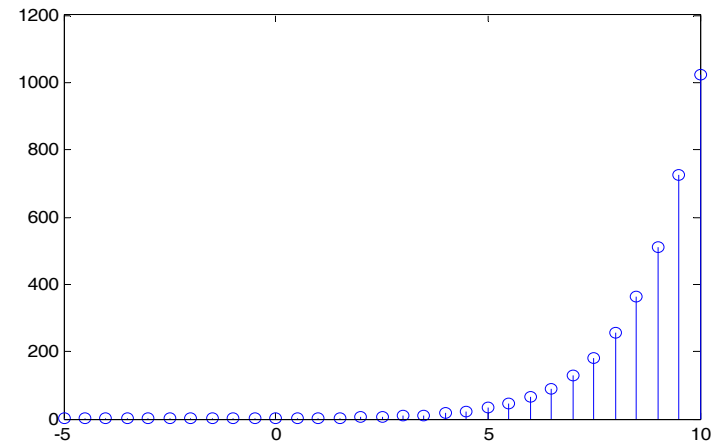
- Didefinisikan sebagai:

$$x(n) = a^n, \text{ untuk seluruh } n$$

Jika parameter a adalah bil. Real, maka $x(n)$ adalah sinyal real. Jika a adalah bil. Kompleks, maka $x(n)$ adalah sinyal kompleks.



$0 < a < 1$

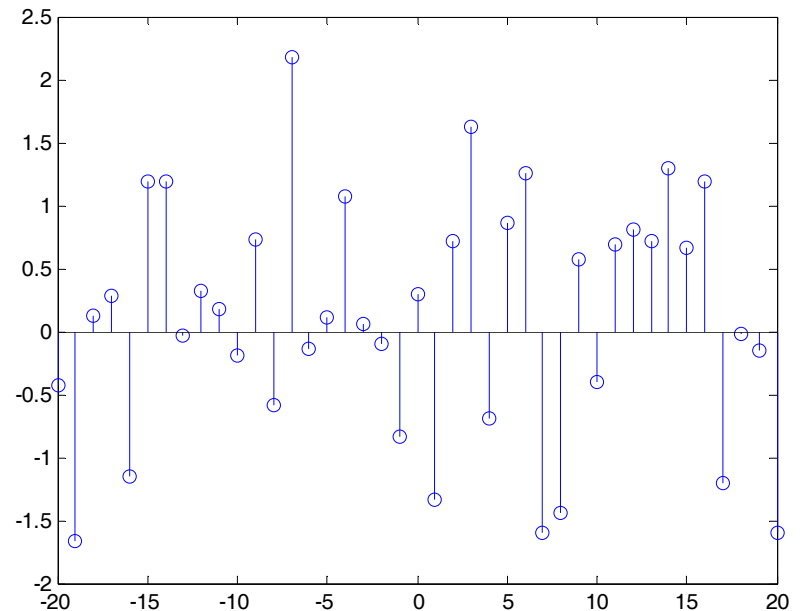
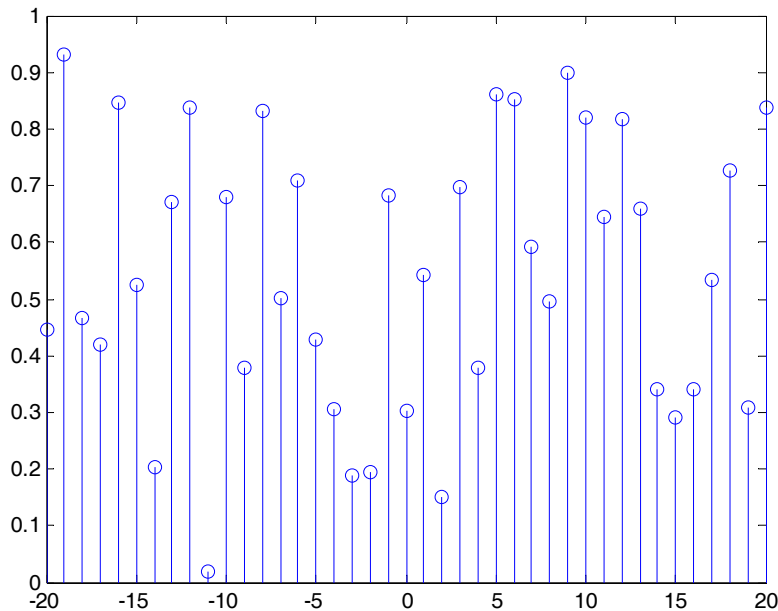


$a > 1$

Macam-macam sinyal waktu -diskrit elementer

4. Sinyal Acak

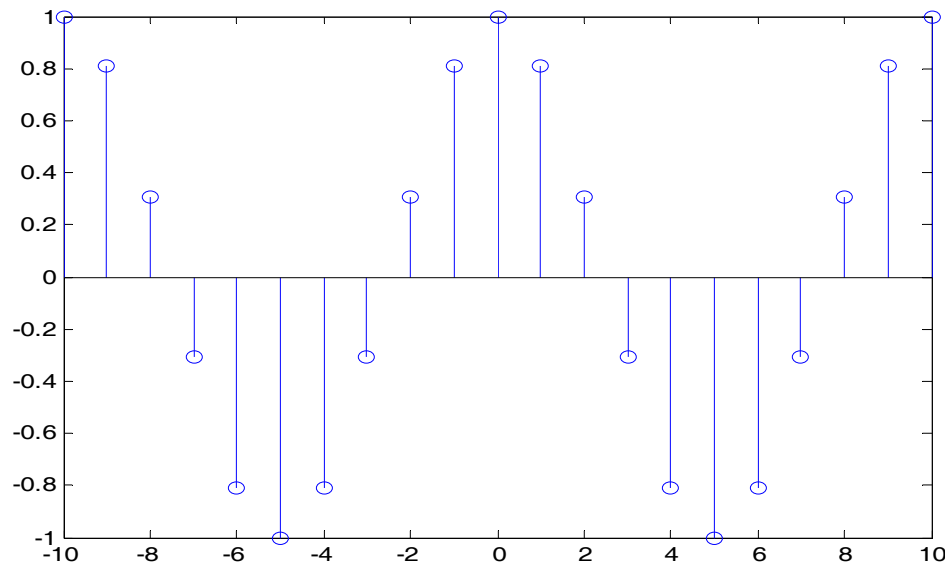
- Dicitrakan dengan PDF
- Menggunakan $\text{rand}(1,n) \rightarrow$ distribusi uniform
- Menggunakan $\text{randn}(1,n) \rightarrow$ distribusi normal



Macam-macam sinyal waktu -diskrit elementer

5. Sinyal Perodik

- Dikatakan periodik jika
$$x(n) = x(n+N), \text{ untuk setiap } n, \text{ dan } N \geq 0$$
- Contoh: deret sinus dan cosinus

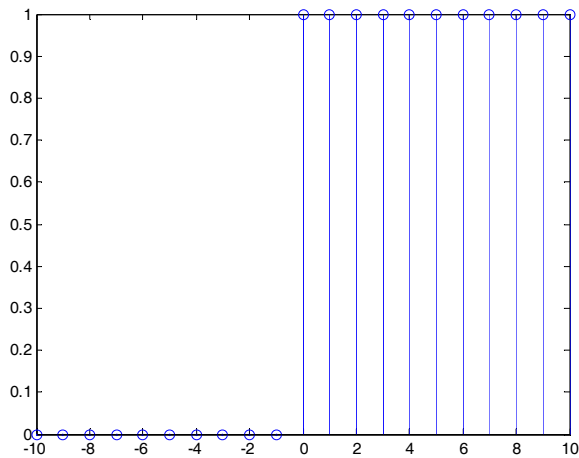


OPERASI SINYAL

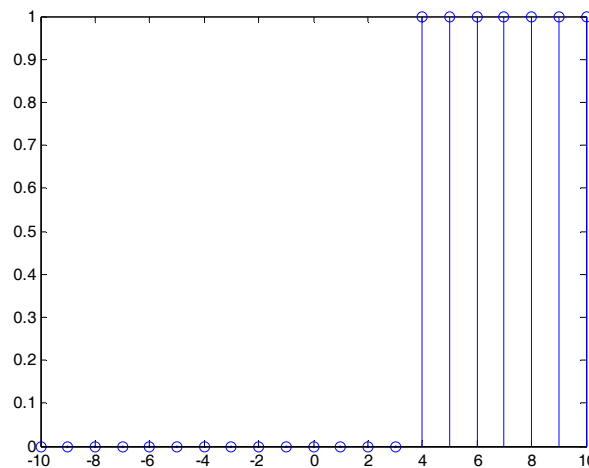
1. Pergeseran Sinyal / Sample Shifting

Masing-masing cuplikan $x(n)$ digeser sebanyak k sehingga menghasilkan $y(n)$, dimana

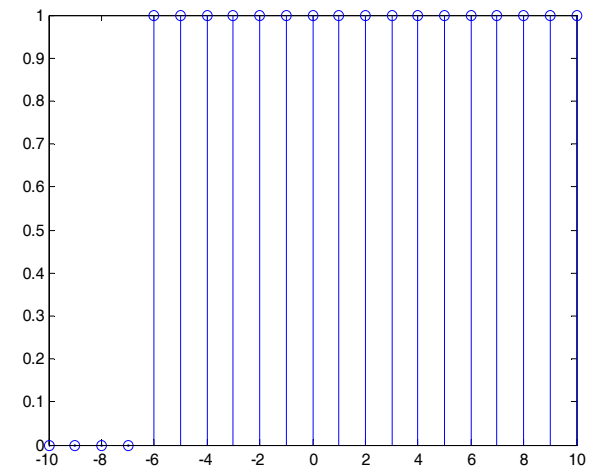
$$y(n) = x(n-k)$$



$x(n)$



$x(n-4)$



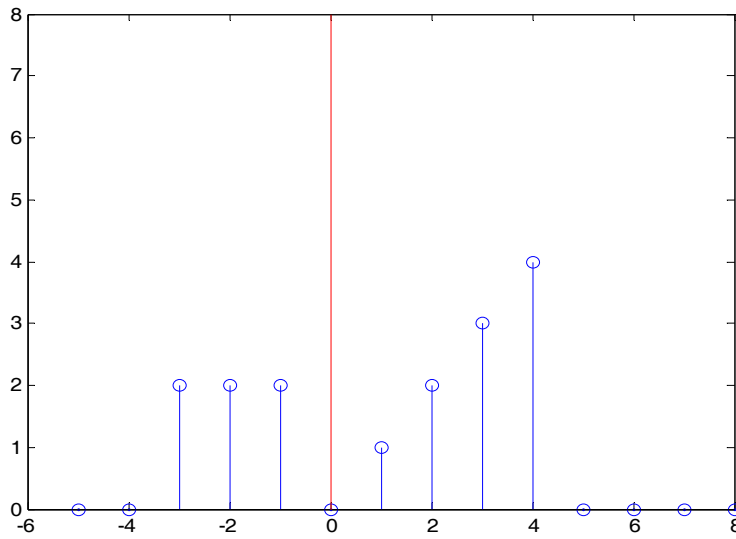
$x(n+6)$

OPERASI SINYAL

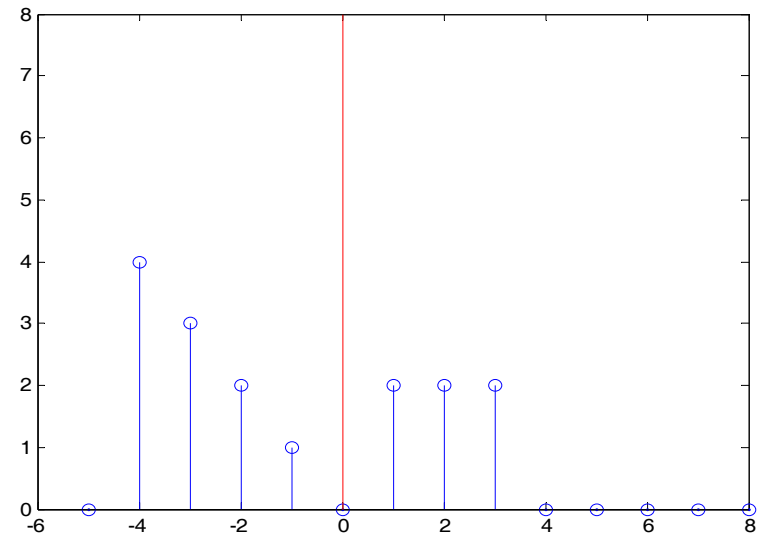
2. Pembalikan Sinyal / Sample reversal

Pada operasi ini, tiap-tiap cuplikan dari $x(n)$ dilipat pada $n=0$, shg

$$y(n) = x(-n)$$



$x(n)$

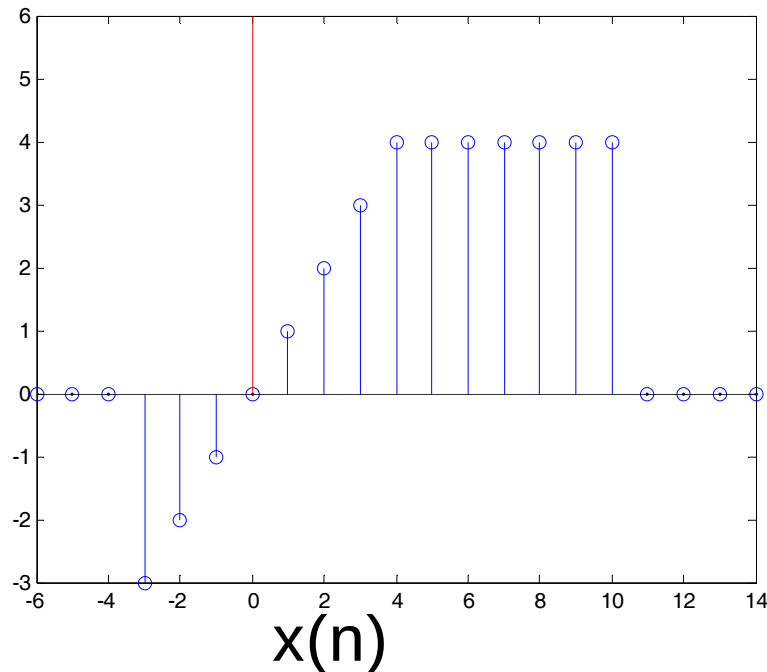


$x(-n)$

OPERASI SINYAL

3. Pembuatan skala mundur / time scaling

Disebut juga dengan pencuplikan mundur, didefinisikan sebagai: $y(n) = x(an)$

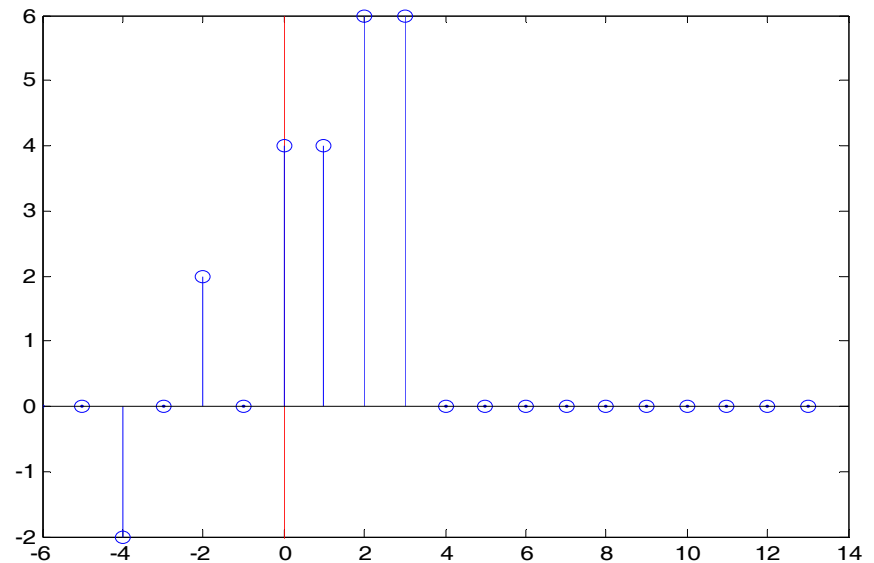
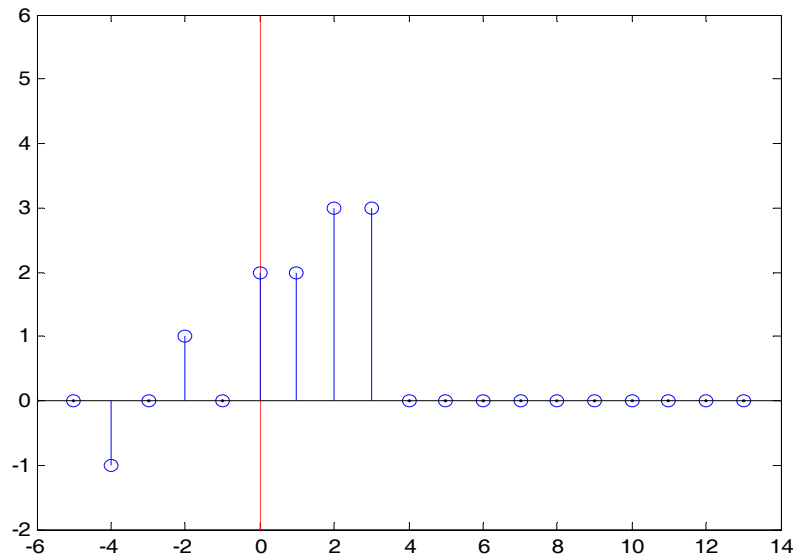


OPERASI SINYAL

4. Perkalian dengan Konstanta

$$y(n) = ax(n)$$

Mengalikan setiap sinyal cuplikan dengan konstanta a





OPERASI SINYAL

4. Penjumlahan cuplikan

$$\sum_{n=n_1}^n x(n) = x(n_1) + \cdots + x(n_2)$$

Operasi ini berbeda dengan penjumlahan sinyal, karena yang dijumlahkan adalah tiap-tiap elemen dalam $x(n)$ (semuanya) $\rightarrow y(n)$

5. Perkalian Sinyal

$$\prod_{n_1}^{n_2} x(n) = x(n_1) \times \cdots \times x(n_2)$$

Operasi ini berbeda dengan perkalian sinyal, karena yang dijumlahkan adalah tiap-tiap elemen dalam $x(n)$ (semuanya) $\rightarrow y(n)$

6. Energi Sinyal

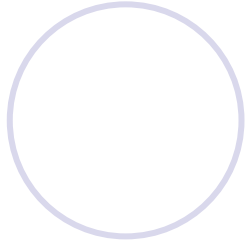
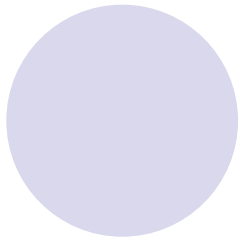
$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x(n)|^2$$

Dimana : n = nomor sampel (0,1,2,3,...)

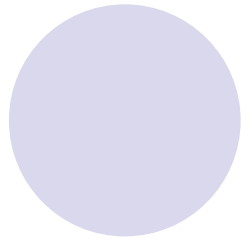
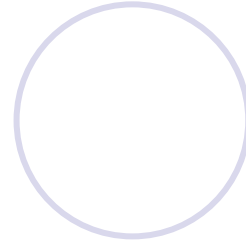
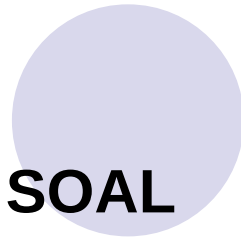
N = jumlah sampel data

P = power sinyal waktu diskrit

$x(n)$ = data sampel ke- n

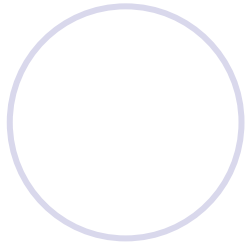
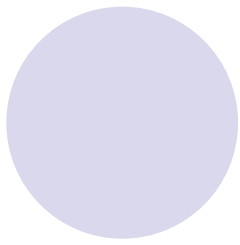


CONTOH SOAL

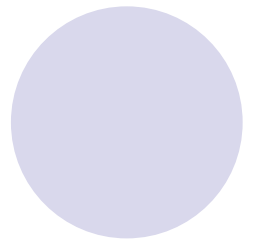
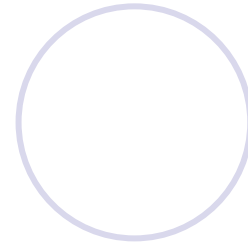
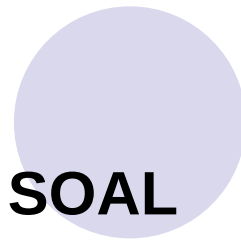


1. Anggaplah $x[n]$ adalah sinyal dengan $x[n]=0$ untuk $n < -2$ dan $n > 4$. Untuk setiap sinyal yang diberikan dibawah ini, tentukan harga n yang pasti berharga nol :

$$x[n-3], x[n+4], x[-n], x[-n+2], x[-n-2]$$



CONTOH SOAL

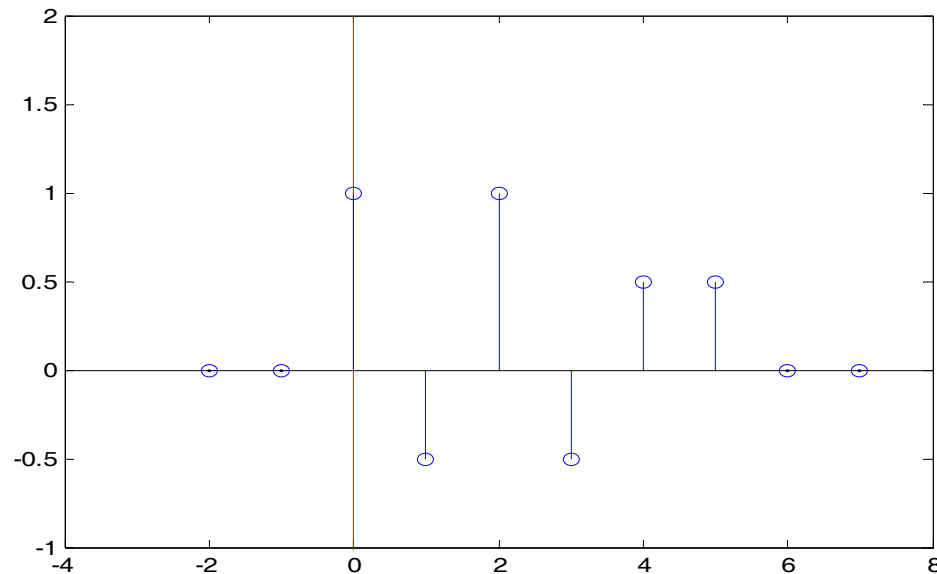


2. Suatu sinyal diskrit , $x(n)$, didefinisikan sebagai berikut:

$$x(n) = \begin{cases} 1 + \frac{n}{3}, & -3 \leq n \leq -1 \\ 1, & 0 \leq n \leq 3 \\ 0, & \text{yang lainnya} \end{cases}$$

- Tentukan nilai-nilainya dan buatlah sketsa sinyal $x(n)$
- Buatlah sketsa sinyal, jika
 - pertama2 kita melihat $x(n)$ dan kemudian menunda sinyal yang dihasilkan dgn empat cuplikan
 - pertama2 menunda $x(n)$ yang dihasilkan dgn empat cuplikan dan kmd mencerminkan sinyal yang dihasilkan
- Buat sketsa sinyal: $x(-n+4)$,

CONTOH SOAL



3. Suatu sinyal diskrit , $x(n)$, diperlihatkan pada gambar diatas, buat sketsa dari masing2 sinyal berikut:
- | | | | |
|-------------------------|-------------|------------------------|-----------------|
| a) $x(n-2)$ | b) $x(4-n)$ | c) $x(n+2)$ | d) $x(n)u(2-n)$ |
| d) $x(n-1)d(n-3)$ | e) $x(n^2)$ | f) bagian genap $x(n)$ | |
| g) bagian ganjil $x(n)$ | | | |



CONTOH SOAL

Generate and plot each of the following sequences over the indicated interval.

a. $x(n) = 2\delta(n+2) - \delta(n-4), \quad -5 \leq n \leq 5.$

b. $x(n) = n[u(n) - u(n-10)] + 10e^{-0.3(n-10)}[u(n-10) - u(n-20)],$

Let $x(n) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1\}$. Determine and plot the following sequences.
↑

a. $x_1(n) = 2x(n-5) - 3x(n+4)$

b. $x_2(n) = x(3-n) + x(n)x(n-2)$

The sequence $x(n)$ is nonzero over $-2 \leq n \leq 10$.