



Dr. R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.

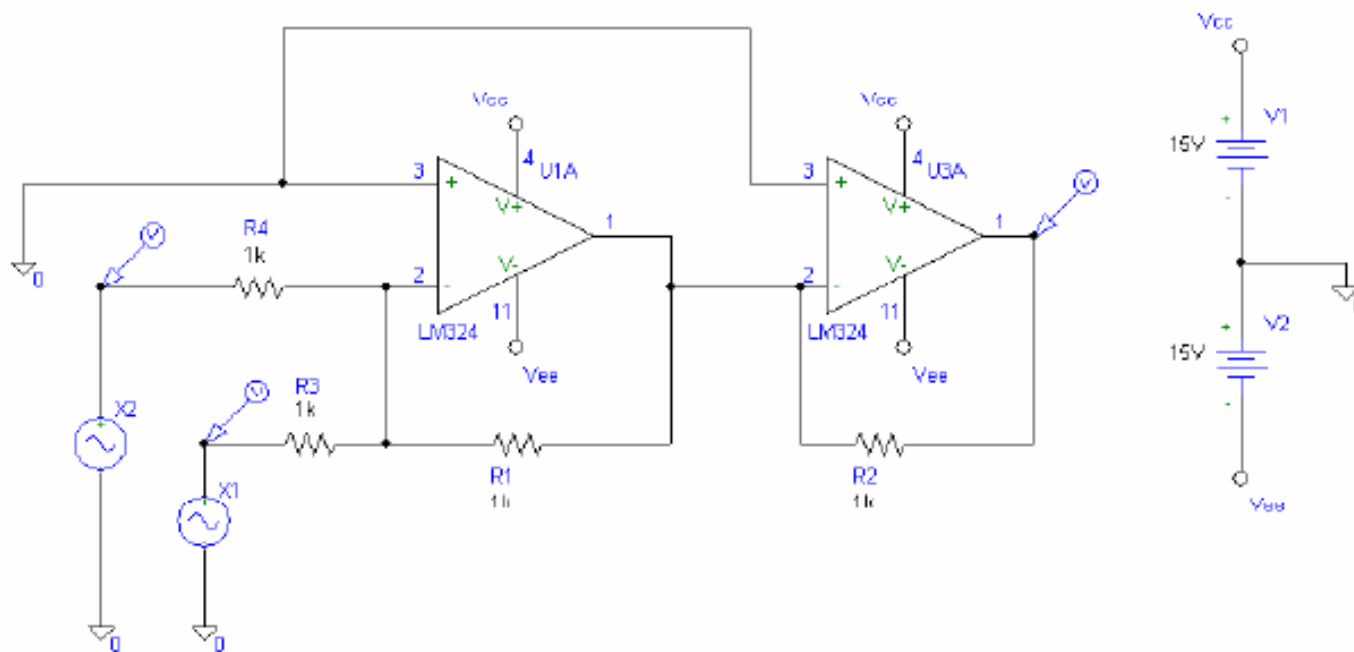
OPERASI-OPERASI PADA SINYAL

- Penambahan sinyal

Waktu kontinu

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t)$$

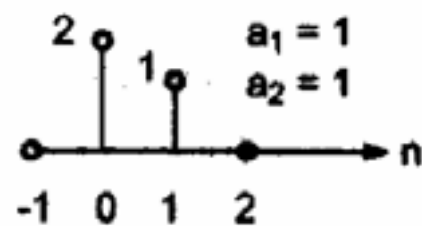
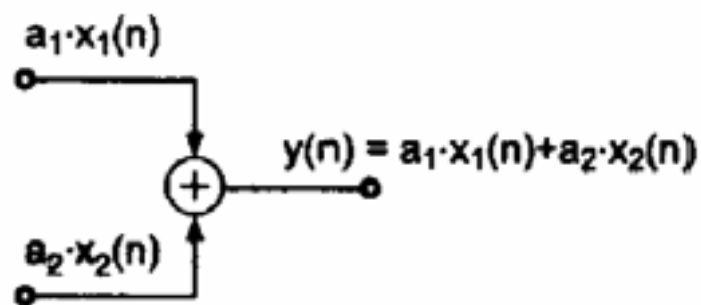
Dalam aplikasi rangkaian analog dengan menggunakan op amp, simulasi dengan menggunakan PSPICE / EWB



Catatan:
 $V_o = (V_4 + V_3)$
dengan ketentuan
 $R=R_1=R_2=R_3=R_4$

Waktu diskrit

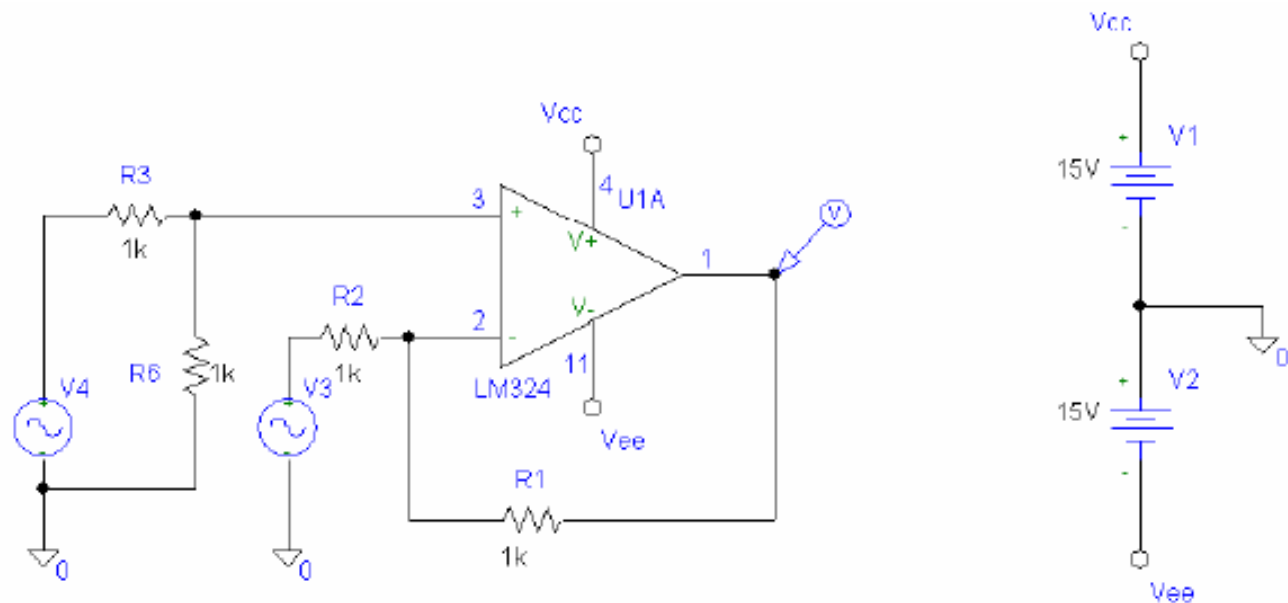
$$x[n] = x_1[n] + x_2[n]$$



- Pengurangan sinyal

$$x(t) = x_1(t) - x_2(t)$$

Dalam aplikasi rangkaian analog dengan menggunakan op amp



Catatan:

$$V_o = V_4 - V_3$$

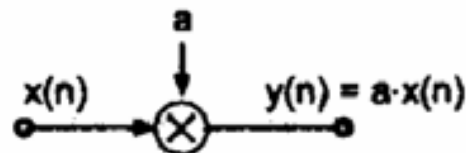
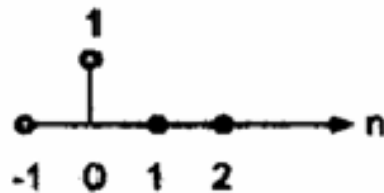
Waktu diskrit

$$x[n] = x_1[n] - x_2[n]$$

- Perkalian Sinyal

Waktu kontinu

$$x(t) = x_1(t) \cdot x_2(t)$$



Waktu diskrit

$$x[n] = x_1[n] \cdot x_2[n]$$



Dalam aplikasinya, perkalian sinyal juga termasuk bagian dari modulasi

- Penskalaan Waktu

Pada persamaan sinyal sinusoida/logaritma ada istilah penskalaan waktu, dimana nilai t bisa dikalikan dengan bilangan riil. Penskalaan waktu berlaku pada waktu kontinu dan diskrit.

Contoh:

m-file (MATLAB)

```
n=-10:0.1:10;
```

→ horisontal antara -10 s/d 10 dengan selisih 0.1

```
u=cos(n+30/pi);
```

```
subplot(3,1,1);
```

→ plot dibagi 3 , kolom 1, baris 1

```
plot(n,u);
```

```
u=cos(10*n+30/pi);
```

→ skala waktu dikali 10

```
subplot(3,1,2);
```

→ plot dibagi 3 , kolom 1, baris 2

```
plot(n,u);
```

```
u=cos(0.3*n+30/pi);
```

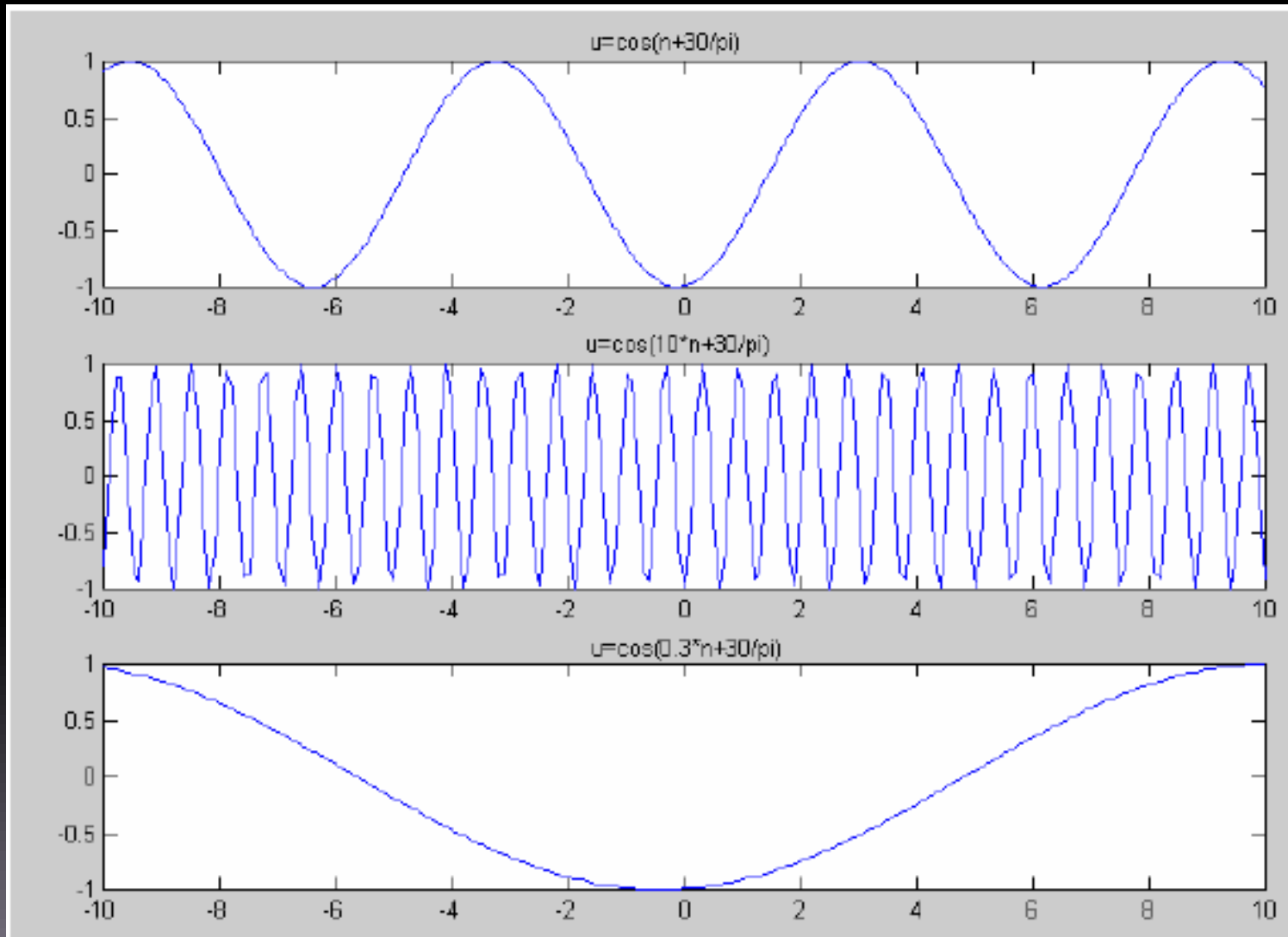
→ skala waktu dikali 0.3

```
subplot(3,1,3);
```

→ plot dibagi 3 , kolom 1, baris 3

```
plot(n,u);
```

Grafik Penyekalaan Waktu (tanpa skala, 10X dan 0.3X)



- Refleksi atau pencerminan

Refleksi atau pencerminan umumnya digunakan saat pengolahan sinyal konvolusi diskrit. Pencerminan terhadap sumbu y.

Contoh:

```
n=-10:0.1:10;
```

```
u=sin(n*0.25+2);
```

```
subplot(3,1,1);
```

```
plot(n,u)
```

→ bentuk kontinu

```
n=-10:0.75:10;
```

```
u=sin(n*0.25+2);
```

→ sebelum dicerminkan (n)

```
subplot(3,1,2);
```

```
stem(n,u)
```

→ bentuk diskrit

```
n=-10:0.75:10;
```

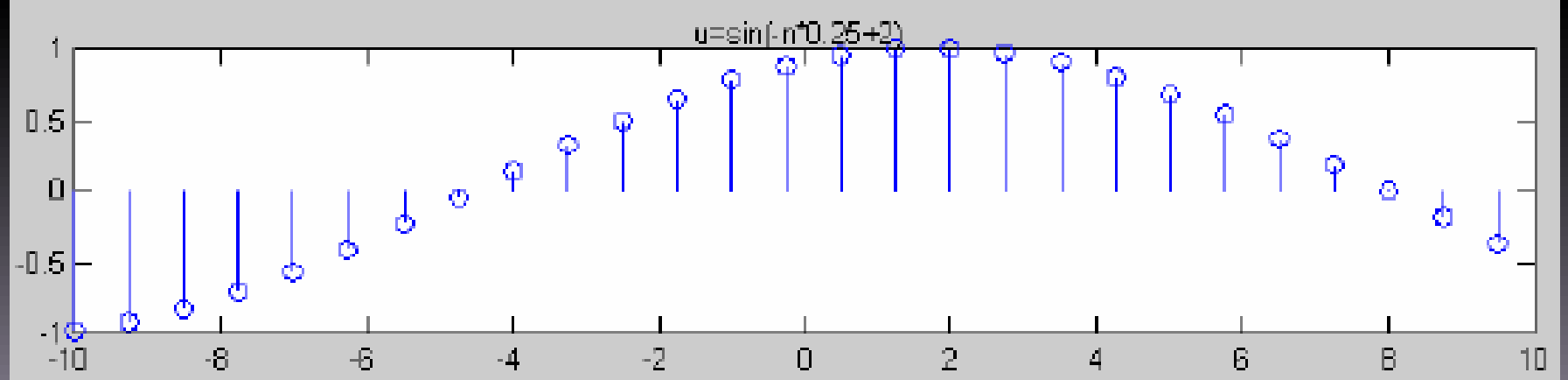
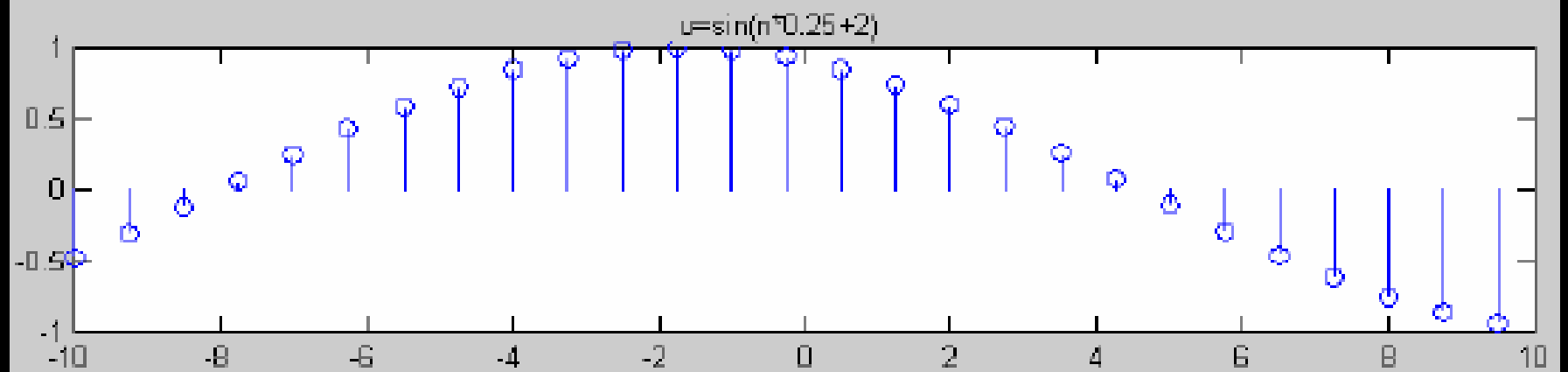
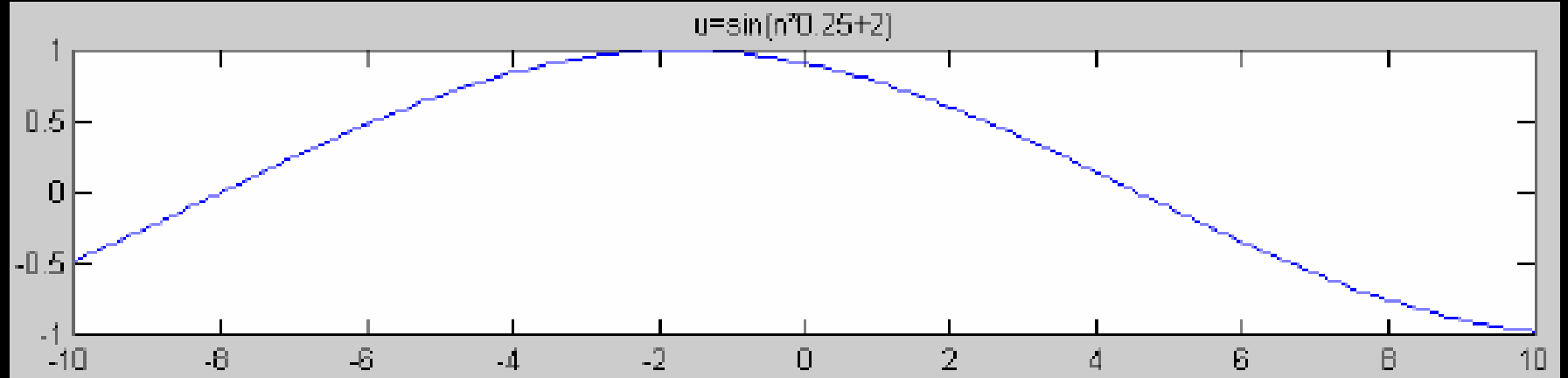
```
u=sin(-n*0.25+2);
```

→ setelah dicerminkan (-n)

```
subplot(3,1,3);
```

```
stem(n,u)
```

→ bentuk diskrit



- Delay atau digeser

Delay pada :

- sinyal diskrit : bergeser sebesar berapa kali sampling (ke kanan dan ke kiri) → besarnya berupa bilangan interger
- sinyal analog : bergeser sebesar sudut fasa → besarnya derajat sudut fasa bisa berupa bilangan riil/integer

Contoh:

Diketahui sinyal diskrit :

$$x[n] = 1 \text{ untuk } n \rightarrow -7 \text{ s/d } -1$$

$$x[n] = 0 \text{ untuk } n \rightarrow -7 > n \text{ dan } n > -1$$

Proses sinyal tersebut jika diinginkan:

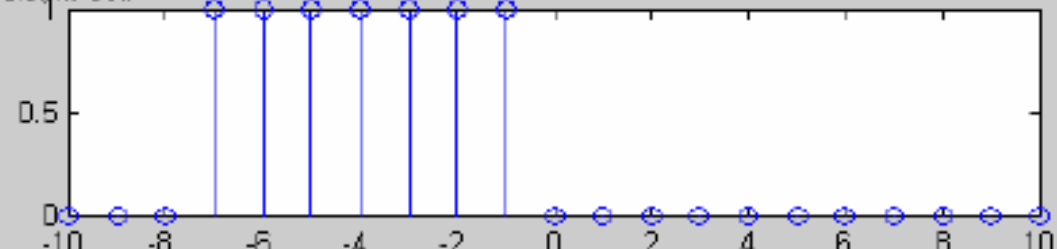
- a. $y[n] = x[n-2]$ → sinyal digeser ke kanan 2 kali
- b. $y[n] = x[-[n-2]] = x[-n+2]$ → dicerminkan terhadap sumbu y.

```

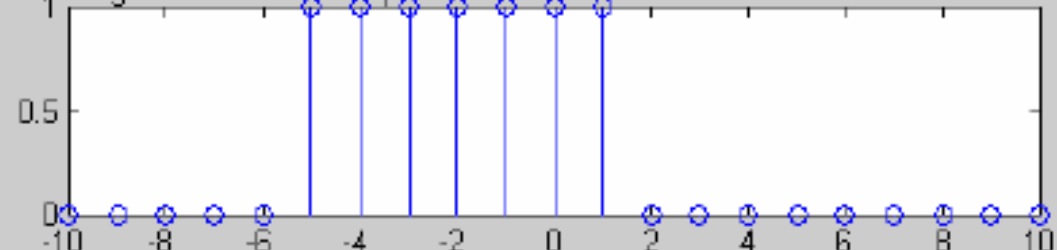
n=-10:10;
u=[zeros(1,3),ones(1,7),zeros(1,11)];
subplot(3,1,1);
stem(n,u);
n=-10:10;
u=[zeros(1,5),ones(1,7),zeros(1,9)];
subplot(3,1,2);
stem(n,u);
n=-10:10;
u=[zeros(1,9),ones(1,7),zeros(1,5)];
subplot(3,1,3);
stem(n,u);

```

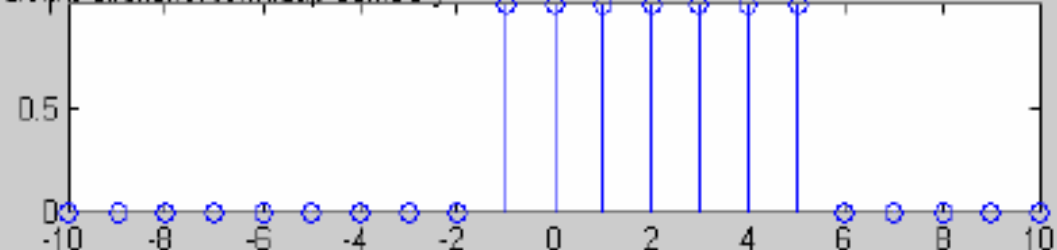
sinyal diskrit asli



sinyal diskrit digeser ke kanan 2 step



sinyal diskrit direfleksikan terhadap sumbu y



APLIKASI PENGOLAHAN SINYAL (1)

Dalam kehidupan modern, pengolahan sinyal sangat bermanfaat dalam segala bidang, antara lain:

- Bidang telekomunikasi

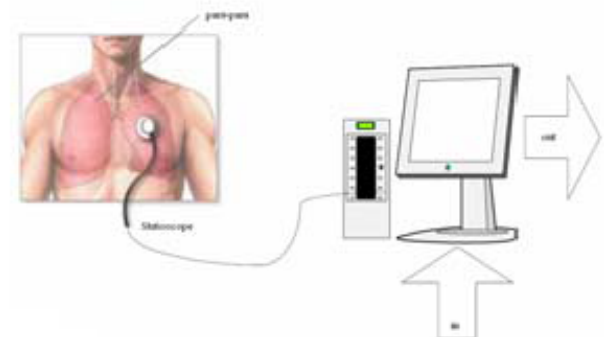
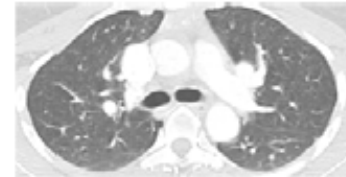
Contoh:

- Pengiriman sinyal handphone menuju BTS
- Sistem telekomunikasi berbasis listrik PLN

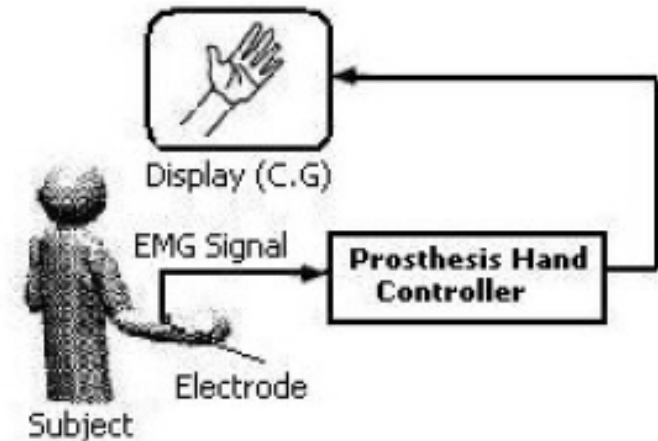
- Bidang kedokteran

Contoh:

- Pengolahan sinyal dari sensor menjadi suatu gambar / image untuk mengidentifikasi apakah ada penyakit pada otak / paru-paru



- Pengolahan sinyal dari sensor elektrode (EMG) diubah menjadi suatu gambar.



- Bidang Militer

Contoh:

- Pengiriman sinyal radar pesawat
- Sistem kendali NASA

SISTEM LINIER DAN INVARIAN TERHADAP WAKTU

Tujuan:

1. Menjelaskan sistem linier
2. Menjelaskan sistem invarian terhadap waktu
3. Menjelaskan konvolusi



PENDAHULUAN

Sistem merupakan alat/algorithm yang memproses sinyal masukan untuk menghasilkan sinyal keluaran.

Sistem dikatakan linier apabila memenuhi syarat:

- Dapat dijumlah (*additivity*)

Jika mempunyai sebuah sinyal masukan berbentuk $x(t) = x_1(t) + x_2(t)$, maka sinyal keluarannya adalah

$$y(t) = T[x_1(t) + x_2(t)] = T[x_1(t)] + T[x_2(t)] = y_1(t) + y_2(t)$$

$y_1(t)$ dan $y_2(t)$ adalah sinyal keluaran masing-masing dari $x_1(t)$ dan $x_2(t)$.

- Homogen

Sinyal masukan:

$$x(t) = a \cdot x_1(t)$$

Sinyal keluaran:

$$y(t) = T[a \cdot x_1(t)] = a \cdot T[x_1(t)] = a \cdot y_1(t)$$

Jika sistem dikatakan linier dengan masukan

$$x(t) = a \cdot x_1(t) + b \cdot x_2(t)$$

Sistem tersebut akan bereaksi dengan mengeluarkan sinyal respon

$$y(t) = T[a \cdot x_1(t) + b \cdot x_2(t)]$$

$$y(t) = T[a \cdot x_1(t)] + T[b \cdot x_2(t)] \quad \rightarrow \quad \text{dengan sifat aditif}$$

$$y(t) = a \cdot T[x_1(t)] + b \cdot T[x_2(t)] \quad \rightarrow \quad \text{dengan sifat homogen}$$

maka

$$y(t) = a \cdot y_1(t) + b \cdot y_2(t)$$



SUPERPOSISI

- Sifat Linearitas yang ditunjukkan oleh gabungan sifat Aditivitas dan Homogenitas disebut memiliki sifat Superposisi
- Sifat Superposisi merupakan persyaratan agar sebuah sistem/sinyal disebut memiliki sifat Linearitas.

Sistem Invarian terhadap Waktu

Sistem ini mempunyai sifat, jika

$$y(t) = T[x(t)],$$

maka untuk parameter bebas t_0

$$y(t-t_0) = T[x(t-t_0)]$$

Sebuah sistem yang invarian terhadap waktu, akan bereaksi sama jika dibeikan masukan yang sama, tidak tergantung kapan sinyal masukan itu diberikan (t_0 bebas).

Contoh:

Ada suatu persamaan $y(t) = a.x(t) + b$

Dimana $x(t)$ = sinyal masukan

$y(t)$ = sinyal keluaran

$a = b =$ konstanta

Tentukan apakah persamaan di atas linier atau tidak linier?

Jawab:

- Untuk menentukan linier atau tidak dicoba additif / tidak:
Dengan 2 sinyal masukan $x_1(t)$ dan $x_2(t)$.

Jika 2 sinyal masukan diatas dimasukkan secara bergantian, didapat

$$y_1(t) = T[x_1(t)] = a.x_1(t) + b$$

$$y_2(t) = T[x_2(t)] = a.x_2(t) + b$$

Jumlah keduanya menjadi

$$y(t) = y_1(t) + y_2(t) = (a.x_1(t) + a.x_2(t)) + 2.b \quad (1)$$

jika sinyal diatas dimasukkan secara bersamaan dengan

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t)$$

Maka

$$y(t) = T[x(t)] = a.(x_1(t) + x_2(t)) + b \quad (2)$$

dapat dilihat persamaan (1) dan (2) berbeda, sehingga dikatakan sistem ini tidak additif.

- Homogen atau tidak

Dengan sinyal masukan $x_1(t) = 2.x(t)$, didapat sinyal keluaran

$$y_1(t) = T[2.x(t)] = 2.ax(t) + b \quad \neq \quad y_1(t) = 2y(t) = 2.ax(t) + 2b$$

sistem ini tidak homogen

Dari uji additif dan homogen, diambil kesimpulan sistem $y(t) = a.x(t) + b$ bukan sistem linier.

PR (one week only)

Ada suatu persamaan $y(t) = 3.x(t) - z$

Dimana $x(t)$ = sinyal masukan

$y(t)$ = sinyal keluaran

z = konstanta

Tentukan apakah persamaan di atas linier atau tidak linier?

Diketahui sinyal diskrit :

$$x[n] = 3 \text{ untuk } n \rightarrow -3 \text{ s/d } 0$$

$$x[n] = 0 \text{ untuk } n \rightarrow -3 > n > 0$$

Proses sinyal tersebut dengan menggunakan MATLAB jika diinginkan

$$y[n] = x[n+3] \quad \rightarrow \text{ sinyal digeser ke kiri 3 kali}$$

$$y[n] = x[-n-3] \quad \rightarrow \text{ sinyal dicerminkan}$$

SISTEM PEMROSESAN SINYAL

Dalam pembahasan pengolahan sinyal, sistem yg. ditinjau termasuk dlm. kategori sistem linear.

Terdapat dua watak utk. menentukan linearitas sistem:

- (1) Untuk setiap barisan masukan, perubahan pd. skala amplitude atau barisan masukan menghasilkan perubahan skala amplitude yg. sama pd. barisan keluaran;
- (2) Jika dua barisan masukan dijumlahkan dan jumlahnya diterapkan pd. sistem, keluaran hasilnya merupakan jumlahan atas tanggapan $\hat{=}$ masukan individual.

Kedua watak tsb. dirumuskan dlm. PRINSIP SUPERPOSISI sbb.:

Jika diketahui sistem menghasilkan transformasi $G\{\cdot\}$, dua barisan masukan sembarang $\{x_1(n)\}$ dan $\{x_2(n)\}$ yang menghasilkan $\{y_1(n)\} = G\{x_1(n)\}$ dan $\{y_2(n)\} = G\{x_2(n)\}$, dan dua konstanta α dan β , maka sistem disebut linear jika:

$$G\{\alpha x_1(n) + \beta x_2(n)\} = \alpha G\{x_1(n)\} + \beta G\{x_2(n)\} \\ = \alpha \{y_1(n)\} + \beta \{y_2(n)\}.$$

... (1)

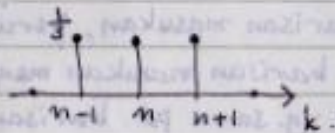
Lihat contoh berikut.

Uji Linearitas Sistem/Sinyal

Contoh 1: Linearitas perata 3-cuplik (3-sample averager).

$$y(n) = \frac{1}{3} [x(n+1) + x(n) + x(n-1)] = G\{x(n)\}.$$

Uji linearitas sbk.:



$$G\{\alpha x_1(n) + \beta x_2(n)\} = \frac{1}{3} [\alpha x_1(n+1) + \beta x_2(n+1) + \alpha x_1(n) + \beta x_2(n) + \alpha x_1(n-1) + \beta x_2(n-1)]$$

$$= \frac{\alpha}{3} [x_1(n+1) + x_1(n) + x_1(n-1)]$$

$$+ \frac{\beta}{3} [x_2(n+1) + x_2(n) + x_2(n-1)] = \alpha G\{x_1(n)\} + \beta G\{x_2(n)\}$$

$$= \alpha \{y_1(n)\} + \beta \{y_2(n)\}.$$

Karena sesuai dg. rumus (1), maka perata 3-cuplik merupakan sistem linear.

Contoh 2: Suatu perangkat aturan-kuadrat, output mrpl. kuadrat input:

$$\{y(n)\} = G\{x(n)\} = \{x^2(n)\}$$

$$G\{\alpha x_1(n) + \beta x_2(n)\} = [\alpha x_1(n) + \beta x_2(n)]^2 = \alpha^2 x_1^2(n) + \beta^2 x_2^2(n) + 2\alpha\beta x_1(n)x_2(n)$$

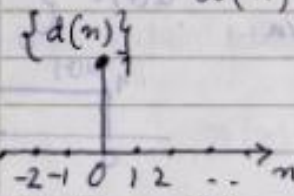
yg. tidak sama dengan $\alpha^2 x_1^2(n) + \beta^2 x_2^2(n)$, yg mrpl. syarat agar sistem linear. Dg. dmkn. perangkat aturan-kuadrat mrpl. sistem yg. nonlinier.

BARISAN WAKTU DISKRET (Discrete-Time Sequence)

Barisan waktu diskret dinyatakan sbg $\{x(n)\}$, atau $x(n)$; untuk $-N_1 \leq n \leq N_2$, dg N_1 dan N_2 boleh tak hingga. Dalam aplikasi, waktu-diskret bergum menyajikan, misalnya: sinyal dlm. aplikasi pengel. pengenalan suara, posisi-diskret utle. sensor lenga.

Barisan Cuplik-satuan (Unit-sample Sequence) \rightarrow

$$d(n) = \begin{cases} 1 & \text{utle } n=0 \\ 0 & \text{lainnya.} \end{cases}$$



Barisan cuplik-satuan tertun $\rightarrow \{d(n-k)\}$.

Dim. sist. Kontinu $\rightarrow S(f)$
 \uparrow
 $S(t)$



Terima kasih

- Ada pertanyaan?
- Minggu depan: KONVOLUSI SINYAL