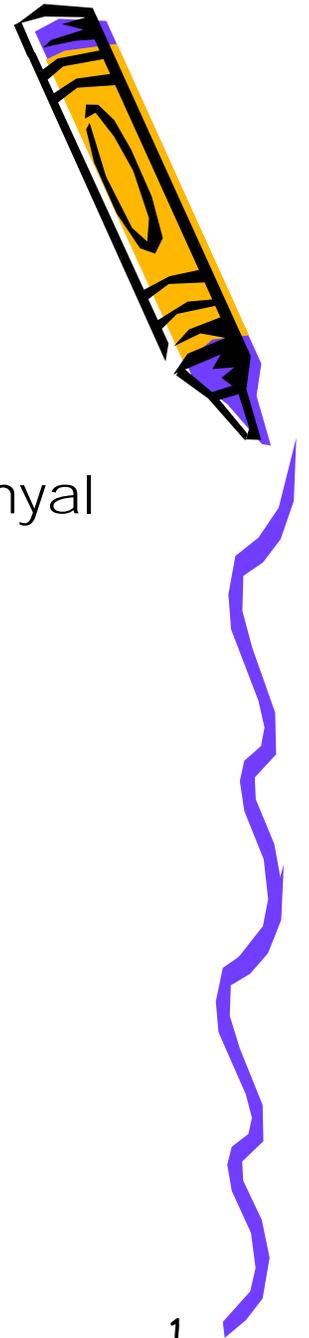
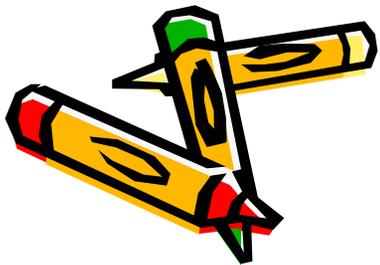


Bab 1 Pengenalan Dasar Sinyal

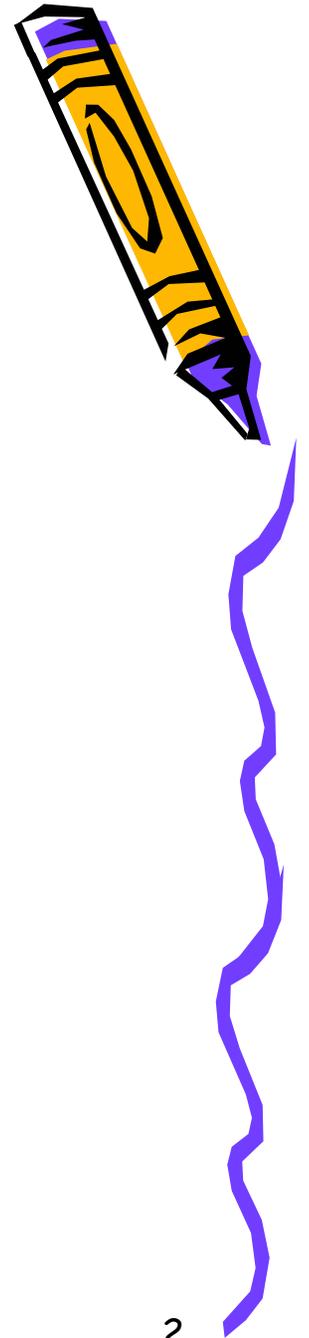
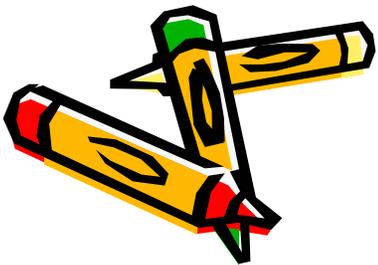
Tujuan:

- Siswa mampu menyelesaikan permasalahan terkait dengan konsep sinyal, menggambarkan perbedaan sinyal waktu kontinyu dengan sinyal waktu diskrit.
- Siswa mampu menjelaskan dasar proses sampling.
- Siswa mampu menggambarkan operasi dasar sinyal



Sub Bab:

- 1.1. Pengantar
- 1.2. Sinyal Waktu Kontinyu
- 1.3. Sinyal Waktu Diskrit
- 1.4. Sinyal Sinusoida
- 1.5. Proses Sampling
- 1.6. Operasi Dasar Sinyal



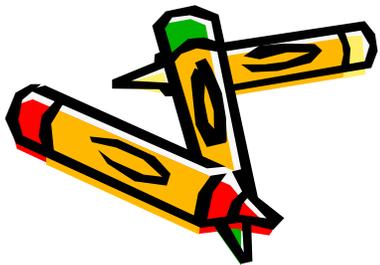
1.1. Pengantar

Sinyal $x(t)$:

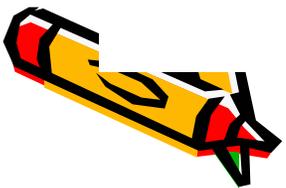
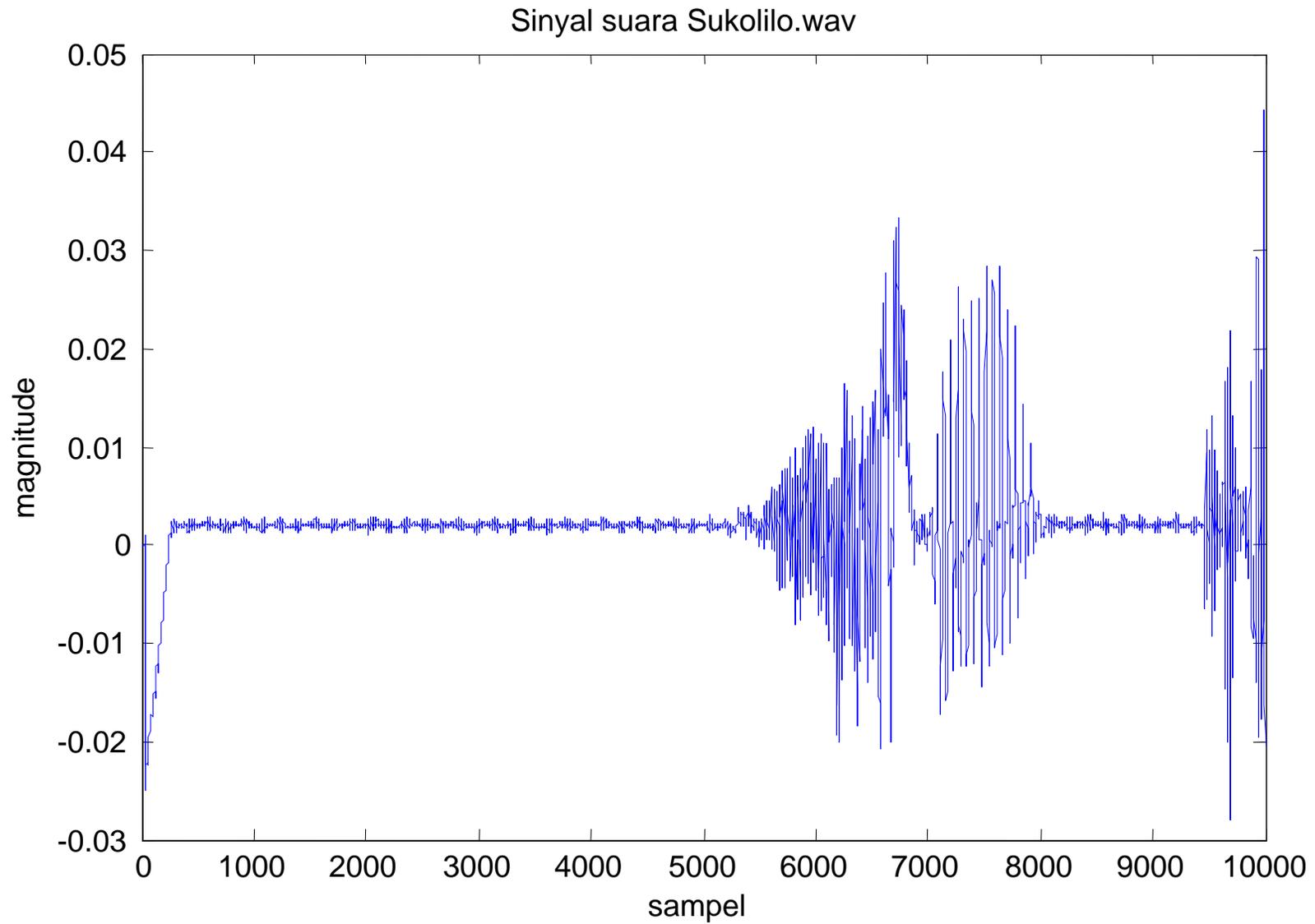
memiliki nilai real atau nilai skalar yang merupakan fungsi dari variabel waktu t

Contoh yang sudah umum:

- gelombang tegangan dan arus yang terdapat pada suatu rangkaian listrik
- sinyal audio seperti sinyal wicara atau musik
- sinyal *bioelectric* seperti *electrocardiogram* (ECG) atau *electroencephalogram* (EEG)
- gaya-gaya pada torsi dalam suatu sistem mekanik
- laju aliran pada fluida atau gas dalam suatu proses kimia

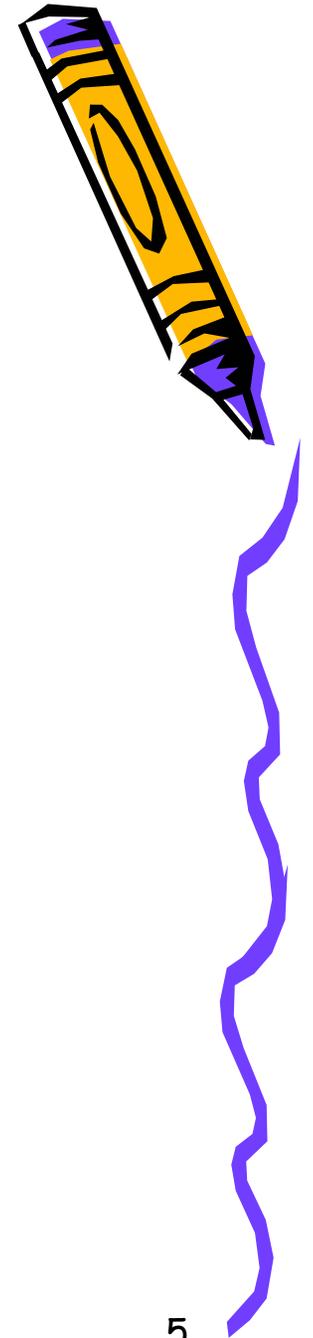


Contoh Sinyal suara



Gambar 1.1 Segmen sinyal berbunyi 'sukolilo'



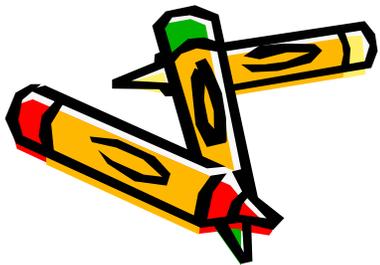


1.2. Sinyal Waktu Kontinu

sinyal waktu-kontinu atau sinyal analog:
ketika memiliki nilai real pada keseluruhan rentang
waktu t yang ditempatinya

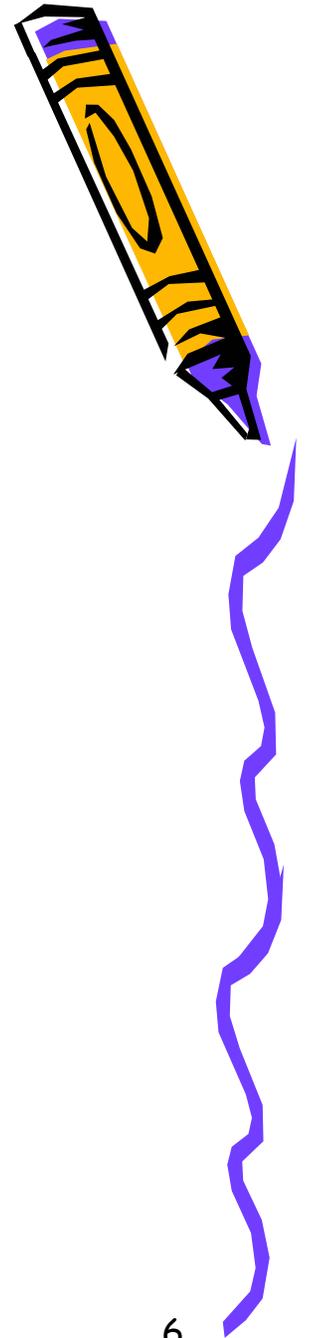
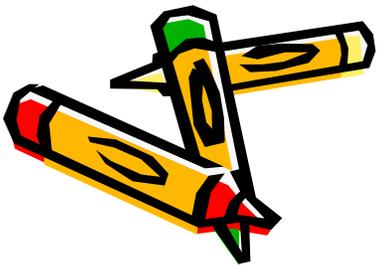
didefinisikan dengan persamaan matematis

$$f(t) \in (-\infty, \infty) \quad (1-1)$$



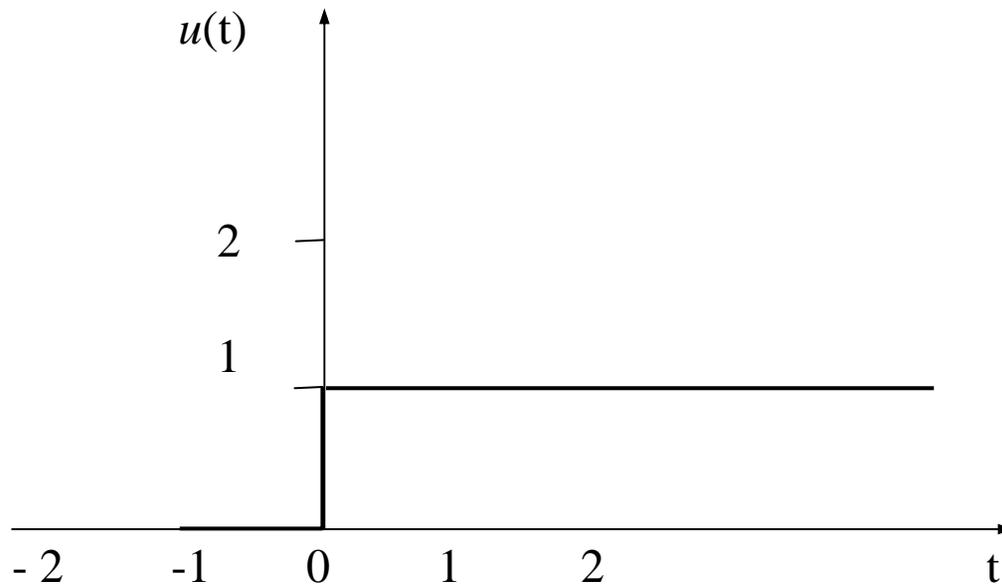
Contoh Sinyal Waktu Kontiyu

- Fungsi Step
- Fungsi Ramp
- Impulse
- Sinyal Periodik

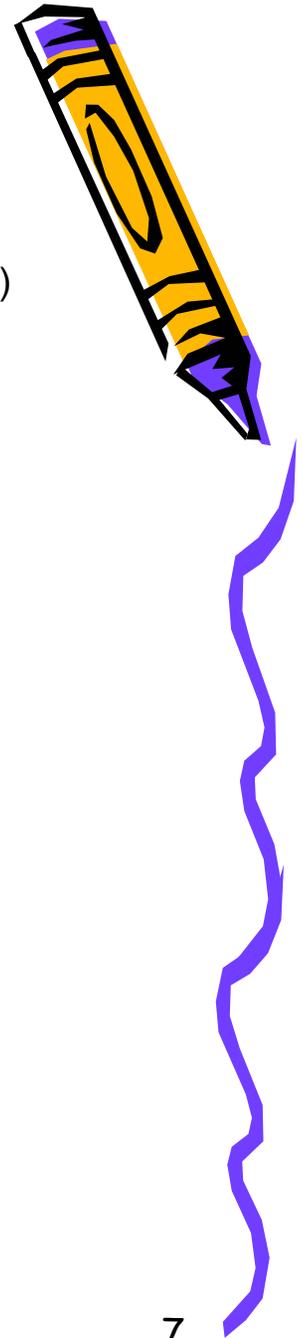
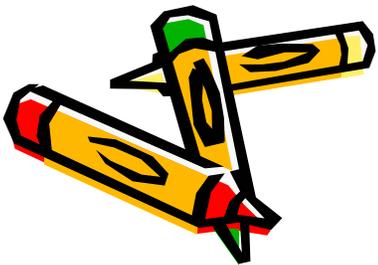


- Fungsi Step

$$u(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (1-2)$$



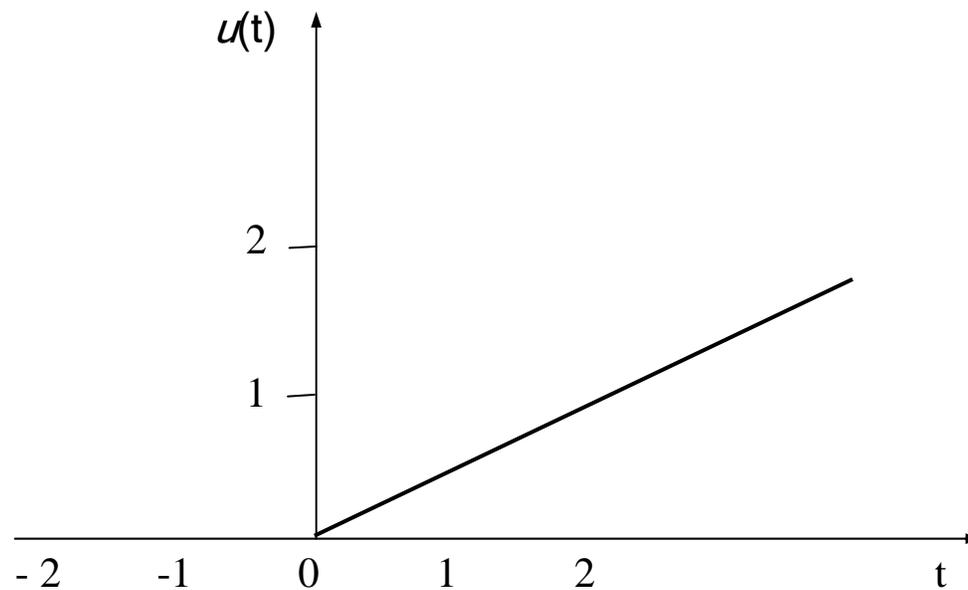
Gambar 1.2 a. Fungsi Step



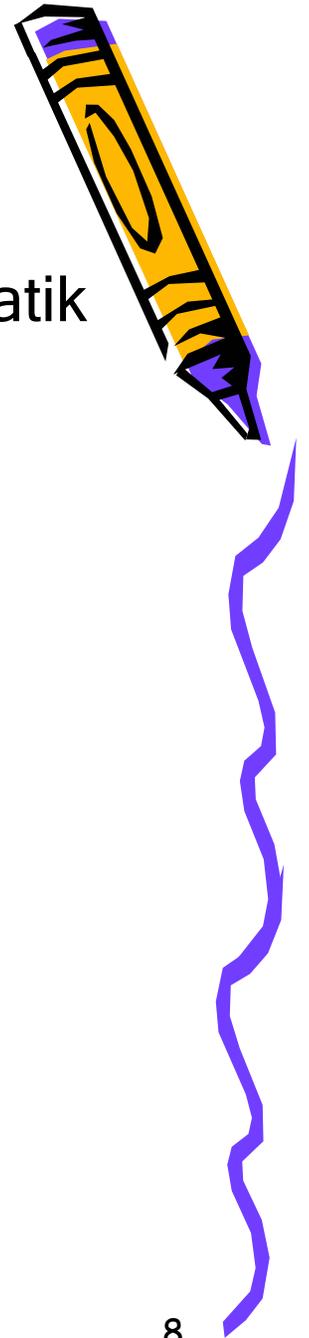
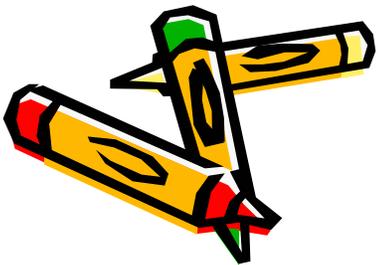
• Fungsi Ramp

Fungsi *ramp* (tanjak) $r(t)$ didefinisikan secara matematik

$$r(t) = \begin{cases} t, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (1-3)$$



Gambar 1.2 b. Fungsi ramp



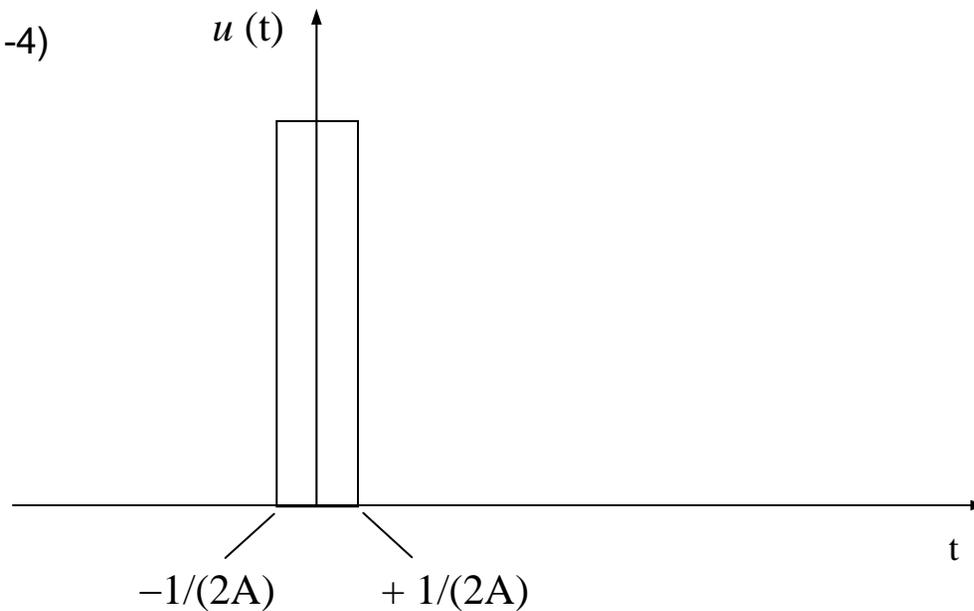
• Impulse

Unit impulse $\delta(t)$ juga dikenal sebagai fungsi delta atau distribusi Dirac didefinisikan sebagai:

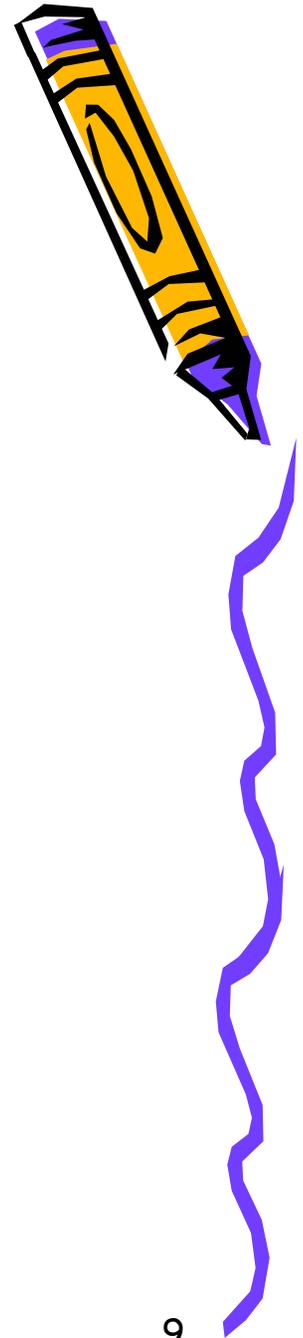
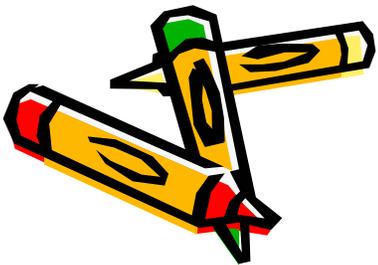
$$\delta(t) = 0, \text{ untuk } t \neq 0$$

$$\int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} \delta(\lambda) d\lambda = 1 \quad (1-4)$$

untuk nilai real $\varepsilon > 0$



Gambar 1.3 Fungsi impulse $\delta(t)$



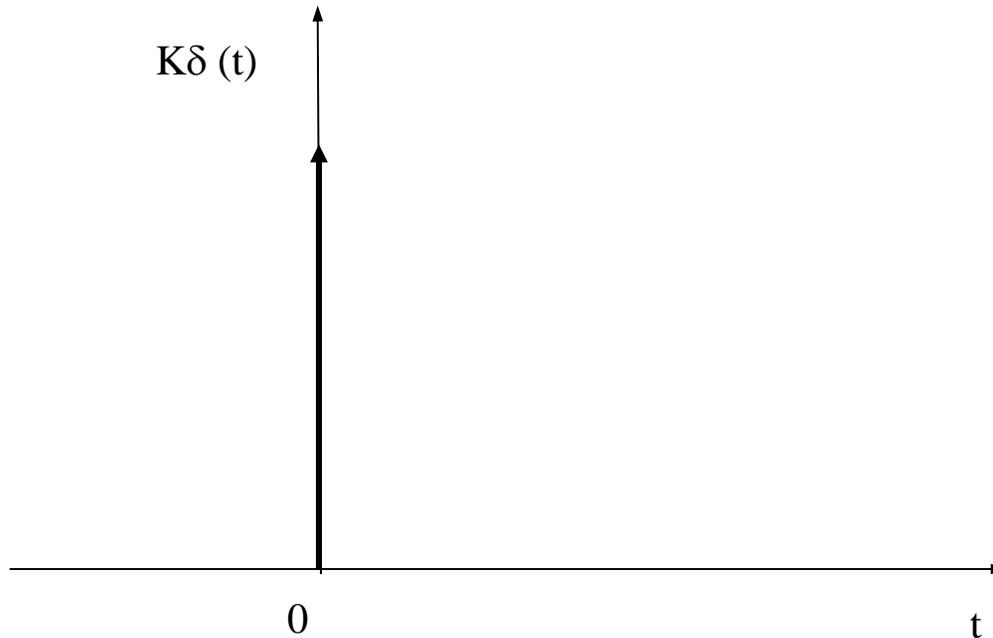
• Impulse 2

Untuk suatu nilai real K , maka $K\delta(t)$ merupakan sebuah impulse dengan area K . Ini dapat didefinisikan sebagai:

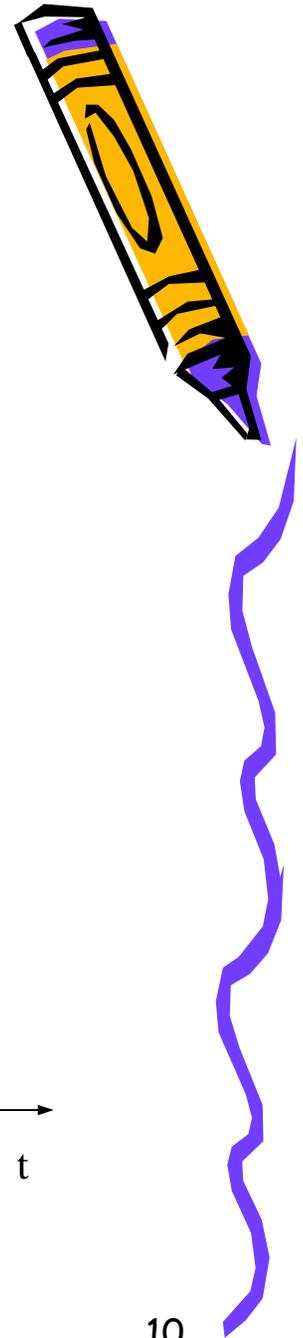
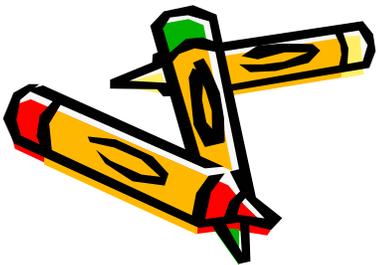
$$K\delta(t) = 0 \text{ untuk } t \neq 0$$

$$\int_{-\varepsilon}^{\varepsilon} K\delta(\lambda) d\lambda = K \quad (1-5)$$

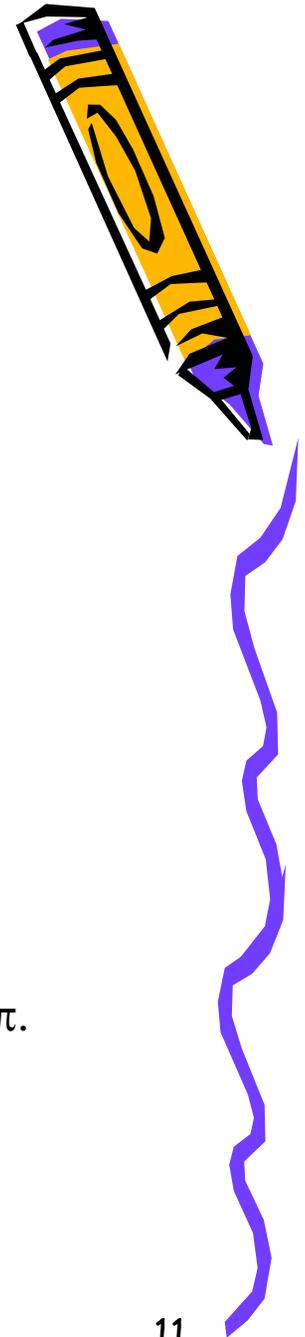
untuk suatu nilai real $\varepsilon > 0$



Gambar 1.4 Fungsi impulse $K\delta(t)$



• Sinyal Periodik



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

$$x(t + T) = x(t) \text{ untuk semua nilai } t, \quad -\infty < t < \infty \quad (1-6)$$

Suatu contoh pada suatu sinyal periodik adalah suatu sinyal sinusoida

$$x(t) = A \cos(\omega t + \theta) \quad (1-7)$$

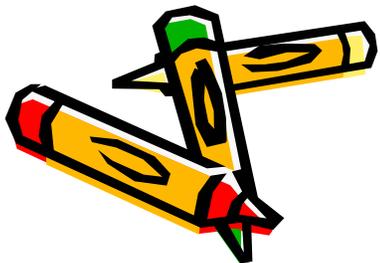
Dimana:

A = amplitudo

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

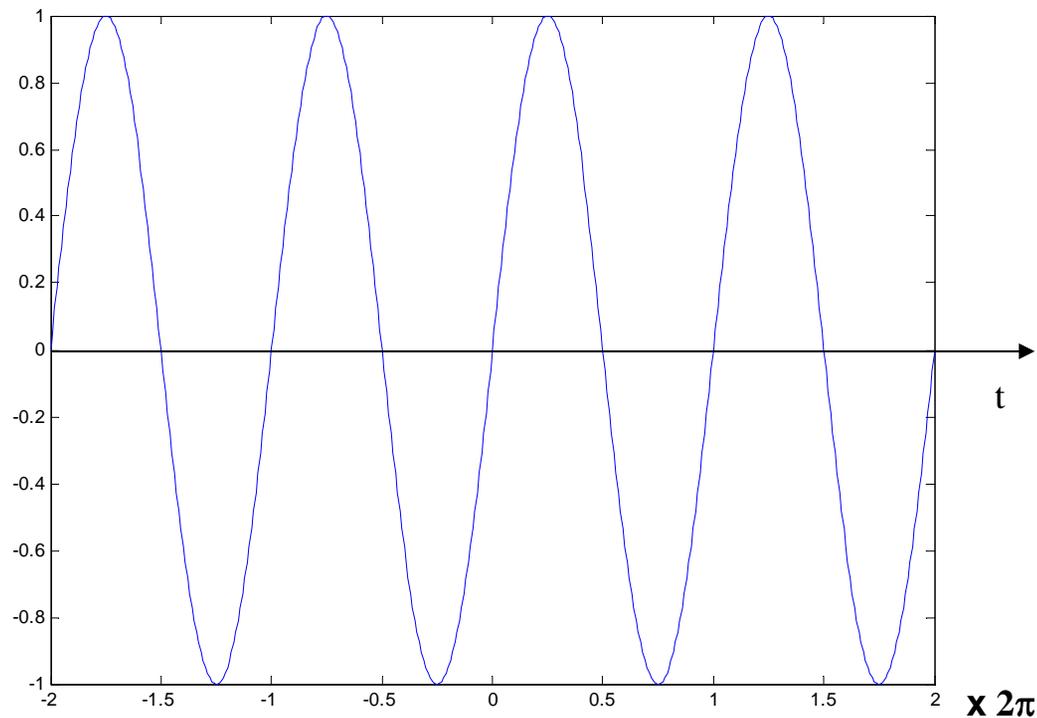
θ = fase dalam radian.

Frekuensi f dalam hertz (Hz) atau siklus per detik adalah sebesar $f = \omega/2\pi$.

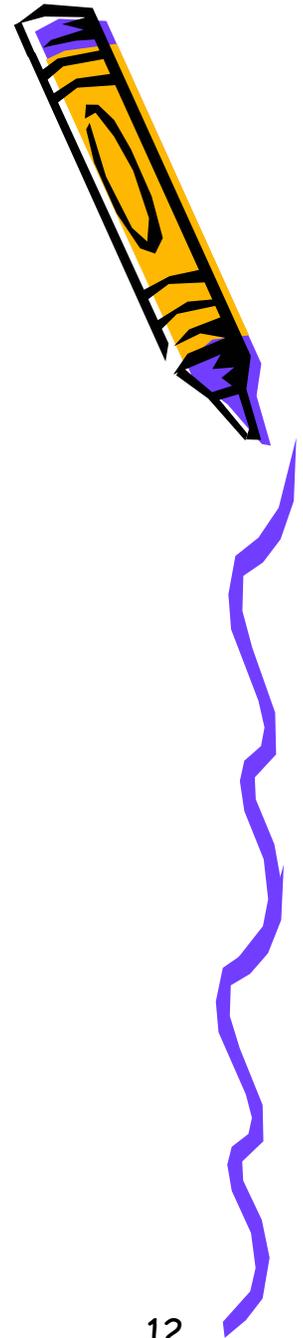
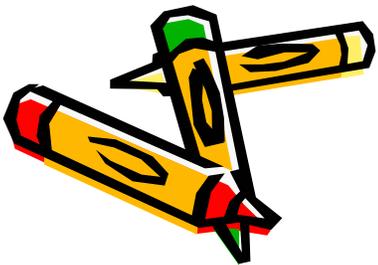


- Sinyal Periodik 2

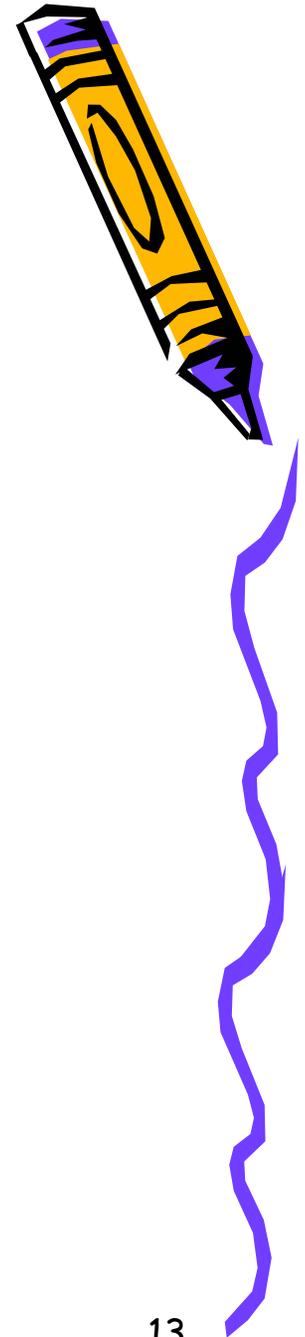
$$A \cos \left[\omega \left(t + \frac{2\pi}{\omega} \right) + \theta \right] = A \cos(\omega t + 2\pi + \theta) = A \cos(\omega t + \theta) \quad (1-8)$$



Gambar 1.5. Sinyal periodik sinusoida
Handout Sinyal Sistem

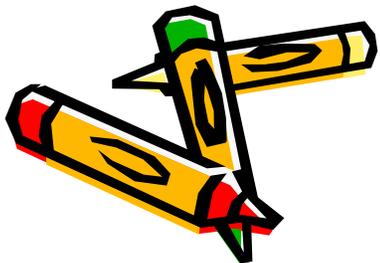


Contoh pembangkitan sinyal kontinu dengan Matlab

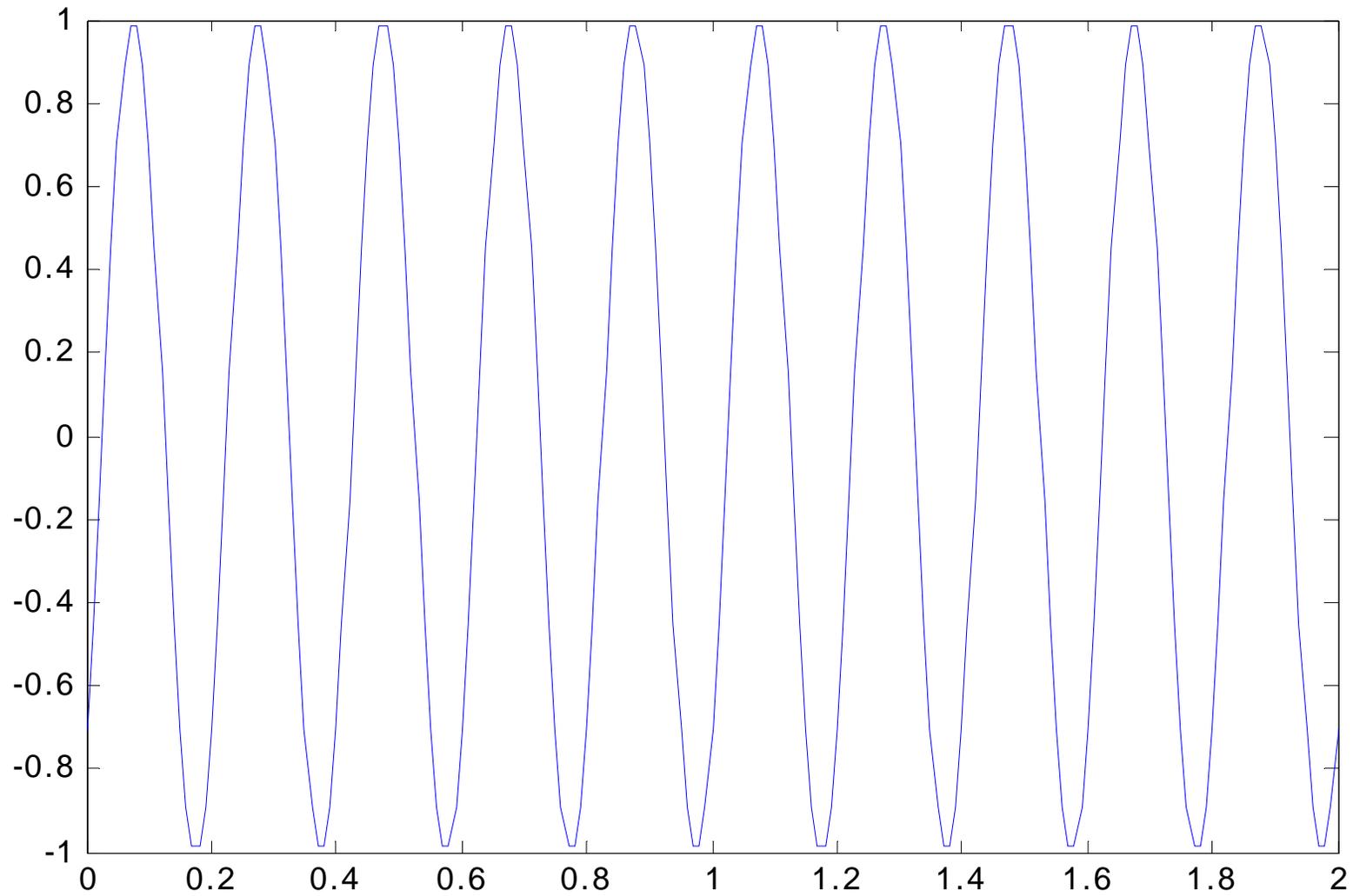
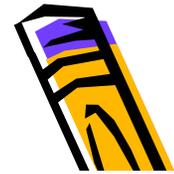


Coba anda bangkitkan sebuah sinyal periodic sinusoida $y = \sin(2\pi ft + \theta)$, dengan frekuensinya senilai 5Hz, sedangkan fase awalnya 45° .

```
t1=0:1:200;           % waktu dari 0 sampai 200
f=5;                 % frekuensi 5Hz
T=100;               % normalisasi T=100
t=t1/T;              % proses normalisasi waktu
y=sin(2*pi*f*t - pi/4); % pembangkitan sinus dengan fase awal 45°
plot(t,y)            % penggambaran hasil pembangkitan
```



Hasilnya . . .

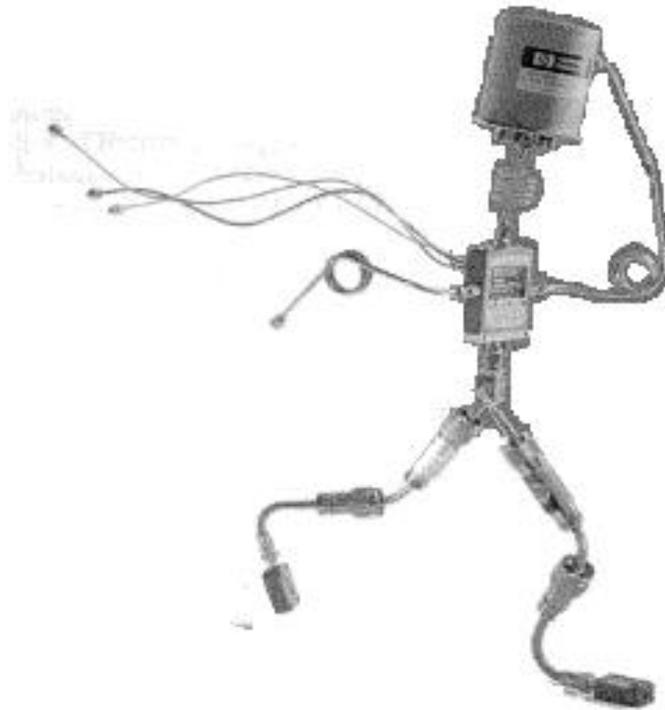


Gambar 1.6 Contoh hasil pembangkitan sinyal sinusoida

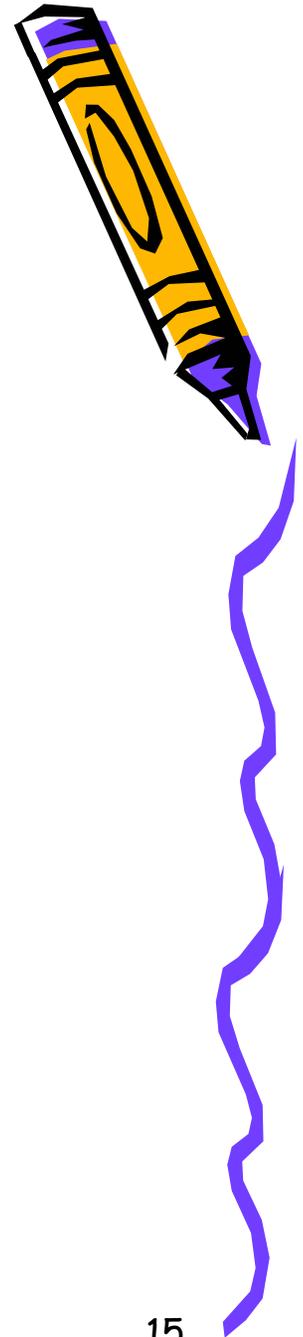
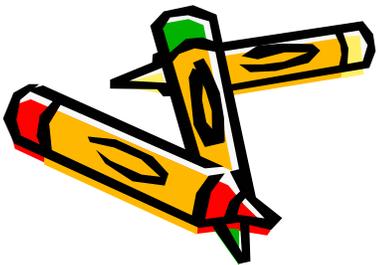


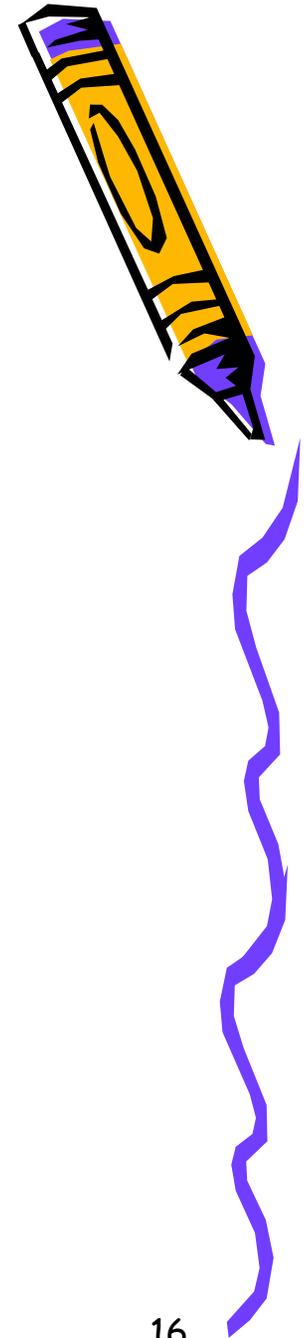
Untuk lebih memahami penggunaan Perangkat Lunak Matlab untuk visualisasi Sinyal dan Sistem, sebaiknya anda lihat di file....

Penggunaan Perangkat Lunak untuk Simulasi



Handout Sinyal Sistem





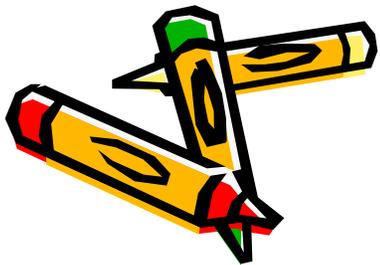
1.3. Sinyal Waktu Diskrit

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 .

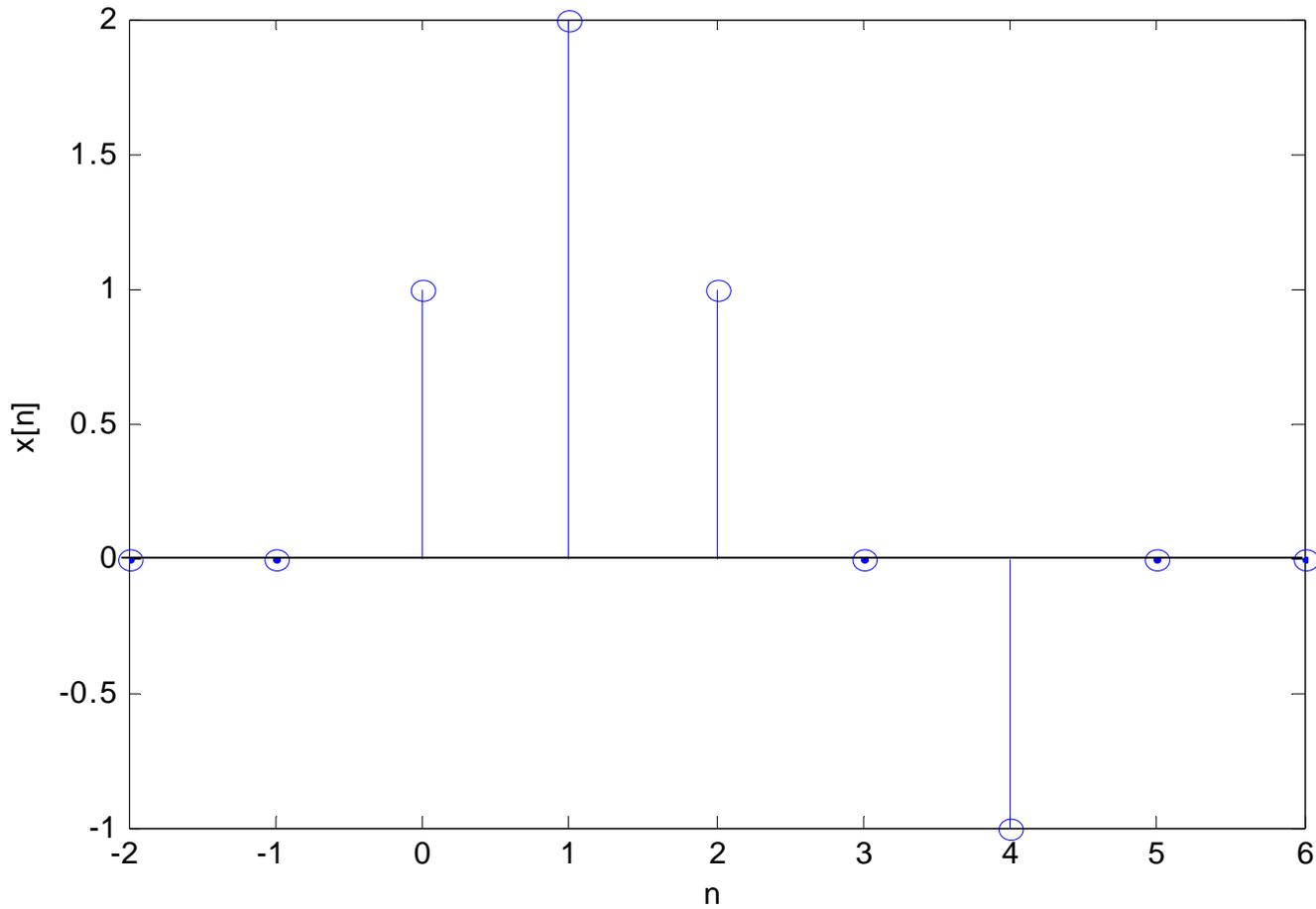
Sebagai contoh t dapat menempati suatu nilai integer $0, 1, 2, 3, \dots$;
dalam hal ini $t = t_n = n$ untuk suatu nilai $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Berikut ini digambarkan sebuah sinyal diskrit yang memiliki nilai
 $x[0] = 1$, $x[1] = 2$, $x[2] = 1$, $x[3] = 0$, dan $x[4] = -1$.

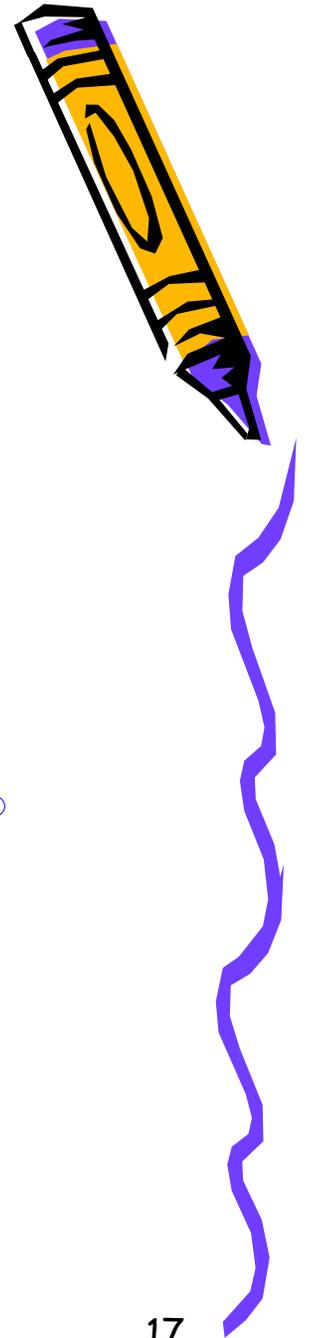
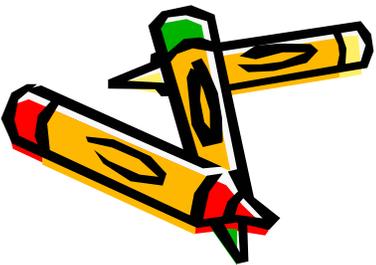
Sementara nilai untuk $x[n]$ yang lain adalah nol



Hasilnya



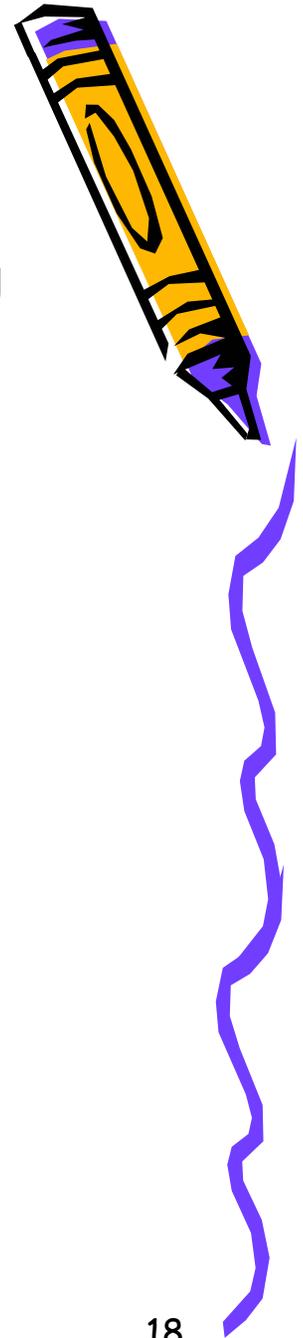
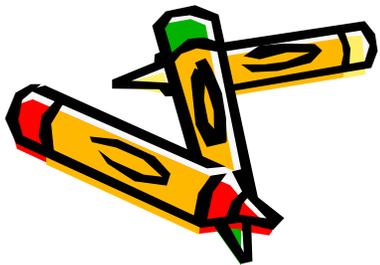
Gambar 1.7. Contoh sebuah sinyal diskrit



- Sinyal Diskrit dan Sinyal Digital

Pada kasus sinyal digital, sinyal diskrit hasil proses sampling diolah lebih lanjut. Sinyal hasil sampling dibandingkan dengan beberapa nilai *threshold* tertentu sesuai dengan level-level digital yang dikehendaki.

Apabila suatu nilai sampel yang didapatkan memiliki nilai lebih tinggi dari sebuah *threshold* maka nilai digitalnya ditetapkan mengikuti nilai integer di atasnya, tetapi apabila nilainya lebih rendah dari *threshold* ditetapkan nilainya mengikuti nilai integer dibawahnya. Proses ini dalam *analog-to-digital conversion* (ADC) juga dikenal sebagai *kuantisasi*.



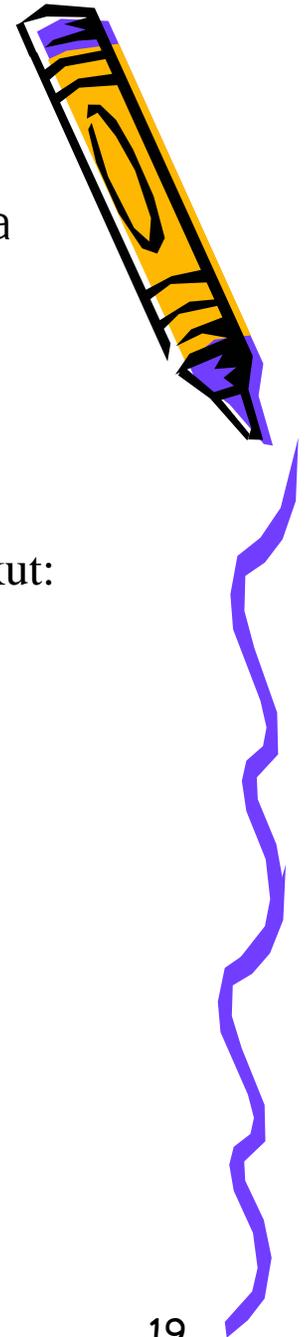
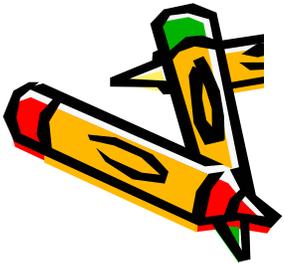
Contoh

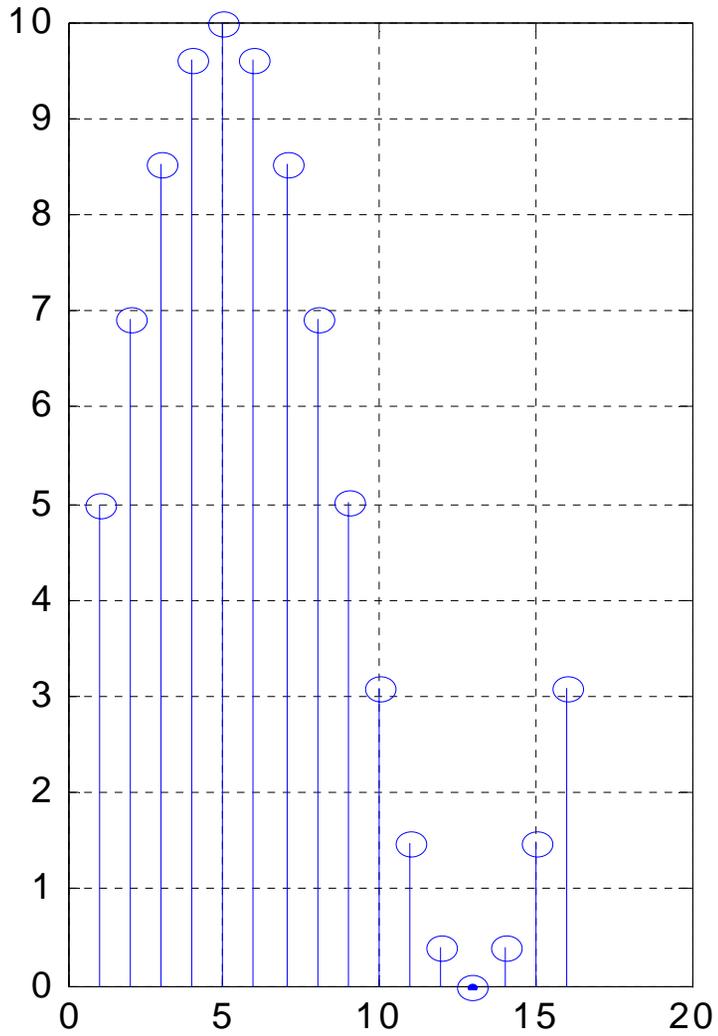
Dari sinyal diskrit terbangkit pada contoh sebelumnya ditetapkan untuk level digital sebanyak 11, mulai dari 0 sampai 10. Dan pada kasus ini ditetapkan threshold sebanyak 10 atau level kuantisasi sebesar ± 0.5 terhadap nilai integer. Beri gambaran bentuk sinyal diskrit dan sinyal digital yang dihasilkan.

Penyelesaian:

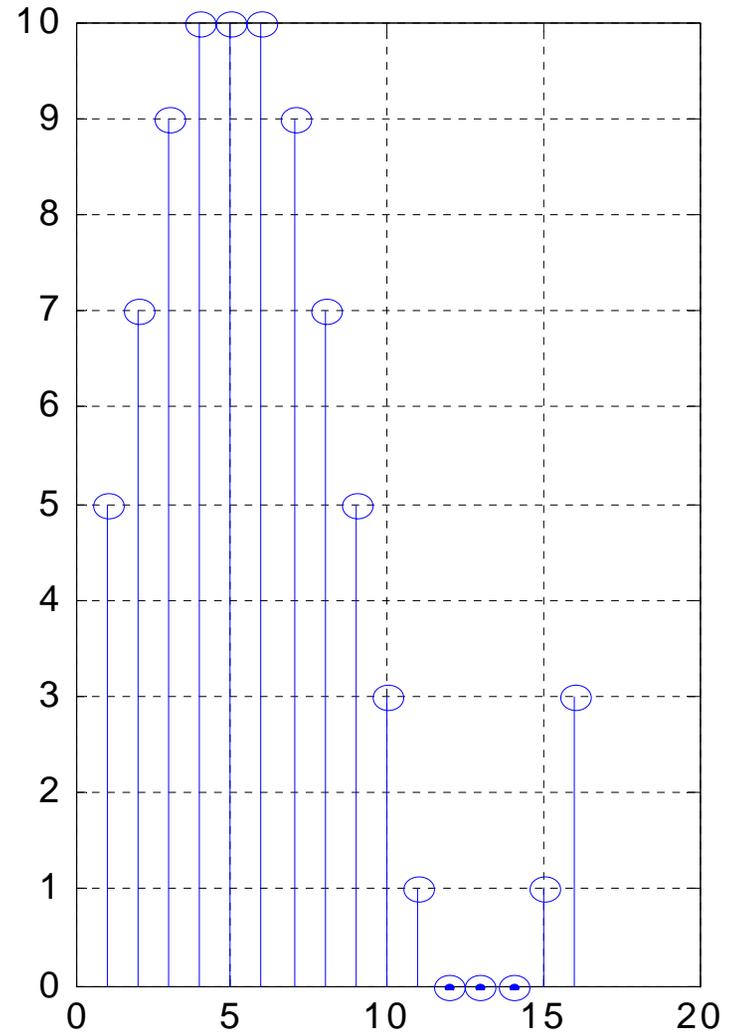
Dengan mengacu kasus di atas dapat dibuat aturan seperti tabel berikut:

Nilai diskrit	Nilai Digital
$s[n] \leq 0.5$	0
$0.5 \leq s[n] < 1.5$	1
$1.5 \leq s[n] < 2.5$	2
$2.5 \leq s[n] < 3.5$	3
$3.5 \leq s[n] < 4.5$	4
$4.5 \leq s[n] < 5.5$	5
$5.5 \leq s[n] < 6.5$	6
$6.5 \leq s[n] < 7.5$	7
$7.5 \leq s[n] < 8.5$	8
$8.5 \leq s[n] < 9.5$	9
$9.5 \leq s[n]$	10



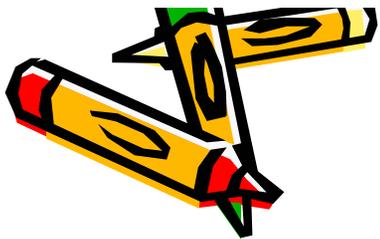


a. sinyal diskrit



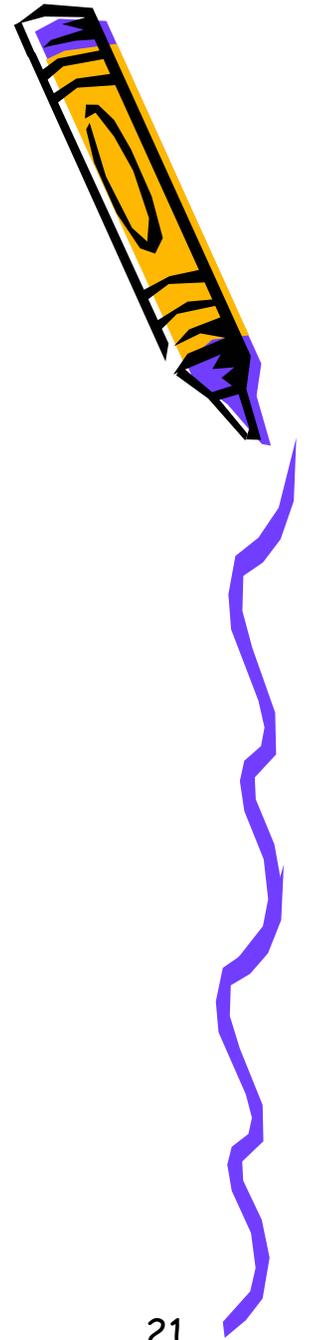
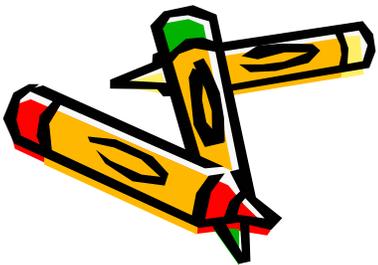
b. sinyal digital

Gambar 1.8 Sinyal diskrit dan digital



Contoh-contoh Sinyal Waktu Diskrit

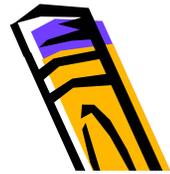
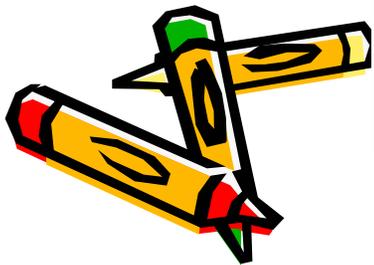
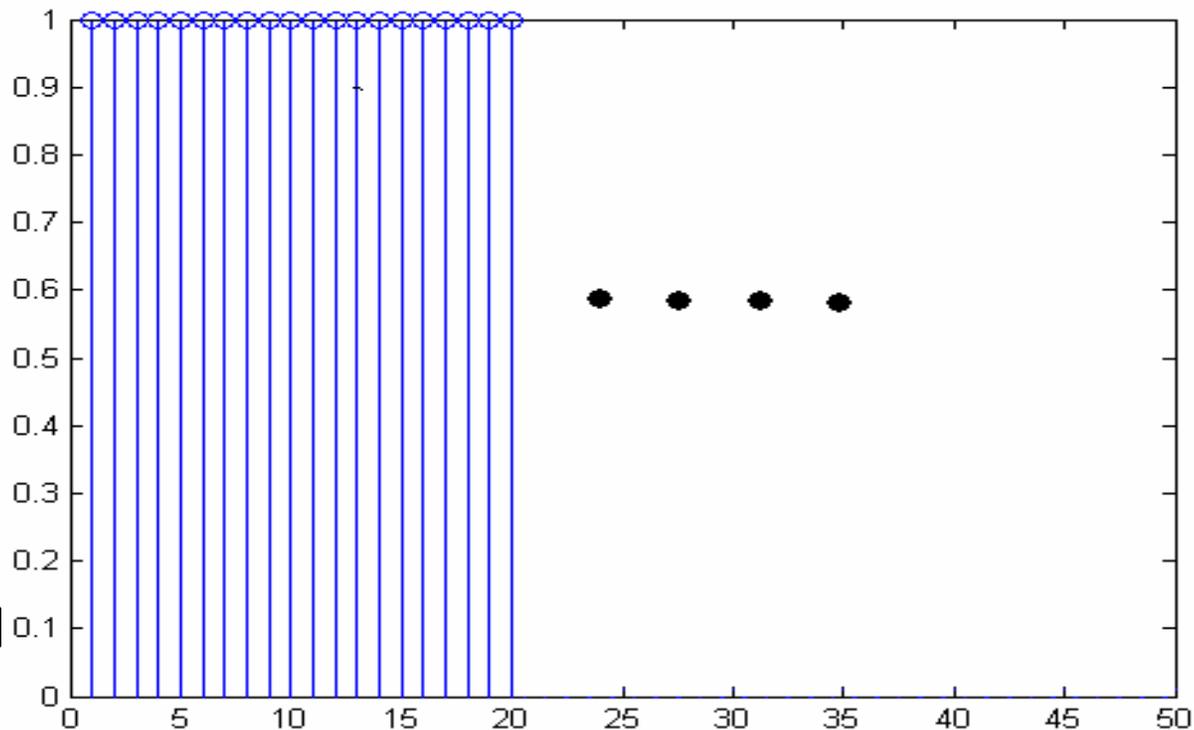
- Sekuen Konstan
- Sekuen Impulse
- Unit Step
- Sekuen Rectangular (persegi)
- Sinusoida Diskrit



• Sekuen Konstan

Sinyal ini dihasilkan dari sampling sinyal waktu kontinyu yang nilainya konstan, misalnya sinyal DC. Bentuk sinyal waktu diskrit untuk representasinya berupa deretan pulsa-pulsa bernilai sama mulai dari negatif tak berhingga sampai dengan positif tak berhingga. Gambaran matematis untuk sinyal ini adalah seperti berikut.

$$f(nT) = 1 \text{ untuk semua nilai } n \quad (1-9)$$

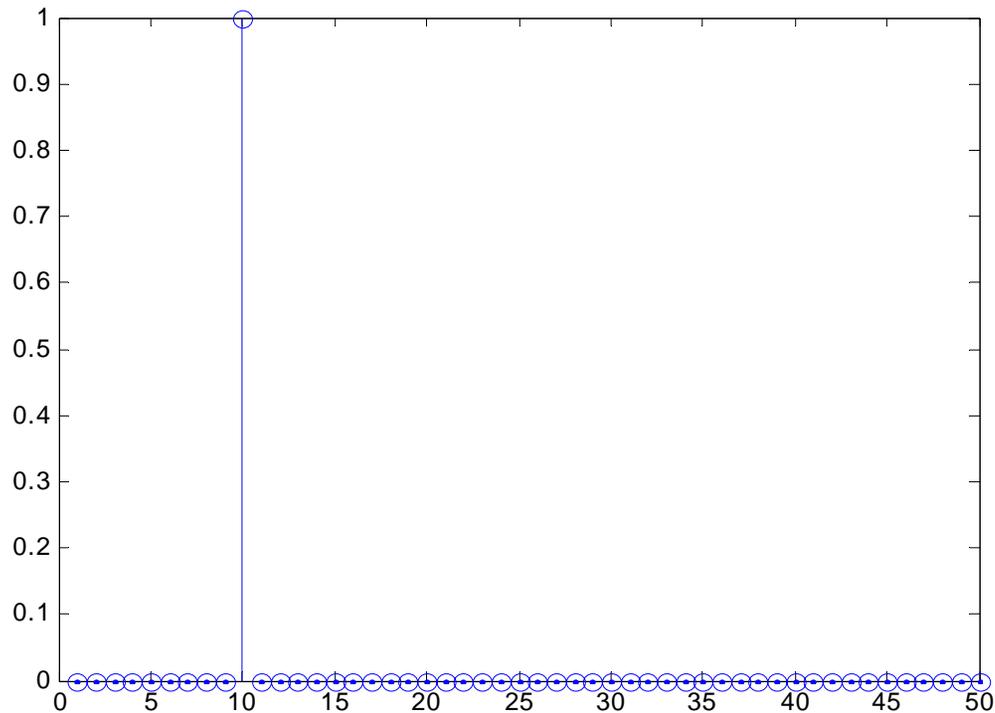


Handout Sinyal Sistem
Gambar 1.9 Sekuen konstan dengan nilai 1

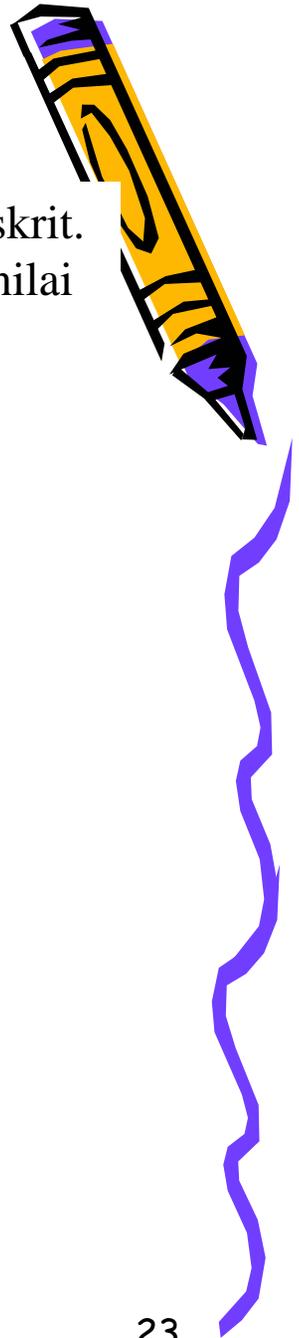
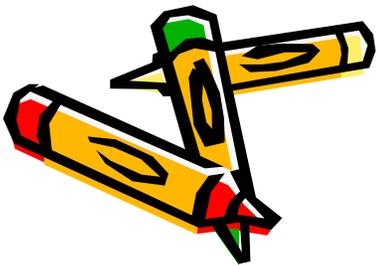
• Sekuen Impulse

Sekuen impuls bukan merupakan bentuk sampel dari suatu sinyal waktu diskrit. Sekuen impulse pada saat bernilai 1 untuk titik ke-10 dan yang lainnya bernilai nol dapat didefinisikan sebagai

$$\delta[n] = \begin{cases} 1 & \text{untuk } n = 10 \\ 0 & \text{untuk } n \text{ yang lain} \end{cases} \quad (1-10)$$



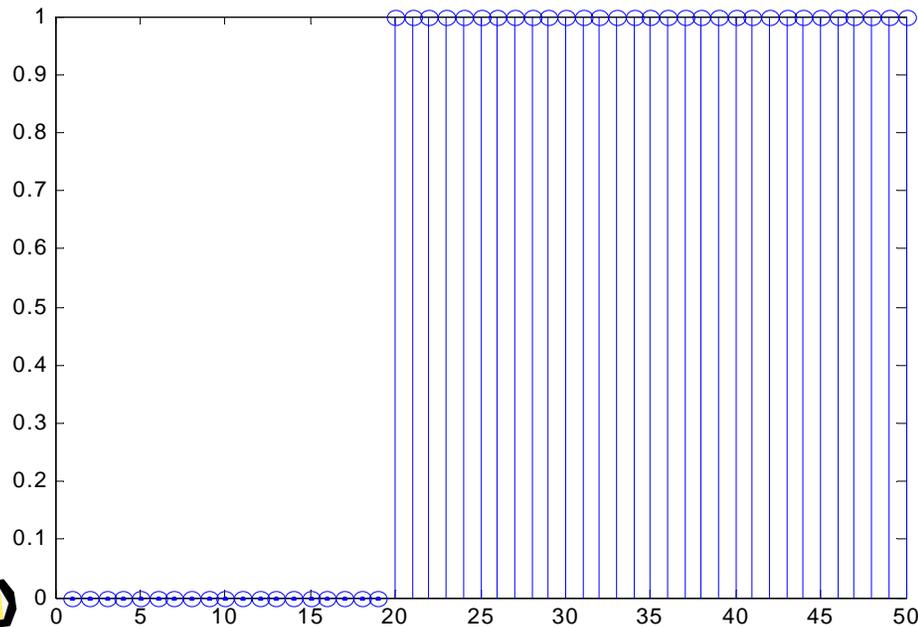
Gambar 1.10 Sekuen impulse



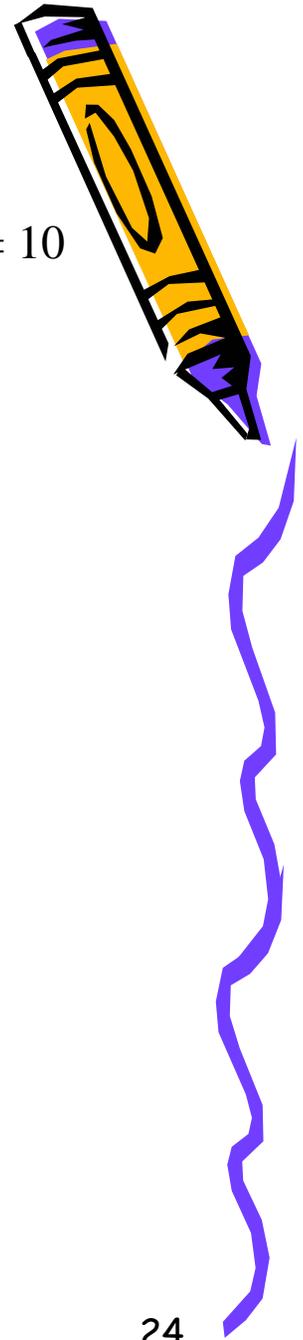
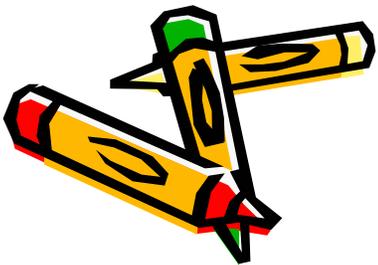
• Unit Step

Sebuah sekuen unit step untuk satu kasus dimana nilainya =1 untuk nilai $n \geq 10$ dan bernilai 0 untuk k sebelumnya dapat didefinisikan sebagai:

$$q(n) = \begin{cases} 1 & \text{jika } n \geq 20 \\ 0 & \text{jika } n < 20 \end{cases} \quad (1-11)$$



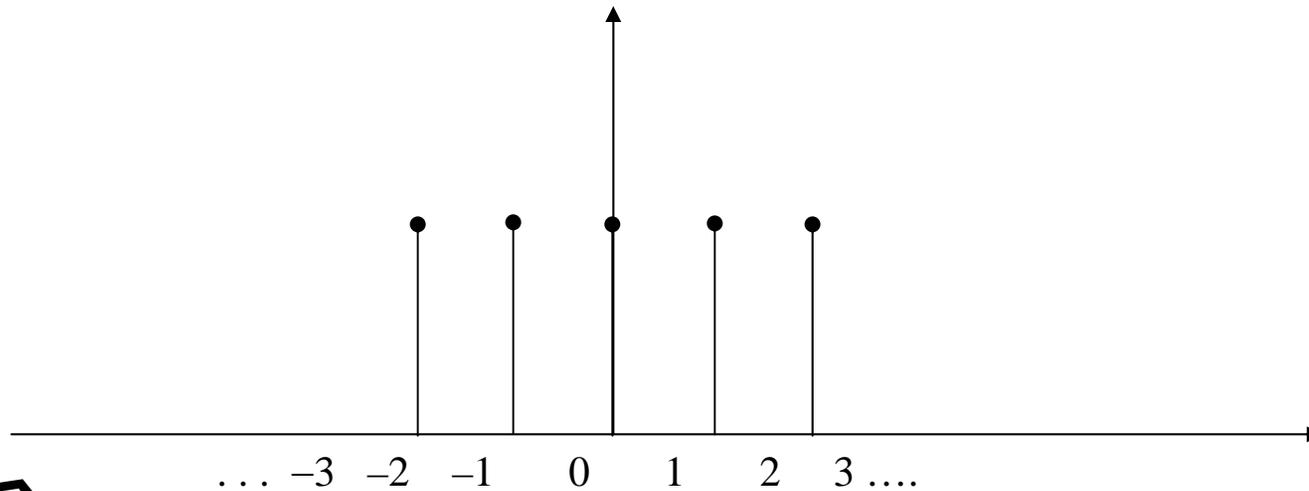
Gambar 1.11. Sekuen unit step
Handout Sinyal Sistem



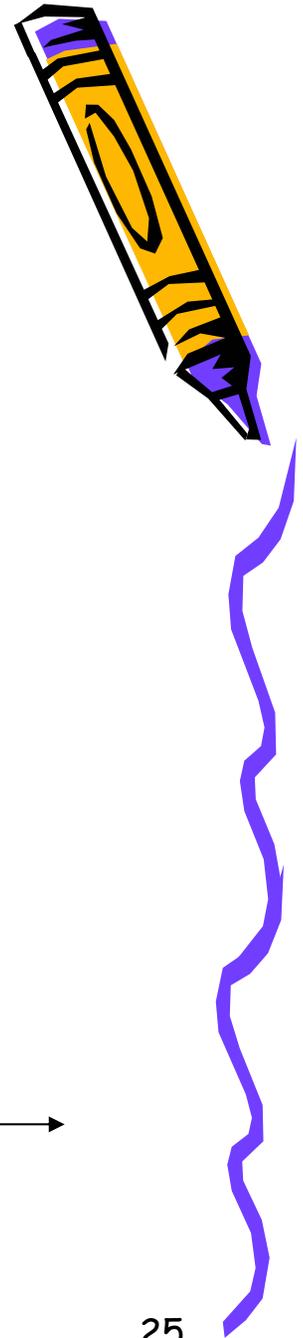
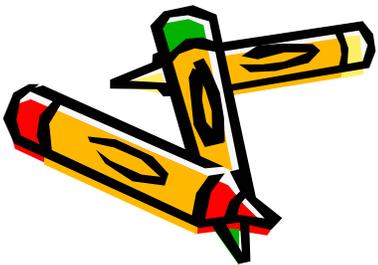
• Sekuen Rectangular (persegi)

Kita tetapkan suatu variabel L dengan nilai positif integer. Sebuah fungsi pulsa rectangular waktu diskrit $p_L[n]$ dengan panjang L dapat didefinisikan sebagai

$$P_L[n] = \begin{cases} 1 & \text{jika } -N \leq n \leq N \\ 0 & \text{n yang lain} \end{cases} \quad (1-12)$$



Gambar 1.12. Sekuen rectangular



• Sinusoida Diskrit

Sebuah sinyal diskrit $x[n]$ akan menjadi bentuk sinyal diskrit periodic apabila terjadi perulangan bentuk setelah suatu periode r tertentu.

$$x[n+r] = x[n] \quad (1-13)$$

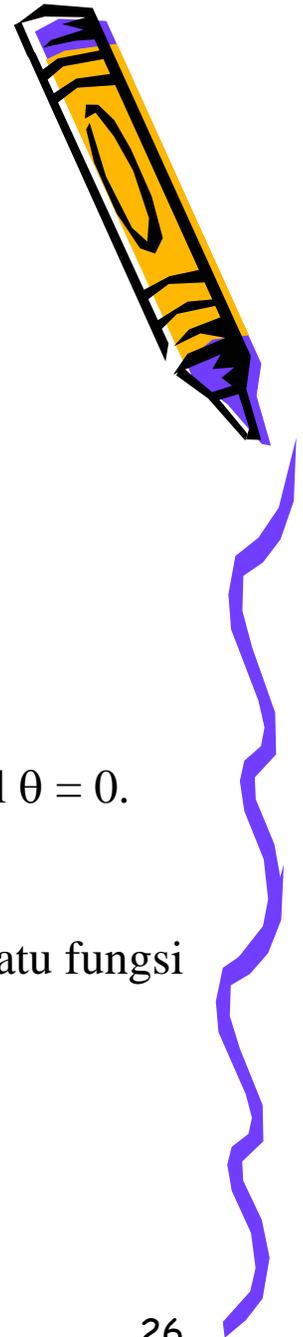
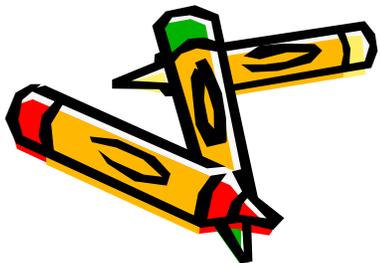
Pada suatu kasus sinyal sinus: $x[n] = A \cos(\Omega n + \theta)$

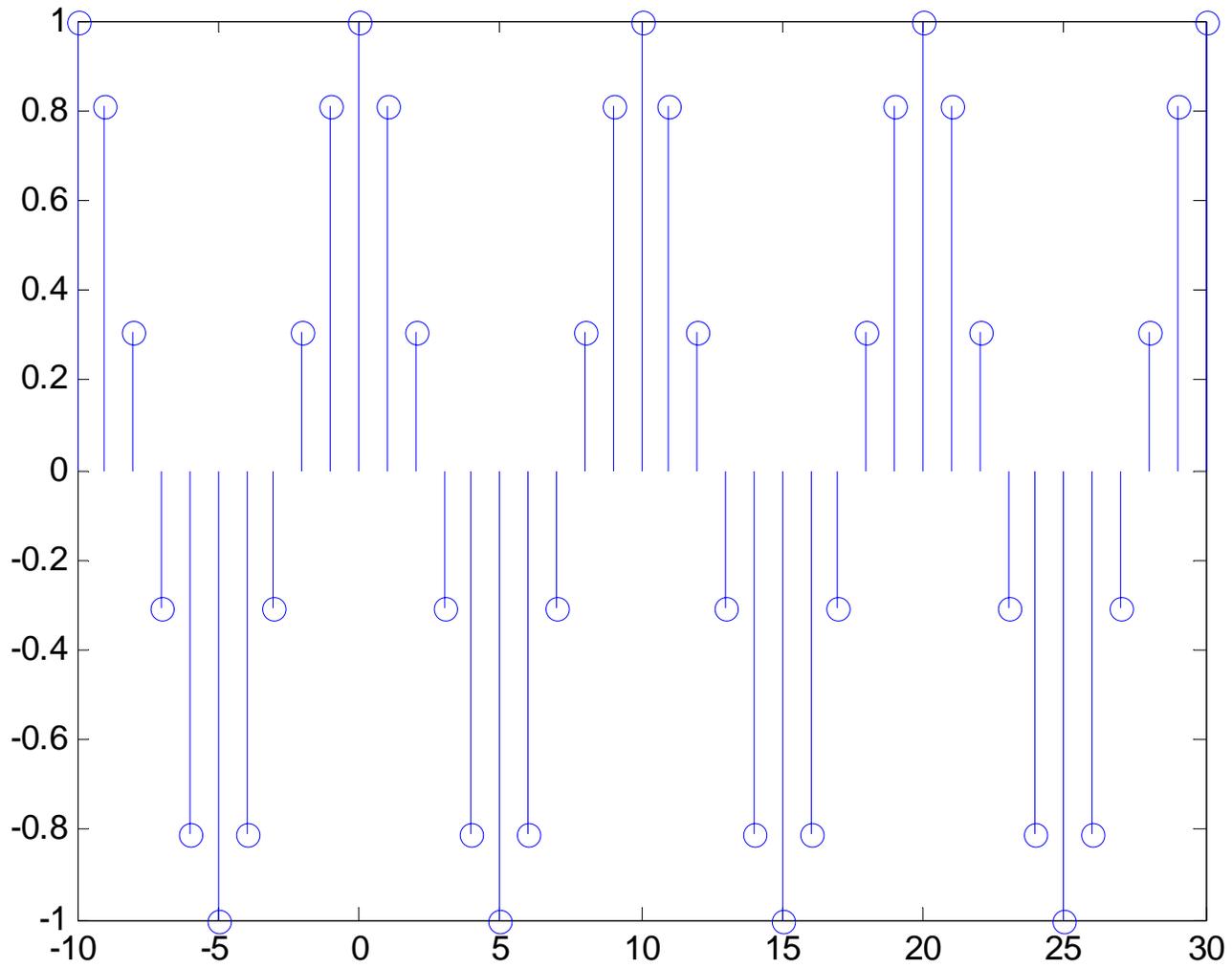
Contoh:

Gambarkan sebuah sinyal sinus diskrit dengan periode $\Omega = \pi/5$ dan fase awal $\theta = 0$.

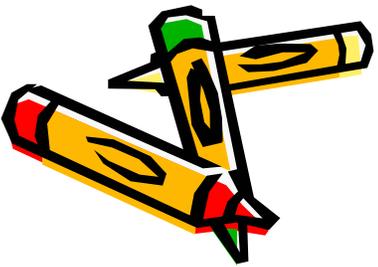
Penyelesaian:

Dengan memanfaatkan software Matlab akan didapatkan gambaran untuk suatu fungsi periodik $x[n] = A \cos(\Omega n + \theta)$ seperti pada gambar berikut.



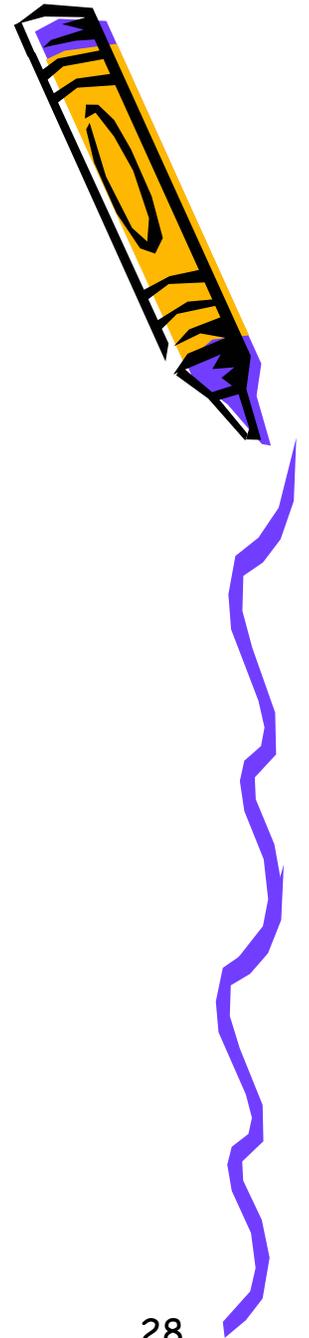
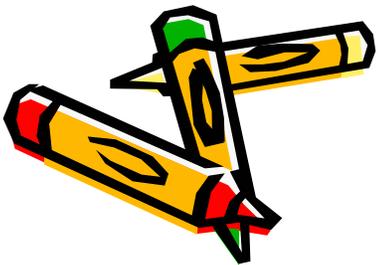


Gambar 1.13. Sinyal sinus diskrit



1.4. Sinyal Sinusoida

- Semua sinyal yang ada di dalam proses pengolahan sinyal dapat didekati dengan model dasar sinyal sinus
- Lebih mudah dipahami karena bentuknya sederhana
- Memiliki frekuensi tunggal



- Parameter pada Sinyal Sinus

$$y(t) = A \sin(2\pi ft + \theta) \quad (1-14)$$

dimana:

A = amplitudo (dalam nilai real)

f = frekuensi (dalam Hz)

θ = fase awal sinyal (antara $0 \sim 360^\circ$)

juga sering dinyatakan dalam radian ($0 \sim 2\pi$ radian)

Sebagai contoh:

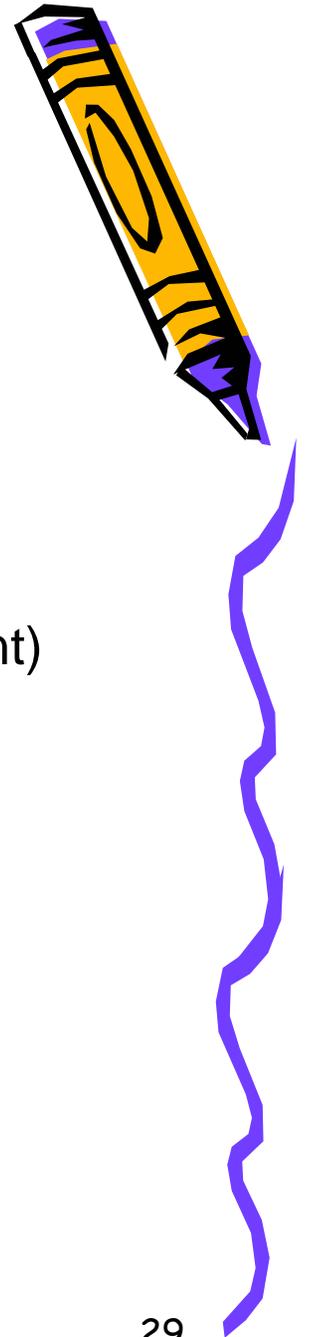
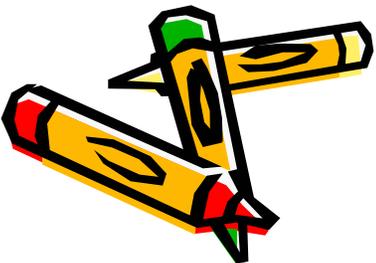
$$y(t) = 5 \sin(2\pi ft) = 5 \sin(2\pi 2t)$$

Ini berarti:

Amplitudo = 5

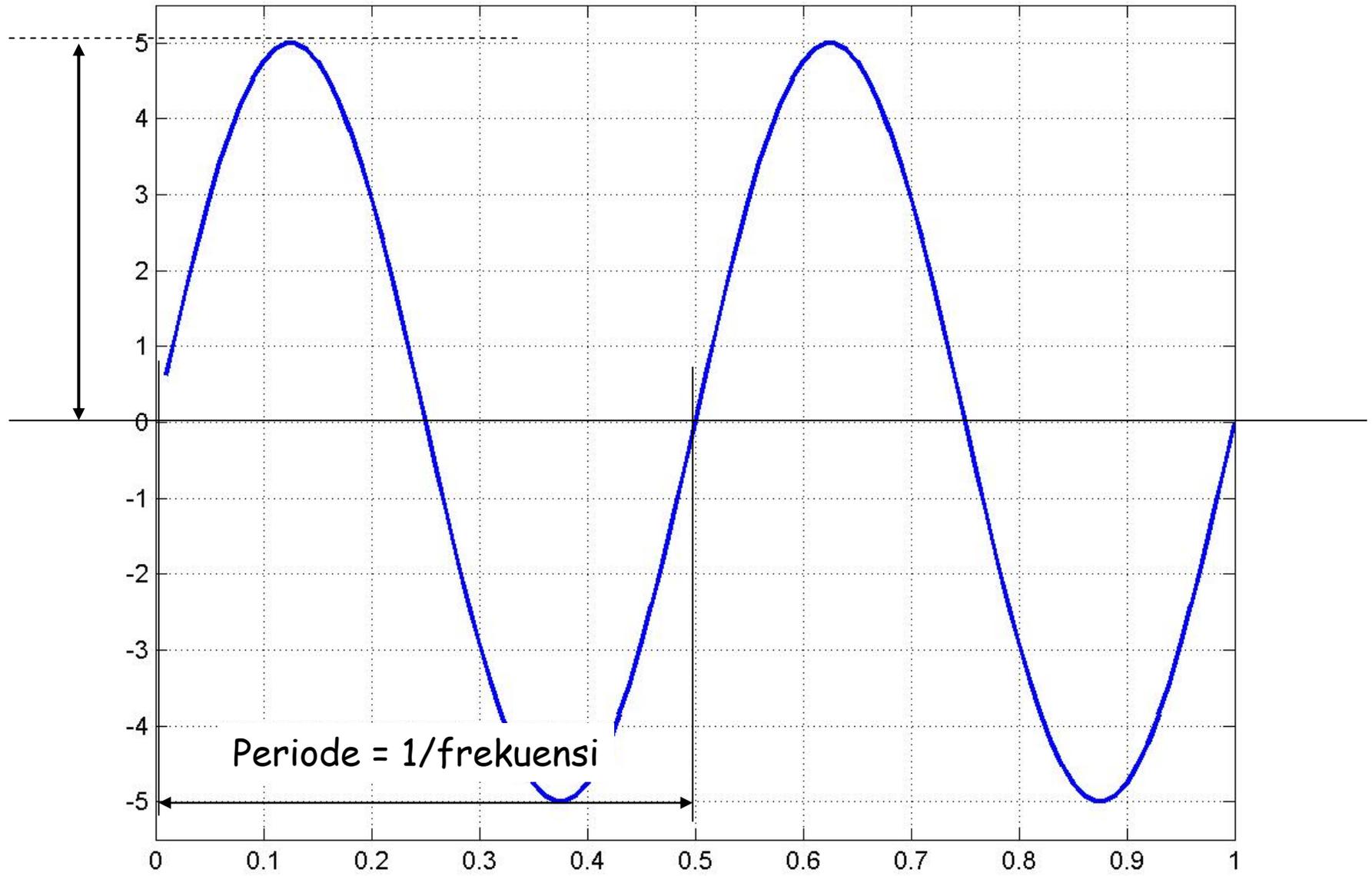
Frekuensi = 2 Hz

Fase awal = 0°



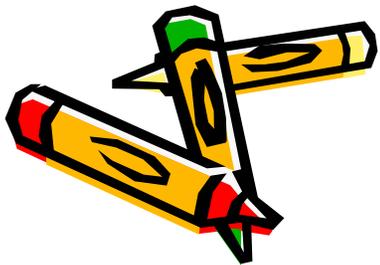
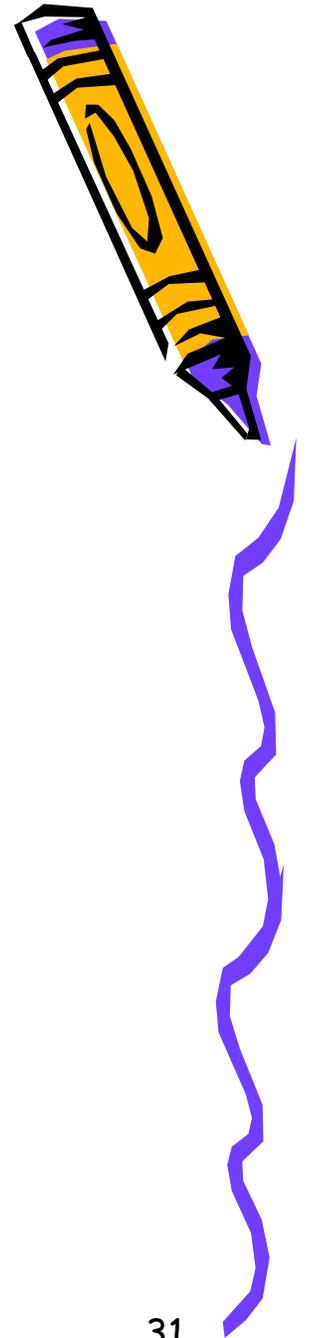


Amplitudo



Contoh-Contoh Soal Latihan:

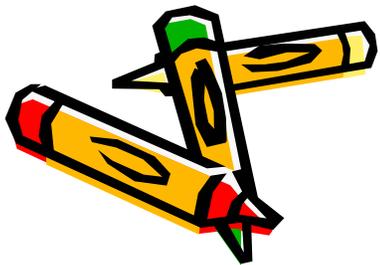
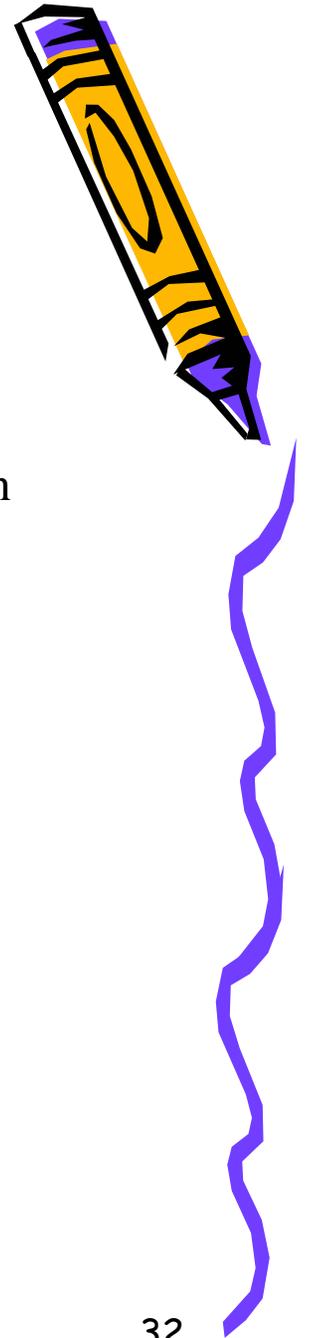
1. Gambarkan sebuah sinyal sinus waktu kontinyu dengan periode $T = 0,2$ dan fase awal $\theta = 0$.
2. Gambarkan sebuah sinyal sinus diskrit dengan periode $\Omega = 2\pi$ dan fase awal $\theta = 90^\circ$.
3. Gambarkan sebuah sinyal sinus diskrit dengan periode $\Omega = 5\pi$ dan fase awal $\theta = 0,5 \pi$ radiant.



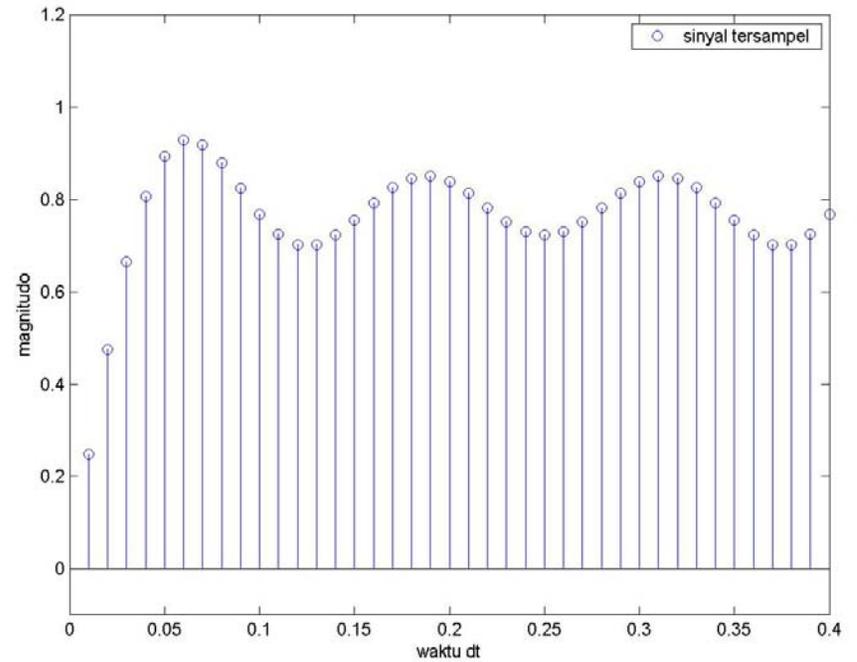
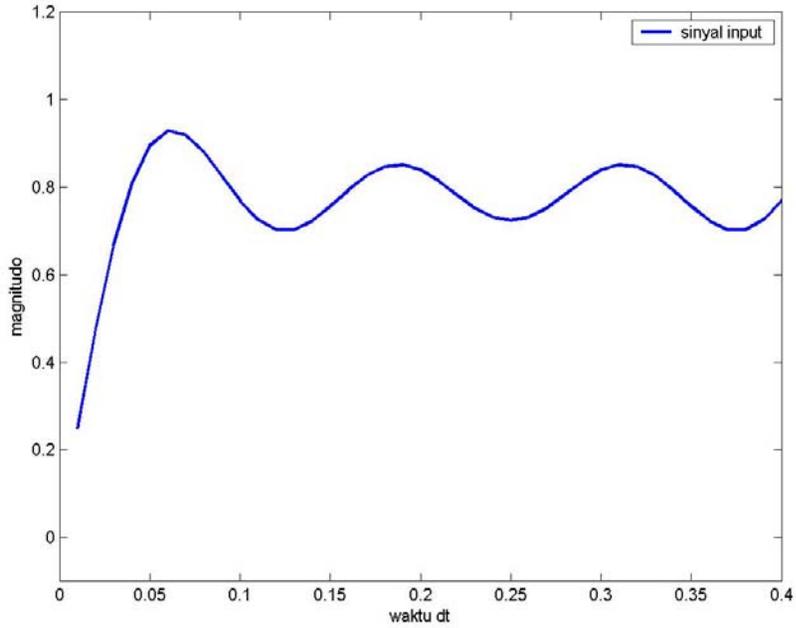
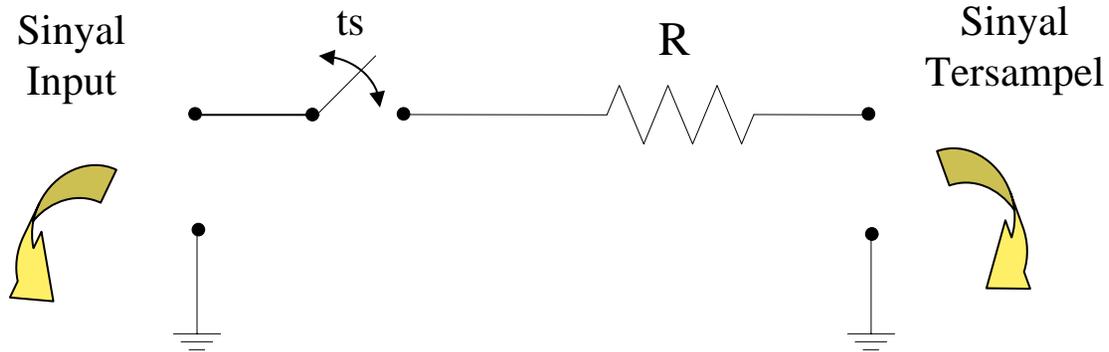
1.5. Sampling

Proses pengambilan sampel ini disebut sebagai *sampling* dan dilakukan secara periodik setiap T detik yang kemudian dikenal sebagai *periode sampling*.

Proses pengambilan sampel bisa dilakukan dalam waktu t_s (*time sampling*) yang jauh lebih kecil dibanding T . Dengan demikian output yang dihasilkan berupa pulsa-pulsa sinyal tersampel.



Rangkaian Sampling

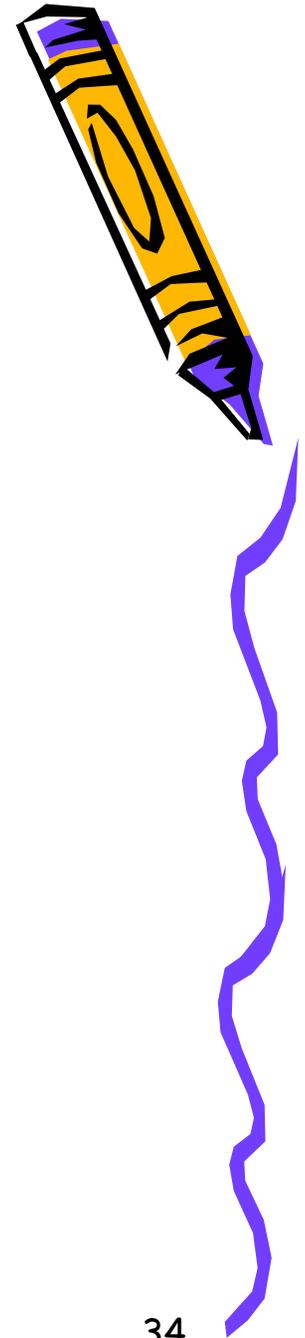
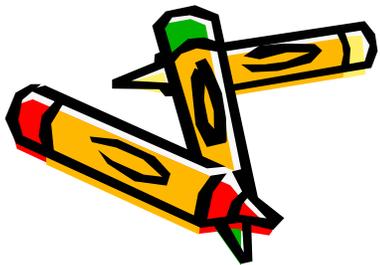


Contoh

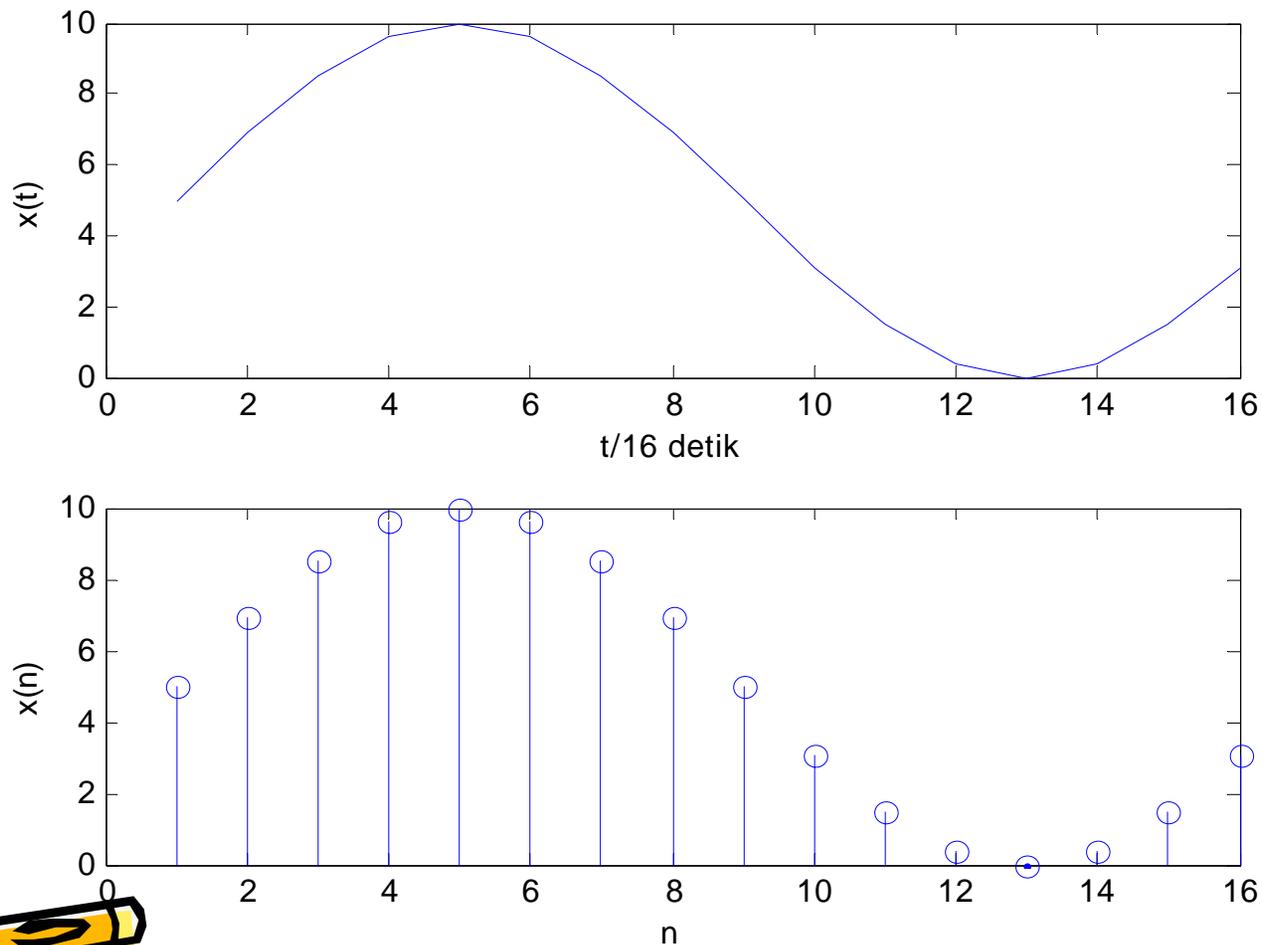
Diberikan sebuah sinyal sinus dalam waktu kontinyu yang memiliki bentuk utuh satu periode. Sebagai bentuk penyederhanaan dianggap bahwa sinyal tersebut memiliki frekuensi 1 Hz dan fase awalnya nol, serta amplitudo 5 Volt. Untuk penggambaran sinyal diskrit sinus dilakukan pengambilan sampel sebanyak 16 dengan periode sampling yang *uniform*. Gambarkan bentuk sinyal sinus tersebut dalam waktu kontinyu dan dalam waktu diskrit.

Penyelesaian:

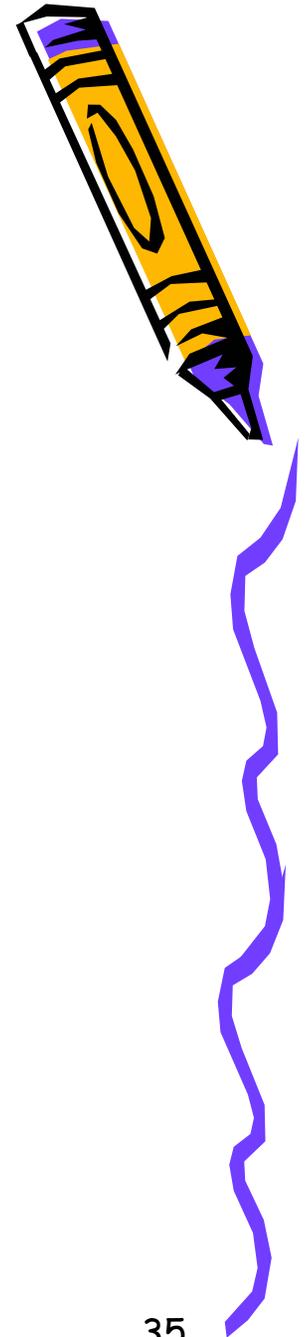
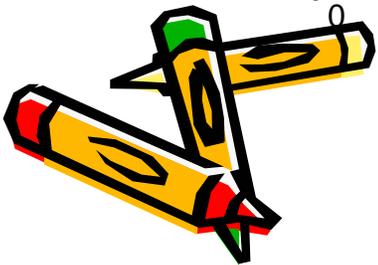
Bentuk penggambaran sinyal diskrit adalah berupa titik-titik sampel yang diambil pada periode tertentu untuk sinyal sinus yang disampel



Gambaran hasil sampling



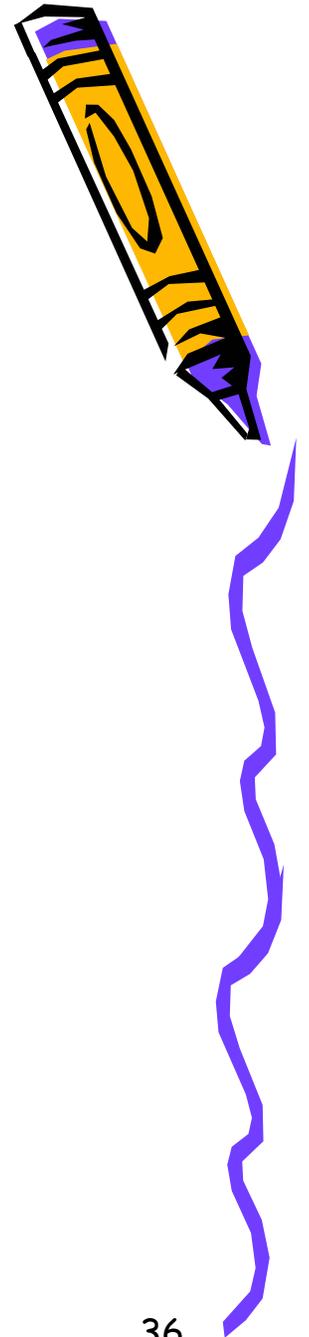
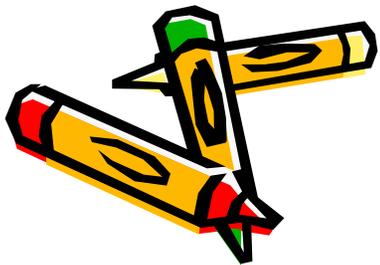
Gambar 1.14 Gambaran sinyal kontinyu dan sinyal diskrit
Handout Sinyal Sistem



1.6. Operasi Dasar Sinyal

→ berlaku untuk sinyal waktu kontinu dan sinyal waktu diskrit

- Atenuasi (Pelemahan)
- Amplifikasi (Penguatan)
- Delay (Pergeseran)
- Penjumlahan
- Perkalian



• Atenuasi

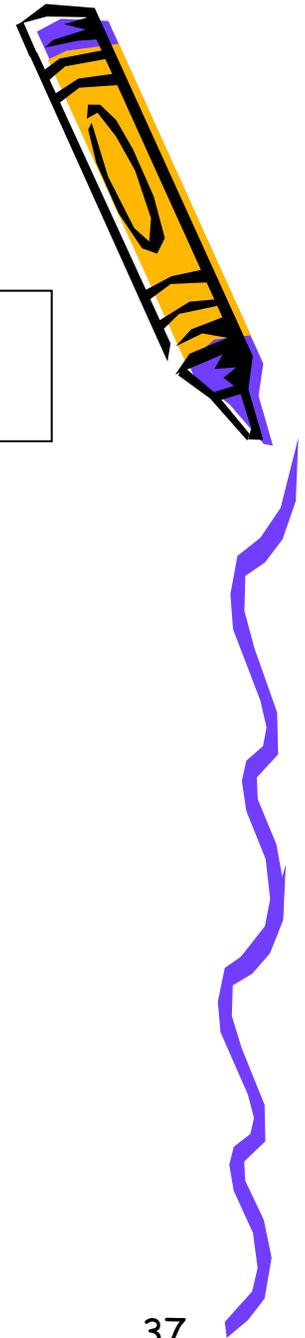
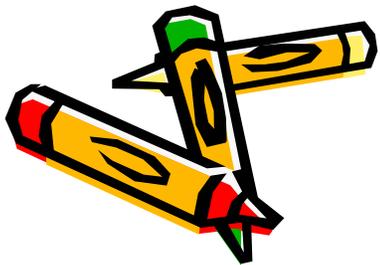


Gambar 1.15 Pelemahan suatu sinyal

Dalam bentuk pendekatan operasi matematika, peristiwa ini dapat diberikan sebagai berikut:

$$h(t) = a*s(t) \quad (1-15)$$

Dalam hal ini nilai $a < 1$, yang merupakan konstanta pelemahan yang terjadi.



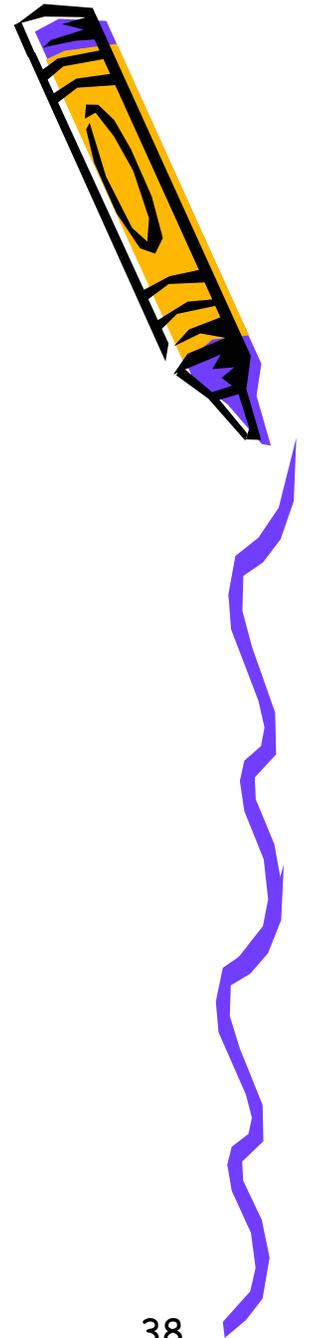
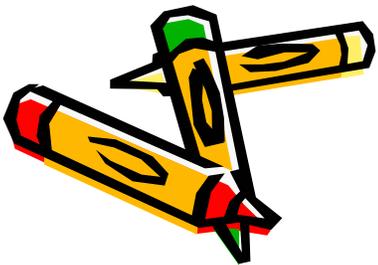
Contoh atenuasi

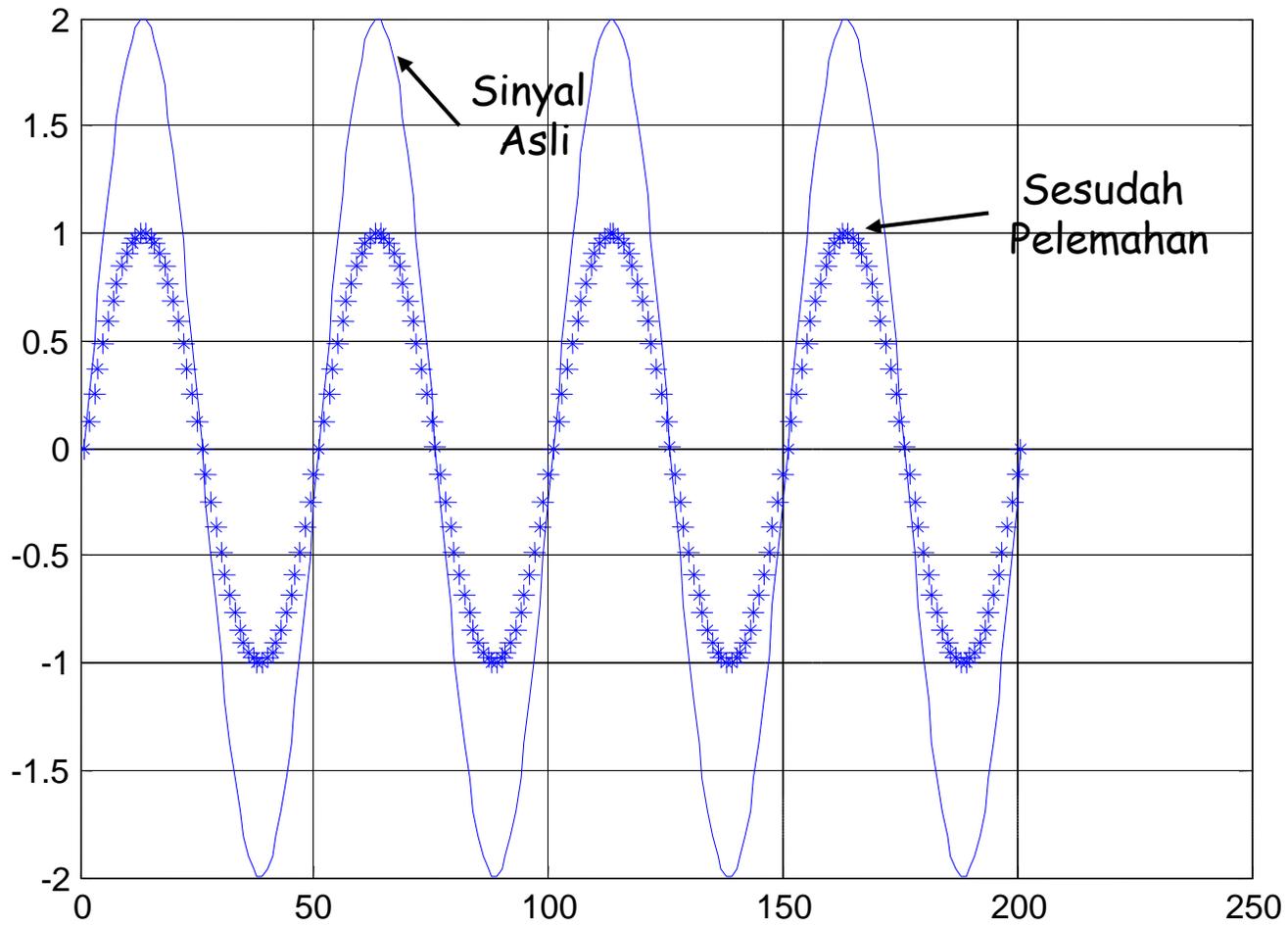
Sebuah sinyal sinus $s(t) = 2\sin(2\pi f_s t)$ melalui suatu medium kanal yang bersifat meredam dengan konstanta atenuasi 0,5. Berikan gambaran bentuk sinyal sebelum dan sesudah melalui medium.

Penyelesaian:

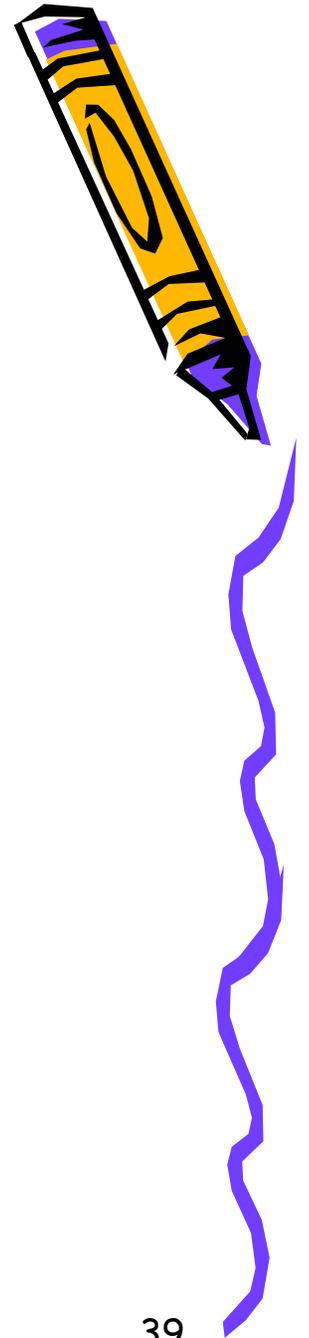
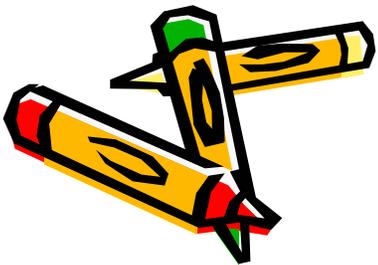
Bentuk sinyal setelah melalui medium merupakan hasil kali sinyal masuk dengan konstanta redaman yang dimiliki kanal yang dilaluinya. Dengan memanfaatkan persamaan matematik di atas diperoleh bentuk sinyal keluaran sebagai berikut

$$s_o(t) = 0,5 * s(t) = 0,5 * 2\sin(2\pi f_s t) = \sin(2\pi f_s t)$$



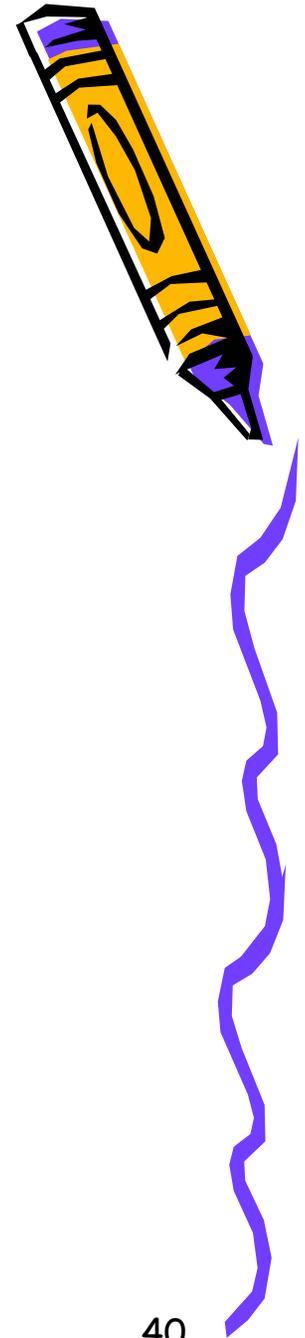


Gambar 1.16 Contoh pelemahan pada sinyal sinus



- Amplifikasi

Dalam bentuk penyederhanaan persamaan matematis, bentuk operasinya sama dengan atenuasi, tetapi dalam hal ini konstanta $a > 1$



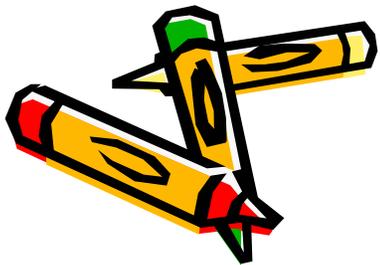
Contoh:

Sebuah sinyal sinus $s(t) = 2\sin(2\pi f_s t)$ dikuatkan dengan sebuah suatu rangkaian dengan gain $2x$. Berikan gambaran bentuk sinyal sebelum dan sesudah melewati rangkaian penguat.

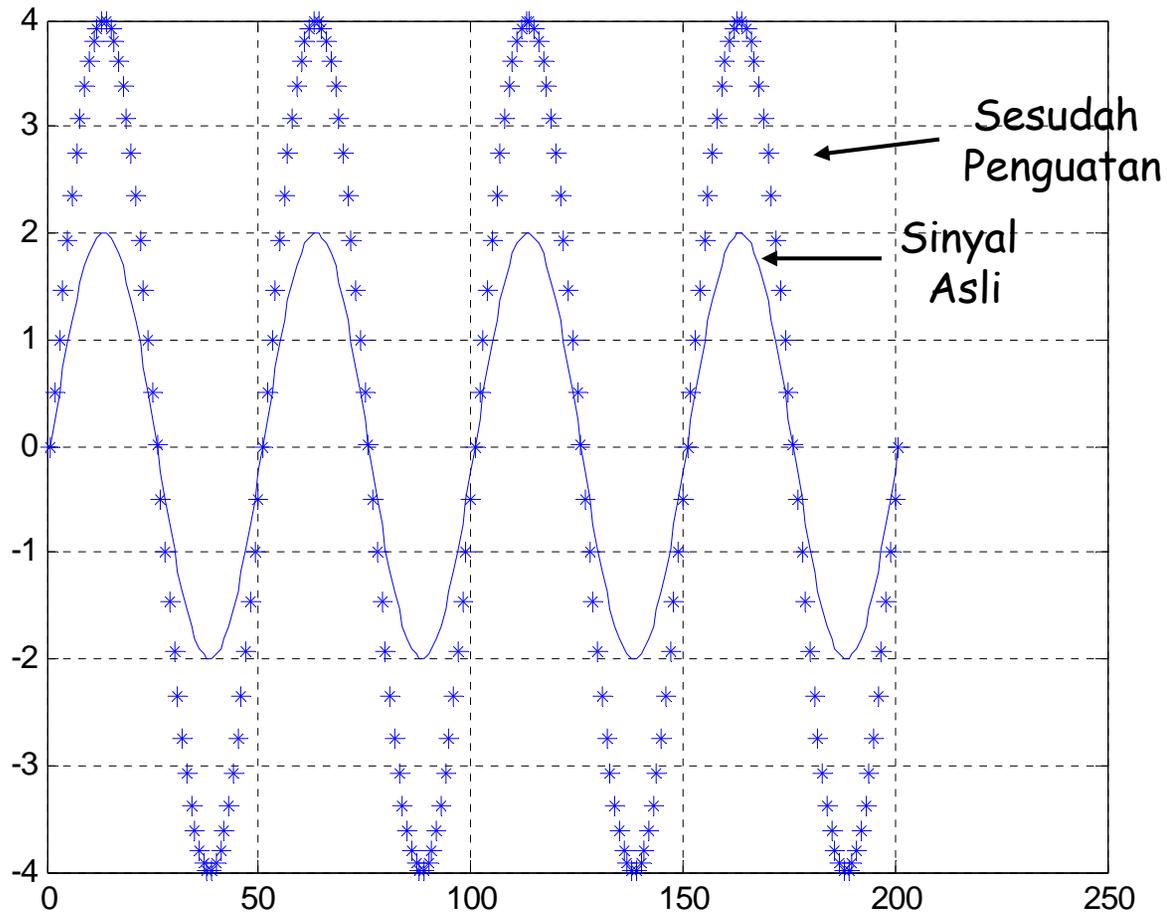
Penyelesaian:

Bentuk sinyal setelah melalui rangkaian hasil kali sinyal masuk dengan gain. Dengan memanfaatkan persamaan matematik di atas diperoleh bentuk sinyal keluaran sebagai berikut

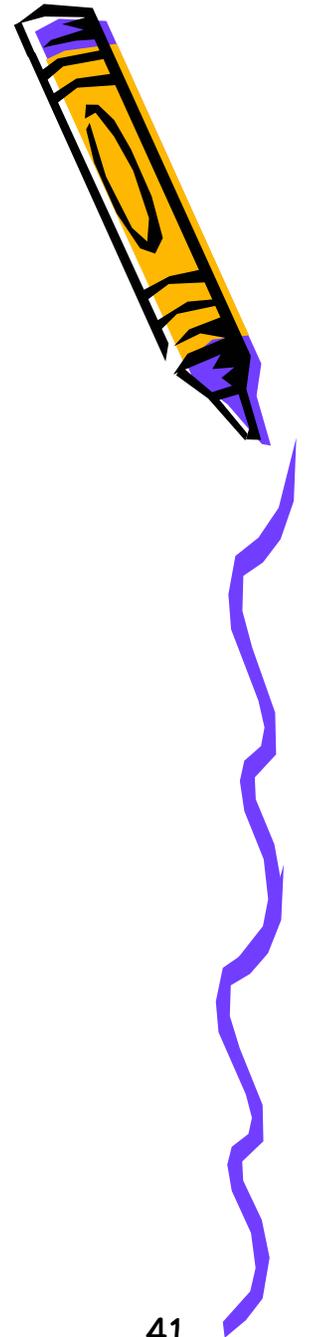
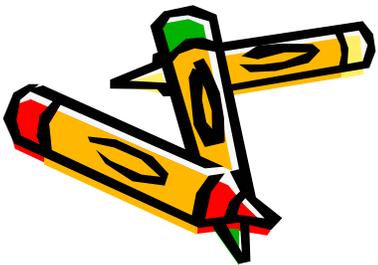
$$s_o(t) = 2*s(t) = 2*2*\sin(2\pi f_s t) = 4 \sin(2\pi f_s t)$$



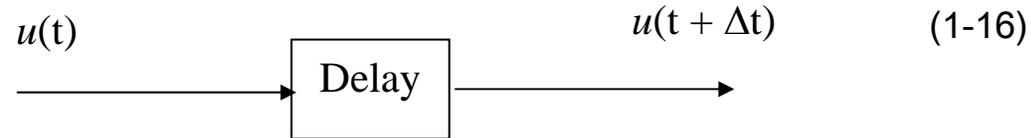
Contoh Amplifikasi



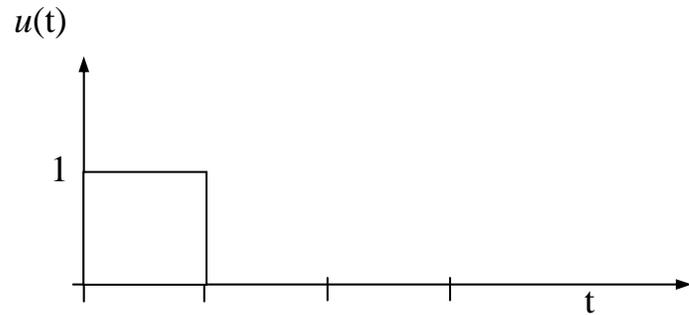
Gambar 1.17 Contoh penguatan pada sinyal sinus



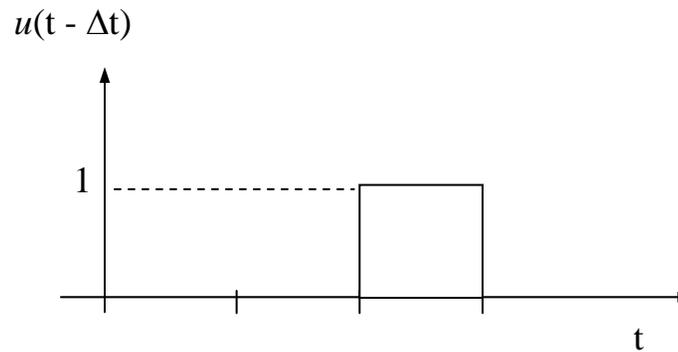
• Pergeseran



Gambar 1.18 Operasi pergeseran waktu pada sinyal

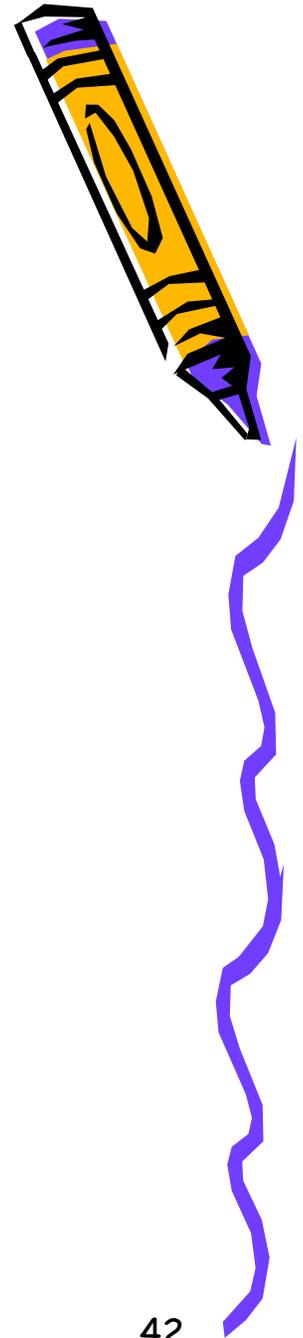
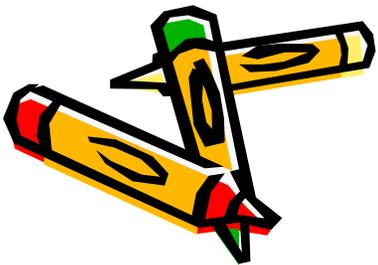


a) Kondisi awal sinyal

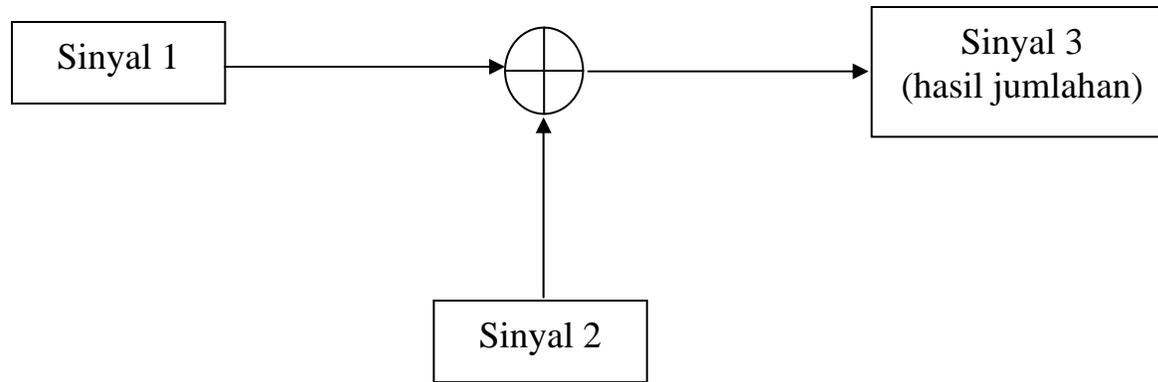


b) Kondisi sinyal setelah bergeser

Gambar 1.19 Pergeseran pada sinyal



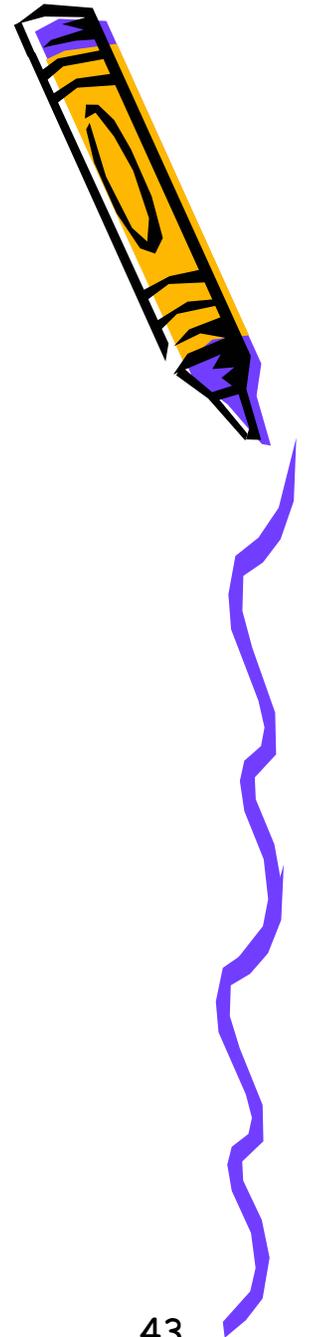
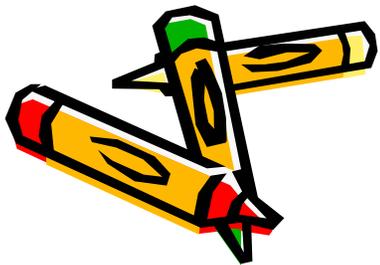
• Penjumlahan



Gambar 1.20 Operasi penjumlahan dua sinyal.

Secara matematik dapat diberikan sebagai berikut:

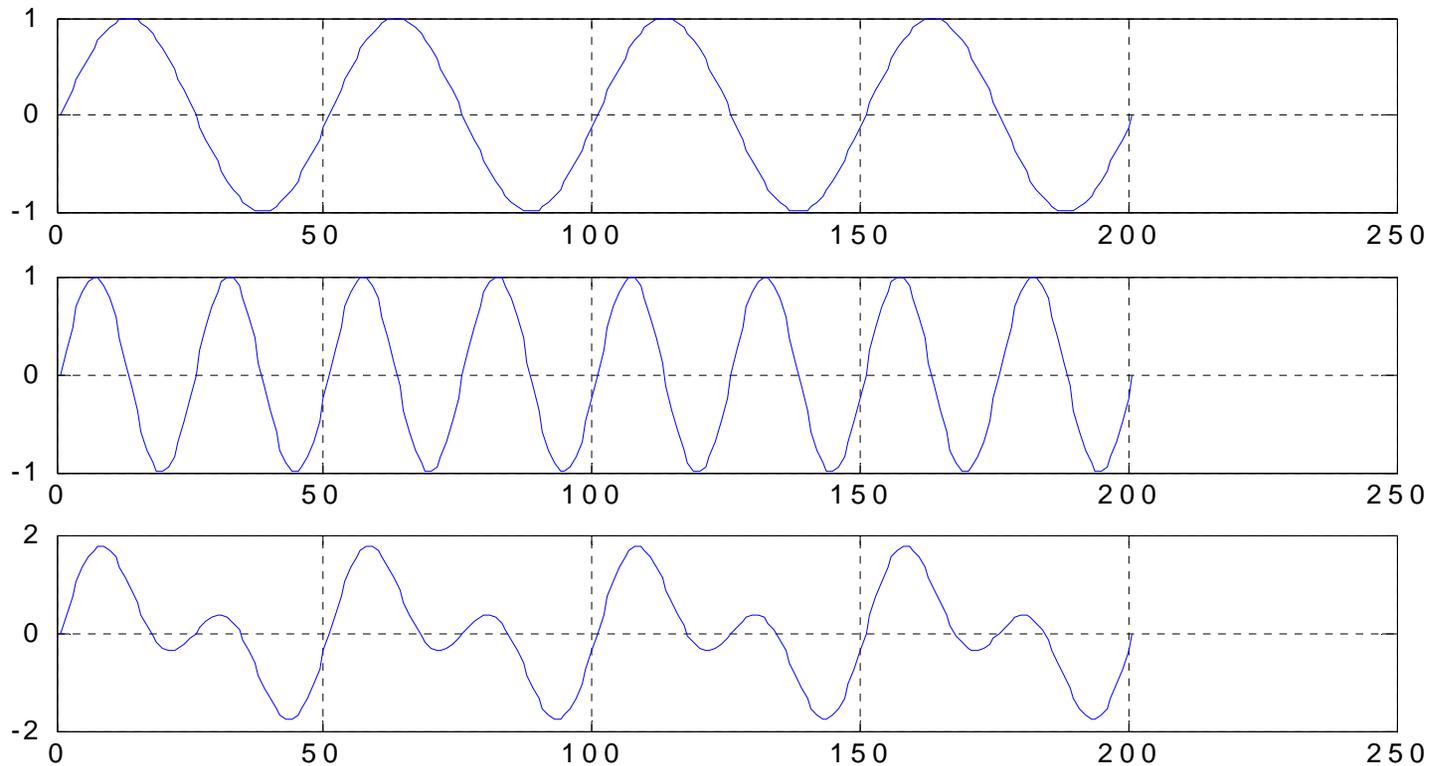
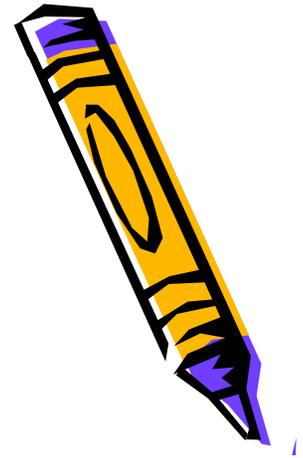
$$g(t) = f(t) + h(t) \quad (1-17)$$



Contoh Penjumlahan Sinyal

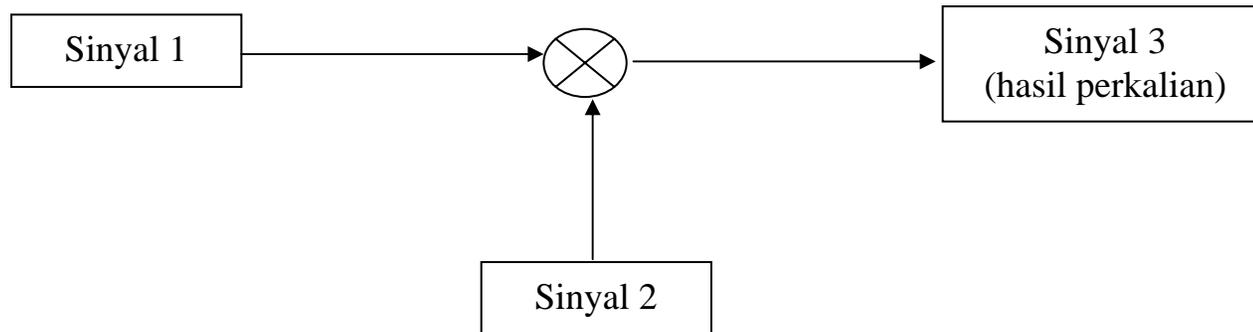
Sinyal sinus $f(t) = \sin(4\pi f_c t)$ dijumlahkan dengan sinyal $h(t) = \sin(8\pi f_c t)$.
Proses penjumlahan dilakukan dengan menjumlahkan komponen sinyal $f(t)$ dan sinyal $h(t)$ untuk setiap nilai t yang sama. Dalam matematis dituliskan

$$\begin{aligned} g(t) &= f(t) + h(t) \\ &= \sin(4\pi f_c t) + \sin(8\pi f_c t) \end{aligned}$$



Gambar 1.21. Contoh penjumlahan pada sinyal sinus

• Perkalian

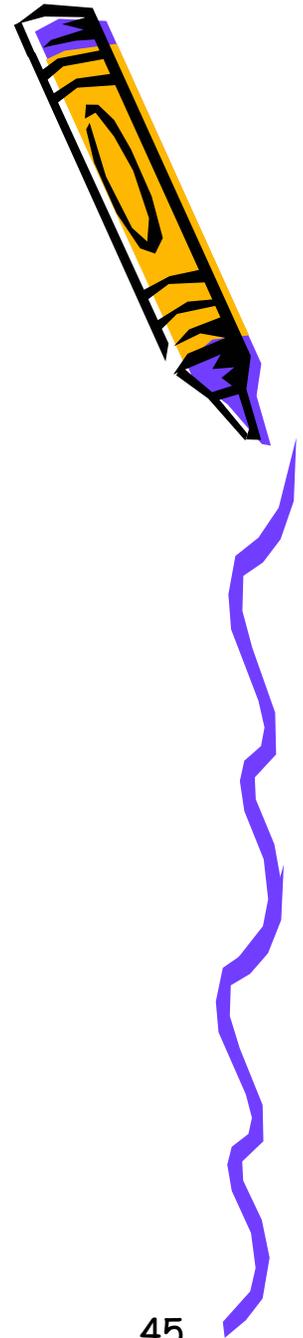
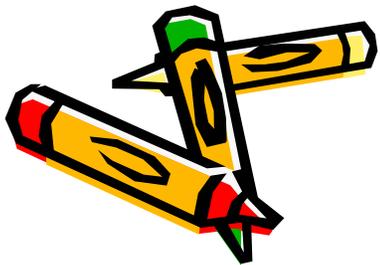


Gambar 122. Operasi perkalian dua sinyal.

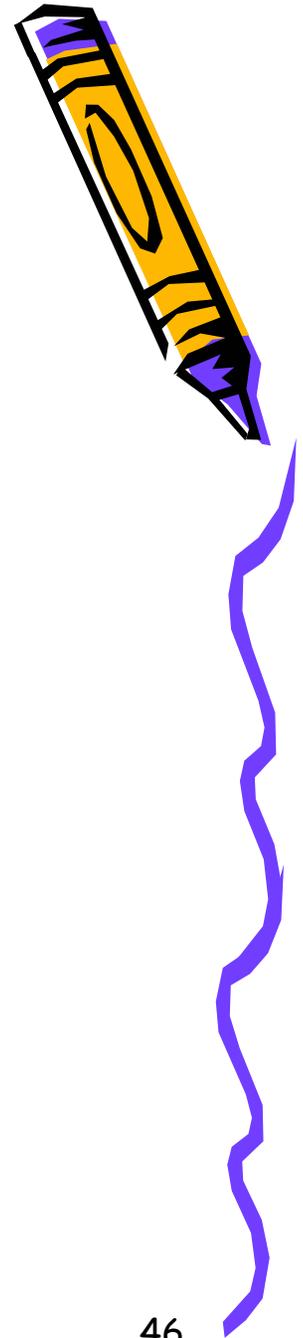
Secara matematik dituliskan sebagai berikut:

$$g(t) = f(t) \times h(t) \quad (1-18)$$

Dalam operasi matemati perkalian antar dua sinyal, setiap komponen ke-t sinyal sinyal pertama dikalikan dengan komponen ke-t sinyal ke dua.



Contoh Perkalian Sinyal

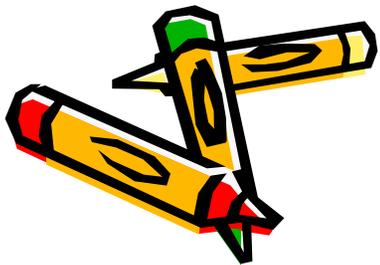


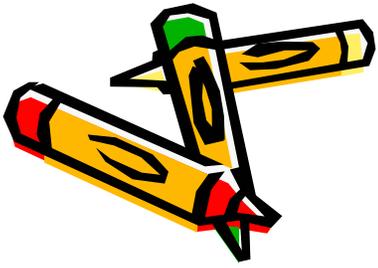
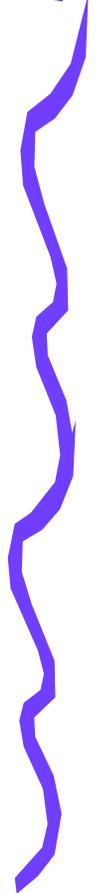
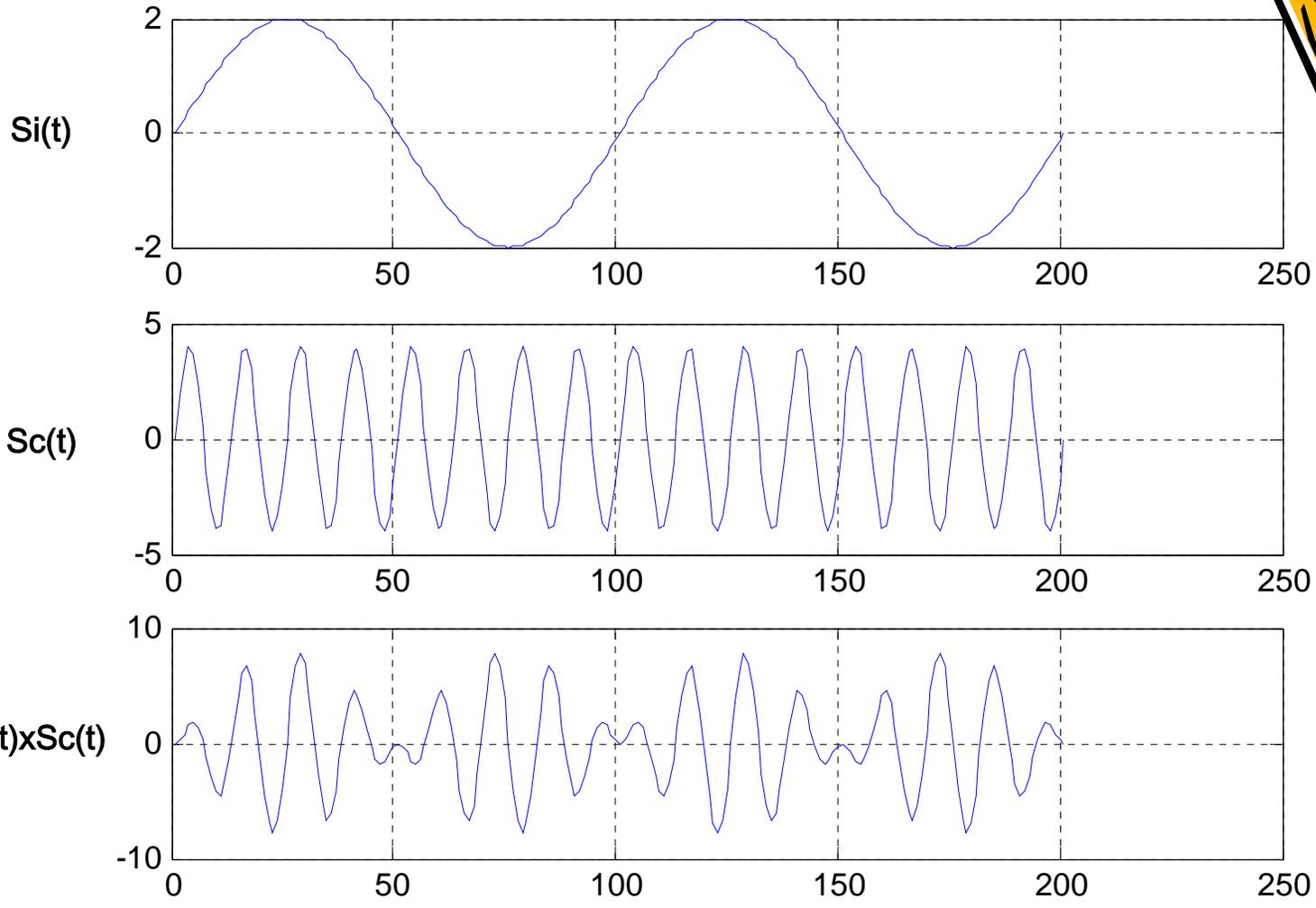
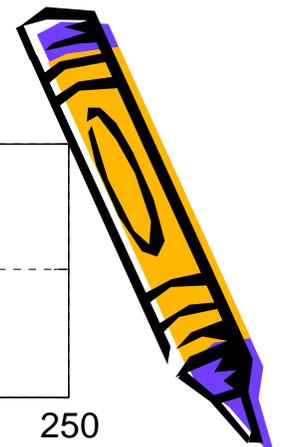
Sebuah pemancar AM DSB-SC menggunakan operasi perkalian dalam proses modulasi sinyal informasi $s_i = 2 \sin(2\pi f_s t)$ dan sinyal carrier $s_c = 4 \sin(2\pi f_c t)$. Nilai $f_s = 1$ sedangkan $f_c = 8$. Bagaimana gambaran proses operasi perkalian kedua sinyal diatas? Dan bagaiman bentuk sinyal akhir yang dihasilkan?

Penyelesaian:

Setiap komponen sinyal $s_s(t)$ dikalikan dengan komponen sinyal $s_c(t)$ untuk setiap nilai t yang sama. Bentuk persamaan matematik dituliskan sebagai berikut:

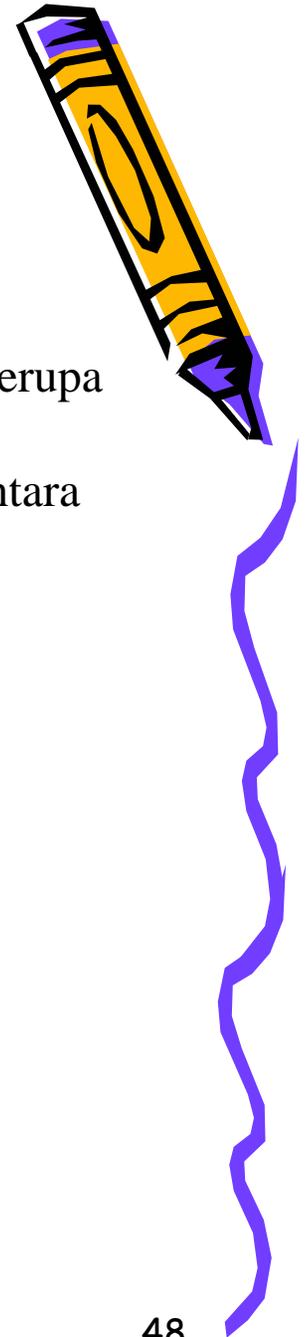
$$\begin{aligned} s(t) &= s_i(t) \times s_c(t) \\ &= 2\sin(2\pi f_s t) \times 4\sin(2\pi f_c t) \end{aligned}$$



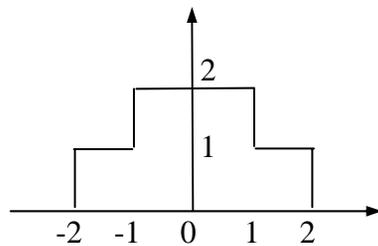


Gambar 1.23. Contoh perkalian pada sinyal sinus

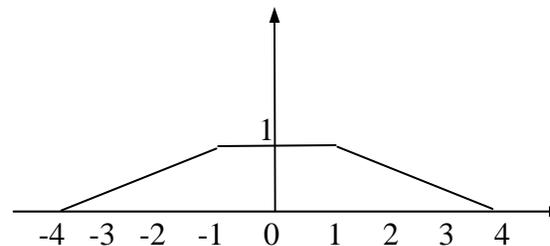
Soal-soal untuk diselesaikan secara analitis



1. Beri gambaran sebuah sinyal waktu-kontinyu yang bersifat periodik berupa sinyal sinus dengan frekuensi $f = 5$ Hz, dan fase awal $\theta = \pi/2$ radian.
2. Ulangi langkah tersebut untuk nilai $f = 10$ Hz, 20 Hz dan 30 Hz sementara fase awalnya ditetapkan $\theta = 0$ untuk semua kasus diatas.
3. Berikan persamaan untuk sinyal seperti Gambar berikut ini:

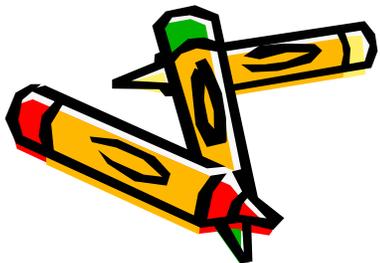


a.



b.

Gambar 1.24 Contoh gambaran persoalan



Soal-soal untuk diselesaikan melalui Matlab

1. Bangkitkan sinyal sinus pada soal nomor 1 dengan menggunakan Matlab untuk waktu dari $t = 0$ sampai $t = 2$ detik.
2. Bangkitkan sebuah sinyal sinus $s_1(t) = \sin(8\pi f_c t)$ dan jumlahkan dengan sebuah sinyal $s_2(t) = \sin(5\pi f_c t + 0.5\pi)$. Berikan gambaran hasil penjumlahan kedua sinyal tersebut.
3. Bangkitkan sebuah sinyal sinus $s_1(t) = \sin(2\pi f_s t)$ dan kalikan dengan sebuah sinyal $s_2(t) = \sin(5\pi f_c t)$. Berikan gambaran hasil perkalian kedua sinyal tersebut.
4. Sebuah kanal memiliki sifat melemahkan sinyal yang dilaluinya sehingga menyebabkan level sinyal yang lewat turun 20%. Apabila sebuah sinyal sinus memiliki persamaan $s_1(t) = \sin(5\pi f_c t)$, dengan $f_c = 10$, maka beri gambaran bentuk sinyal sebelum dan sesudah atenuasi.
5. Sebuah sistem penguat memiliki gain 2,5x. Apabila sebuah sinyal sinus memiliki persamaan $s_1(t) = \sin(5\pi f_c t)$, bagaimanakah bentuk sinyal sebelum dan sesudah amplifikasi terjadi?

