Sinyal dan Sistem

Transformasi Fourier Sinyal Waktu Kontinyu

oleh: Tri Budi Santoso
DSP Group, EEPIS-ITS

Tujuan:

- Siswa mampu menyelesaikan bentuk representasi alternatif pada sinyal dan sistem waktu kontinyu.
- Siswa menjelaskan kembali penyusunan sinyal dalam berbagai aplikasi.

Sub Bab:

4.1. Representasi Sinyal-Sinyal dalam Terminology Komponen Frekuensi
4.2. Representasi Deret Fourier pada Sinyal Periodik
4.3. Trigonometri Deret Fourier
4.3. Fenomena Gibbs
4.5. Transformasi Fourier
4.6. Spektrum amplitudo dan fase sinyal persegi secara umum
4.7. Bentuk Rectangular Transformasi Fourier
4.8. Sinyal-sinyal dengan Simetri Genap dan Simetri Ganjil
4.9. Sifat-Sifat Transformasi Fourier
4.10. Studi Kasus Sistem Modulasi Amplitudo DSB FC
4.11. Studi Kasus Sistem Modulasi Amplitudo DSB SC

4.1. Representasi Sinyal-Sinyal dalam Terminology Komponen Frekuensi

Sebuah sinyal waktu kontinyu $x(t) = \sum_{n=1}^{N} A_n \cos(\omega_n t + \theta_n) \qquad -\infty < t < \infty$

dimana:

N = bilangan integer positif

A_n = amplitudo sinyal sinusoida

ω_n = frekuensi sudut (dalam radiant/detik)

θ_n = fase sinyal sinusoida

Contoh 1:

Berikan gambaran sebuah sinyal sinusoida yang tersusun dari persamaan berikut ini:

$$x(t) = A_1 \cos t + A_2 \cos (4t + \pi/3) + A_3 \cos (8t + \pi/2) \qquad 0 < t < 20$$

Dari kasus ini gambarkan frekuensi penyusun dari sinyal tersebut.

Penyelesaian:

Dari persamaan tersebut di atas kita dapat melihat bahwa tiga parameter sinyal yang utama adalah:

- Amplitudo adalah A_1, A_2 dan A_3.
- Frekuensi adalah 1, 4, dan 8 radiant.
- Fase adalah 0, $\pi/3$ dan $\pi/2$.

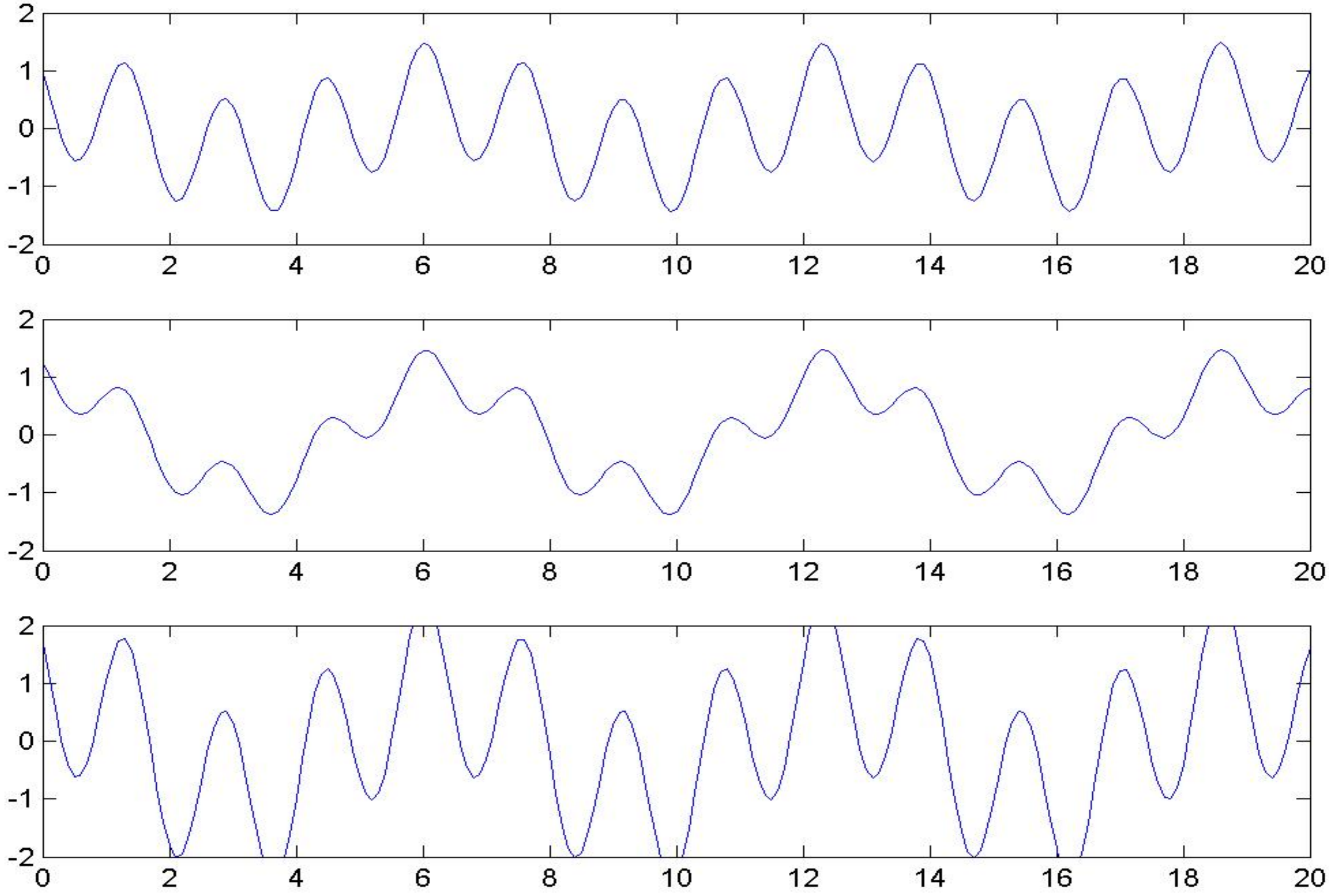
Dengan mencoba nilai-nilai amplitudo seperti berikut ini akan kita dapatkan bentuk sinyal yang berfariasi.

a) $A_1 = 0{,}5$ $\quad A_2 = 1$ $\quad A_3 = 0$

b) $A_1 = 1$ $\quad A_2 = 0{,}5$ $\quad A_3 = 0$

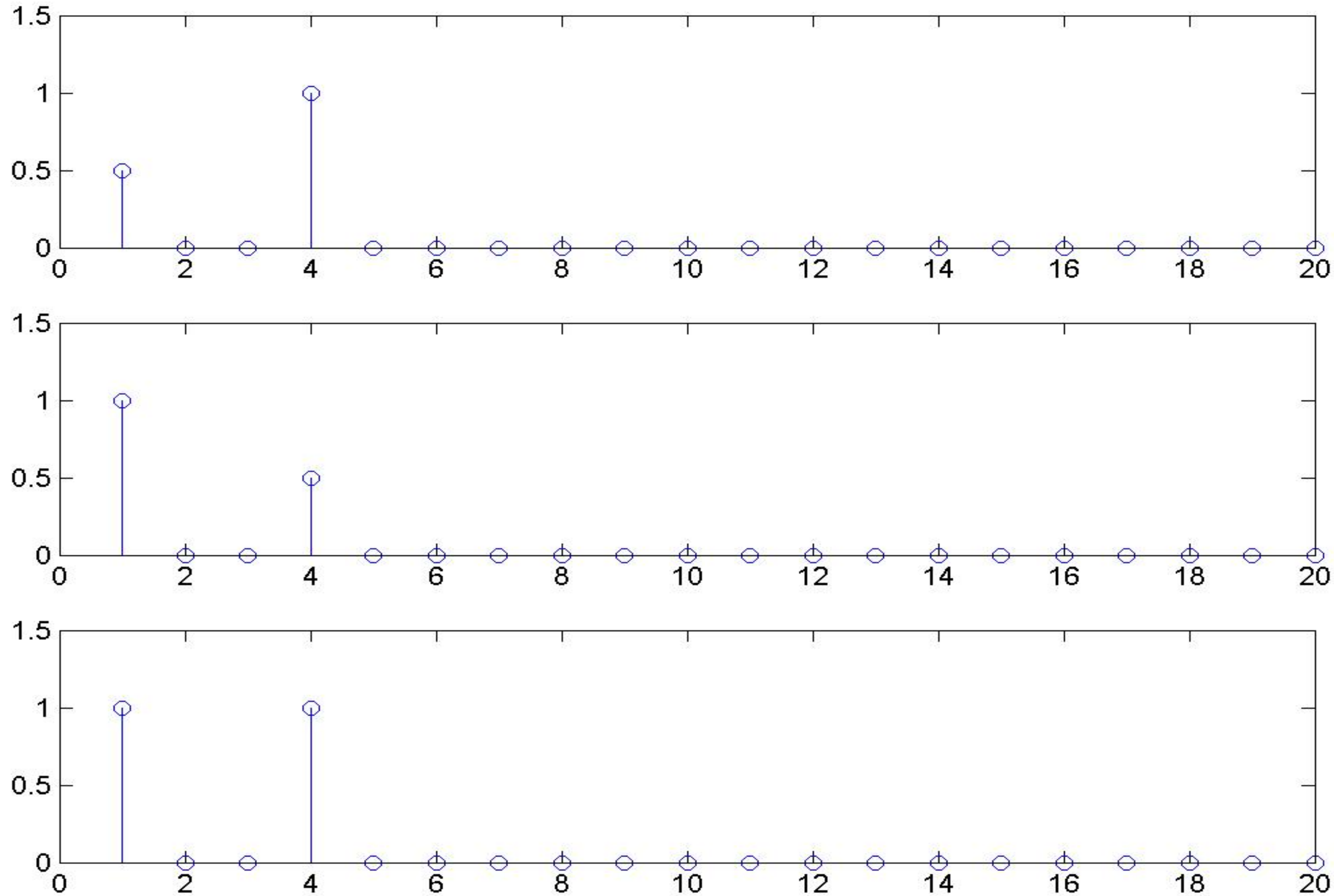
c) $A_1 = 1$ $\quad A_2 = 1$ $\quad A_3 = 0$

Gambarnya



Gambar.4.1 Gambaran nilai x(t) untuk berbagai nilai amplitudo berbeda

Spektrumnya



Gambar 4.2. Spektral amplitudo sinyal penyusun x(t)

Bentuk Eksponensial Komplek

$$A_n \cos(\omega_n t + \theta_n) = \frac{A_n}{2}\left[e^{j(\omega_n + \theta_n)} + e^{-j(\omega_n + \theta_n)}\right]$$

$$= \frac{A_n}{2} e^{j\theta_n} e^{j\omega_n t} + \frac{A_n}{2} e^{-j\theta_n} e^{j(-\omega_n)t}$$

Definisi: $c_n = \frac{A_n}{2} e^{j\theta} \quad n = 1, 2, \ldots \qquad c_{-n} = \frac{A_n}{2} e^{-j\theta} \quad n = 1, 2, \ldots$

$$A_n \cos(\omega_n t + \theta_n) = c_n e^{j\omega_n t} + c_{-n} e^{j(-\omega_n)t}$$

$$x(t) = \sum_{n=1}^{N}\left[c_n e^{j\omega_n t} + c_{-n} e^{j(-\omega_n)t}\right]$$

$$x(t) = \sum_{n=1}^{N} c_n e^{j\omega_n t} + \sum_{n=1}^{N} c_{-n} e^{j(-\omega_n)t}$$

$$\Rightarrow$$

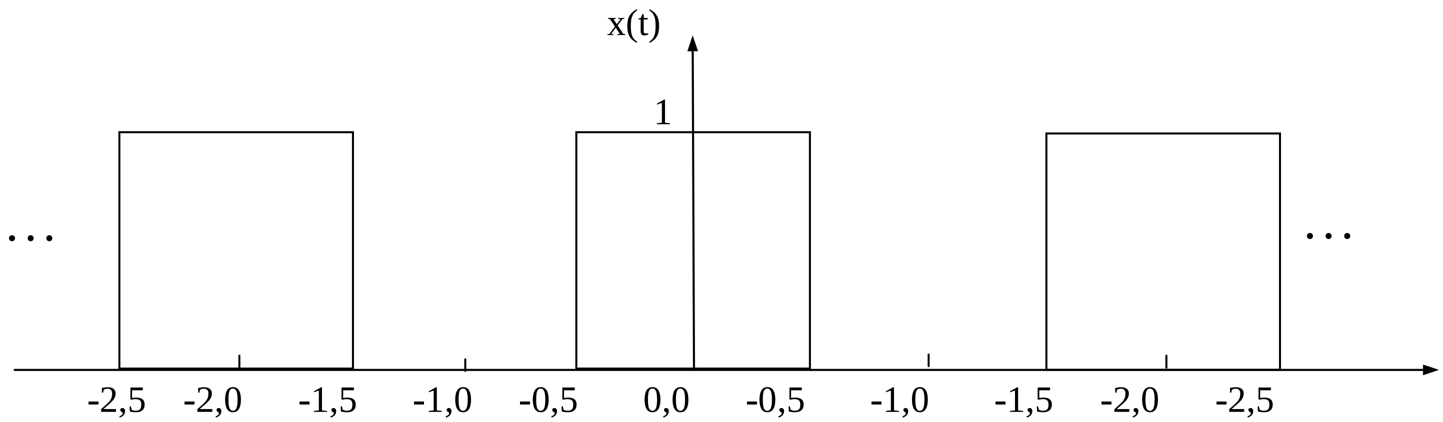
$$x(t) = \sum_{n=1}^{N} c_n e^{j\omega_n t} + \sum_{n=-N}^{-1} c_n e^{j(\omega_n)t}$$

$$x(t) = \sum_{n=-N}^{N} c_n e^{j\omega_n t}$$

4.2. Representasi Deret Fourier pada Sinyal Periodik

Sinyal waktu kontinyu x(t) dengan periode T

$x(t + T) = x(t)$ *untuk semua nilai t*



Gambar 4.3 Sinyal persegi periodik dengan T = 2

Bentuk jumlahan eksponensial komplek:

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{jn\omega_o t} \qquad c_n = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-jn\omega_o t}\, dt \qquad n = 0, \pm 1, \pm 2$$

Contoh 2:

Dari sinyal persegi periodik pada Gambar 4.3, coba anda cari nilai c_n.

Penyelesaian:

Sinyal ini merupakan periodik dengan periode T =2, dan frekuensi fundamentalnya adalah $\omega_o = 2\pi/2 = \pi$ radian/detik. Sinyal ini memenuhi kondisi Derichlet, sehingga dapat diberikan representasi Fourier.
Konstanta dapat dicari:

$$c_o = \frac{1}{2}\int_{-1}^{1} x(t)dt = \frac{1}{2}\int_{-1}^{1}(1)dt = \frac{1}{2}$$

Untuk nilai n secara umum:

$$\begin{aligned}
c_n &= \frac{1}{2}\int_{-1}^{1} x(t)e^{-jn\pi t}dt \\
&= \frac{1}{2}\int_{-0,5}^{0,5} e^{-jn\pi t}dt \\
&= -\frac{1}{j2n\pi}e^{-jn\pi t}\Big|_{t=-0,5}^{t=0,5} \\
&= -\frac{1}{j2n\pi}\left(-j\sin\frac{n\pi}{2} - j\sin\frac{n\pi}{2}\right) \\
&= \frac{1}{n\pi}\sin\frac{n\pi}{2}, \qquad n = \pm 1, \pm 2, \ldots \\
&= \begin{cases} 0 & n = \pm 2, \pm 4, \ldots. \\ \dfrac{1}{n\pi} & n = \pm 1, \pm 3, \ldots \end{cases}
\end{aligned}$$

4.3. Trigonometri Deret Fourier

Deret Fourier dalam bentuk trigonometri $x(t) = \frac{1}{2} + \sum_{\substack{n=1 \\ n\,ganjil}}^{\infty} 2|c_n|\cos(n\omega_o t + \angle c_n) \quad -\infty < t < \infty$

dimana:

$|c_n|$ = magnitudo dari c_n

$\angle c_n$ = sudut dari c_n

Contoh 3:

Coba anda cari bantuk trigonometri deret Fourier pada Contoh.2.

Penyelesaian:

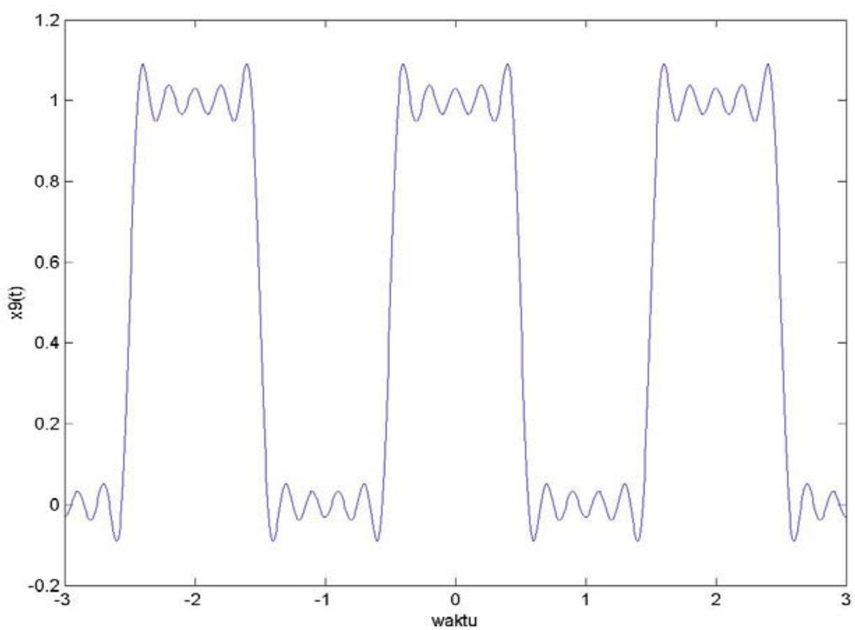
$$|c_n| = \begin{cases} 0 & untuk\ n = 2, 4, \ldots \\ \frac{1}{n\pi} & untuk\ n = 1, 3, \ldots \end{cases} \qquad \angle c_n = \begin{cases} 0 & untuk\ n = 2, 4, \ldots \\ \left[(-1)^{(n-1)/2} - 1\right]\frac{\pi}{2} & untuk\ n = 1, 3, \ldots \end{cases}$$

Representasi trigonometri dari Deret Fourier

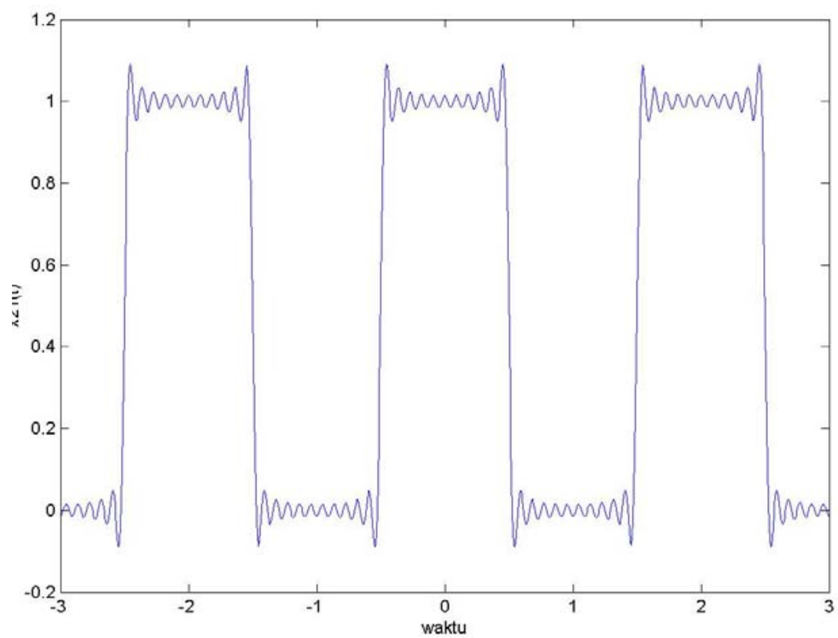
$$x(t) = \frac{1}{2} + \sum_{\substack{n=1 \\ n\,ganjil}}^{\infty} \frac{2}{n\pi}\cos\left(n\pi t + \left[(-1)^{(n-1)/2} - 1\right]\frac{\pi}{2}\right) \qquad -\infty < t < \infty$$

4.3. Fenomena Gibbs

$$x_N(t) = \frac{1}{2} + \sum_{\substack{n=1 \\ n\,ganjil}}^{N} \frac{2}{n\pi} \cos\left(n\pi t + \left[(-1)^{(n-1)/2} - 1 \right] \frac{\pi}{2} \right) \qquad -\infty < t < \infty$$



Gambar 4.4. Sinyal x(t) pada N=9



Gambar 4.5. Sinyal x(t) pada N=21

4.4. Spektral Garis

Komponen-komponen frekuensi disajikan dalam terminologi amplitudo dan fase
→gambar $|c_0|$ dan $2|c_n|$ sebagai fungsi $\omega = n\omega_0$ untuk $n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$

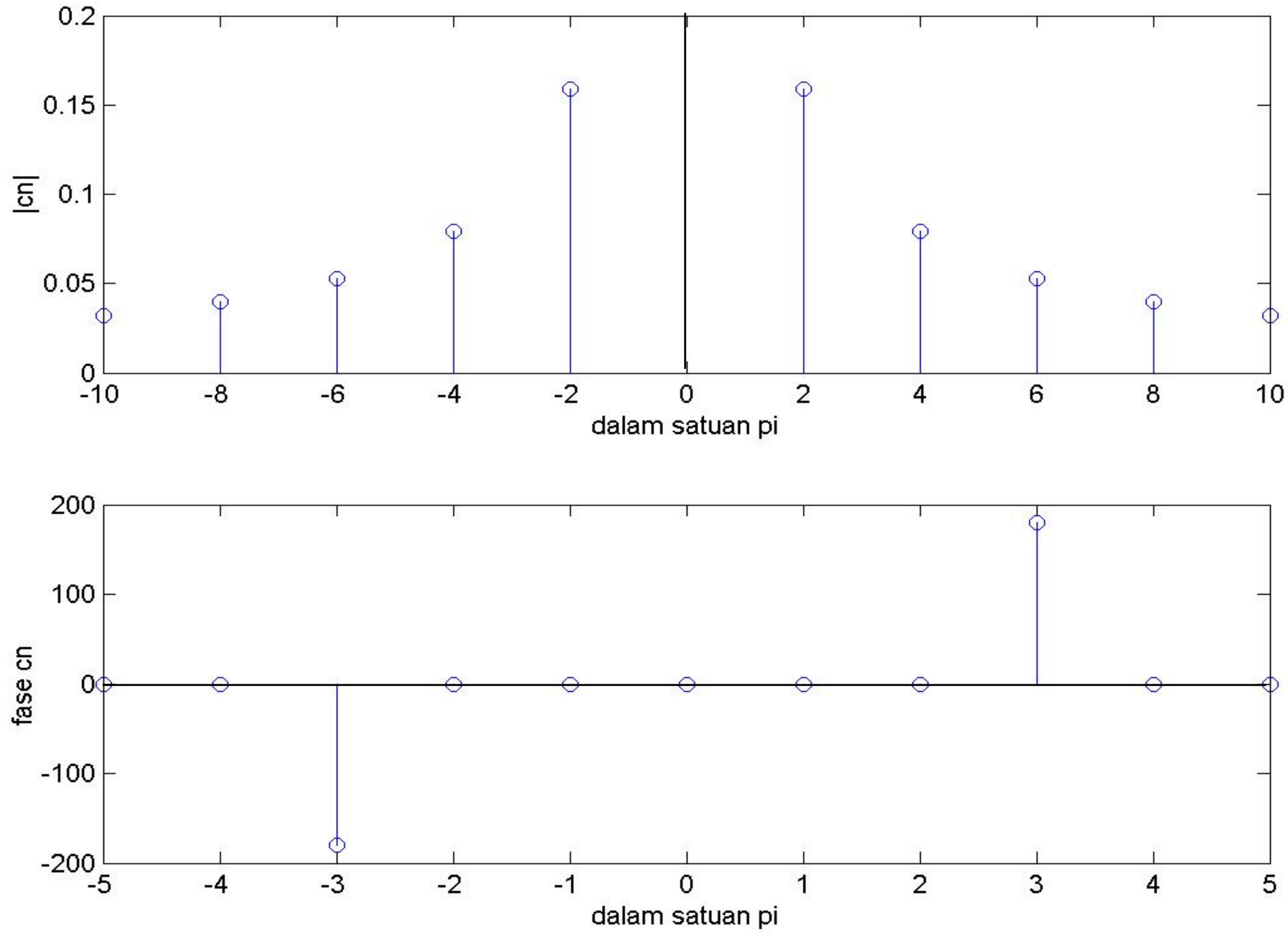
Dalam spectral garis hanya frekuensi non negatif.

Contoh 4:
Pertimbangkan suatu pulsa persegi seperti pada Gambar 4.5, dalam hal ini c_0=0,5. Berikan koefisien-koefisien c_n pada deret Fourier-nya.

Penyelesaian:
Koefisien-koefisien c_n deret Fourier diberikan sebagai:

$$|c_n| = \begin{cases} 0 & n = 2, 4, \ldots \\ 1/n\pi & n = 1, 2, \ldots \end{cases} \qquad \angle c_n = \begin{cases} 0 & n = 2, 4, \ldots \\ [(-1)^{(n-1)/2} - 1]\dfrac{\pi}{2} & n = 1, 3, \ldots \end{cases}$$

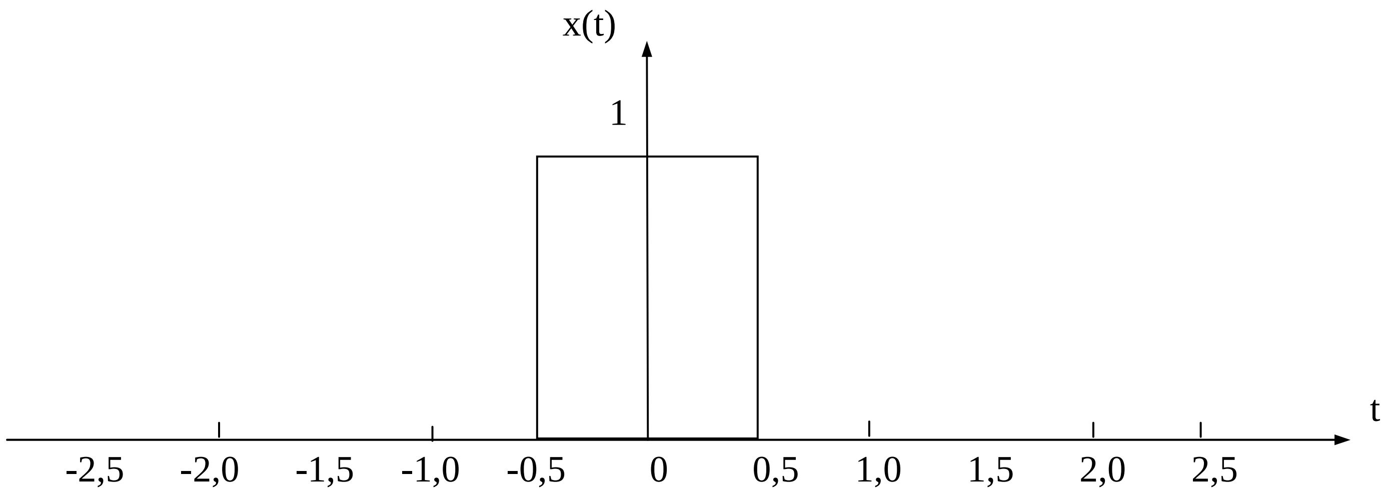
Bentuk spektrum amplitudo dan fase



Gambar 4.6 Spektral garis deretan pulsa persegi

4.5. Transformasi Fourier

Deret fourier→ untuk sinyal periodik saja,
Transformasi Fourier→ sinyal periodik dan non periodik

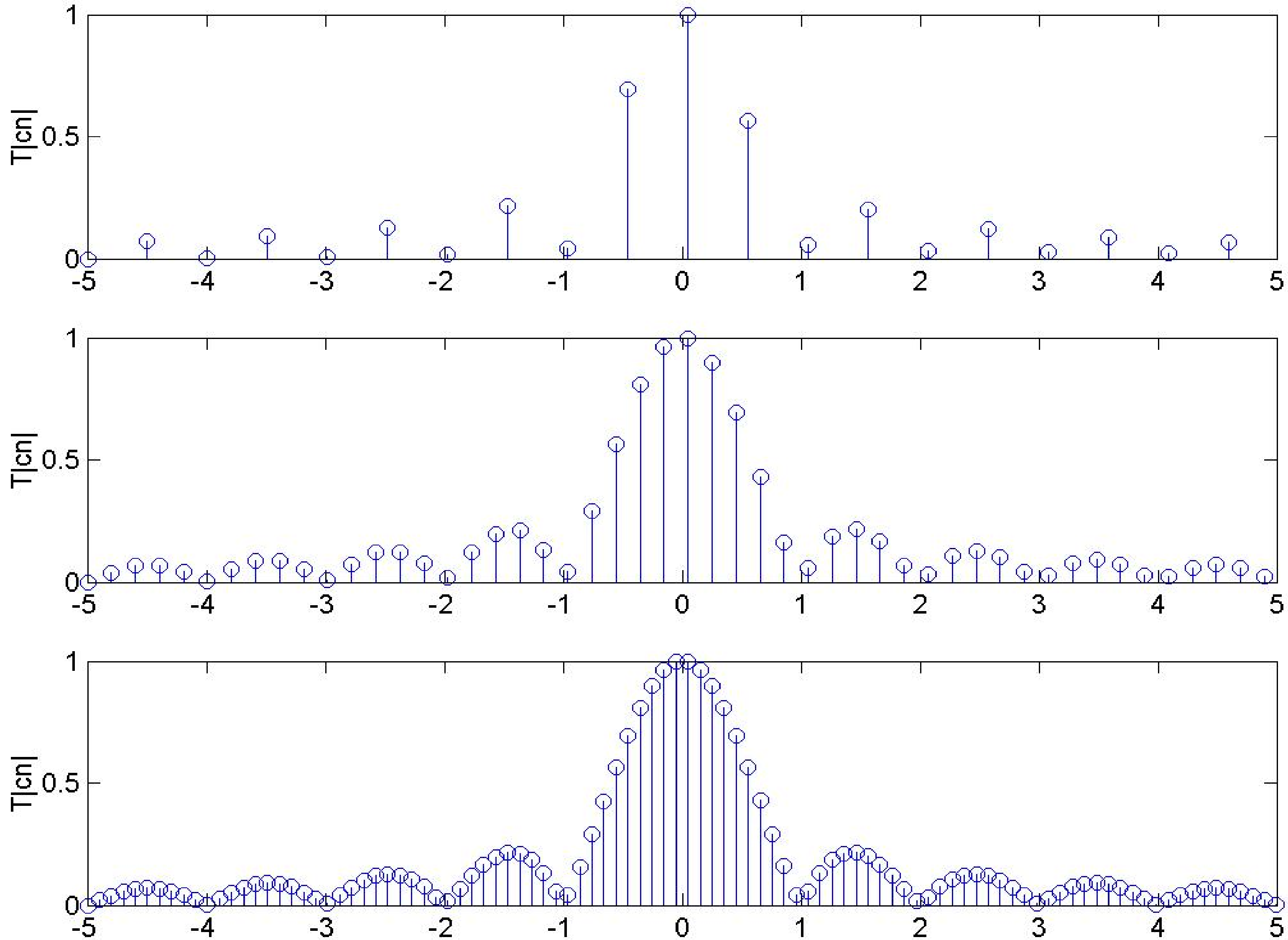


Gambar 4.7 Pulsa persegi satu detik

Evaluasi untuk n = 0 ⇨ $c_0 = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} x(t)dt = \frac{1}{T}\int_{-0,5}^{0,5} dt = \frac{1}{T}$

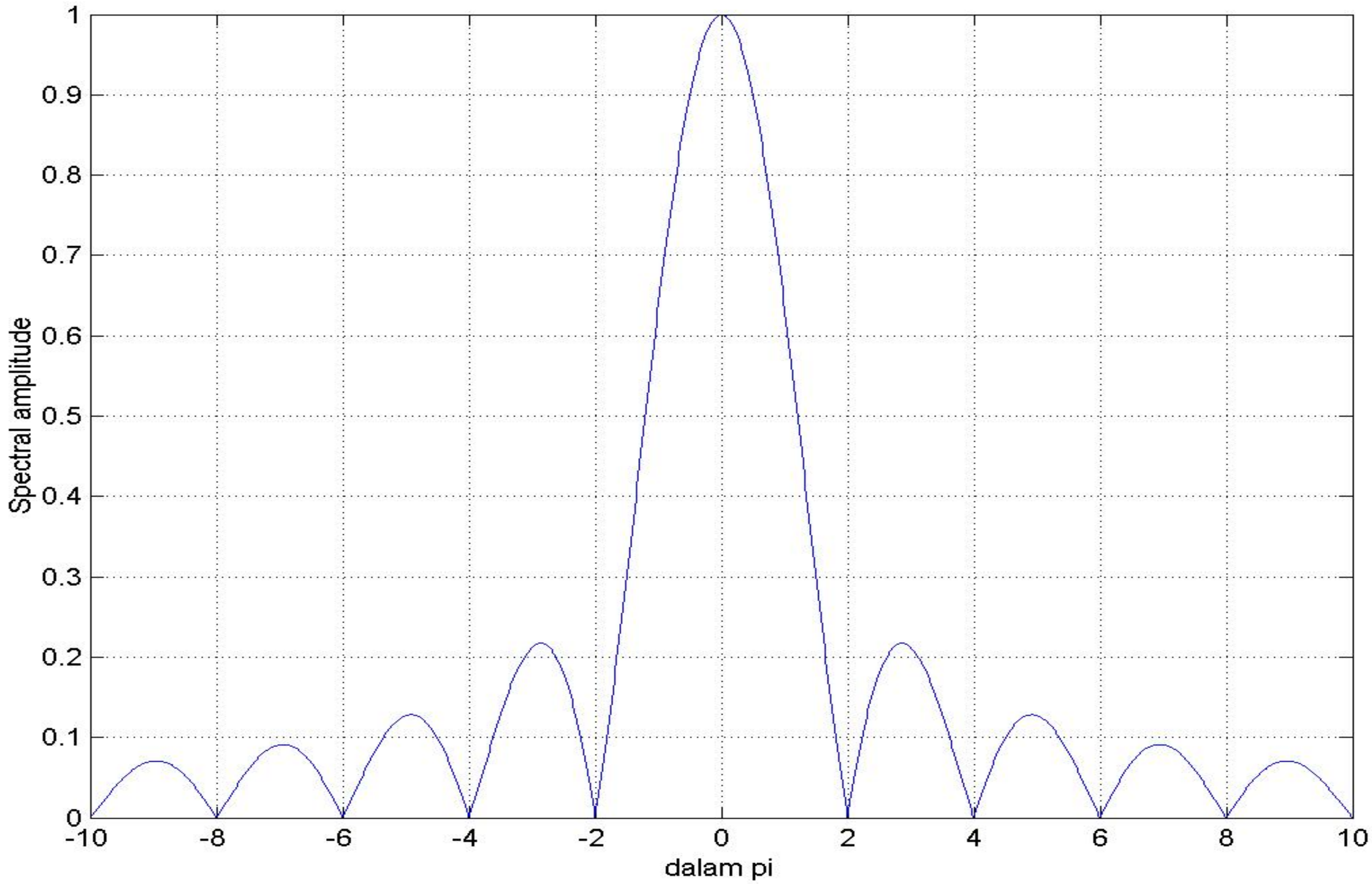
Untuk n yang lain:

$$
\begin{aligned}
c_n &= \frac{1}{T}\int_{-0,5}^{0,5} e^{-jn\omega_0 t}\,dt \\
&= -\frac{1}{jn\omega_0 T}\left[e^{-jn\omega_0 t}\right]_{t=-0,5}^{t=0,5} \\
&= -\frac{1}{jn\omega_0 T}\left[e^{-jn\omega_0/2} - e^{jn\omega_0/2}\right] \\
&= -\frac{1}{jn\omega_0 T}\left(-j2\sin\frac{n\omega_0}{2}\right) \\
&= \frac{2}{n\omega_0 T}\sin\frac{n\omega_0 2}{2} \qquad ; n = \pm 1, \pm 2, ..
\end{aligned}
$$

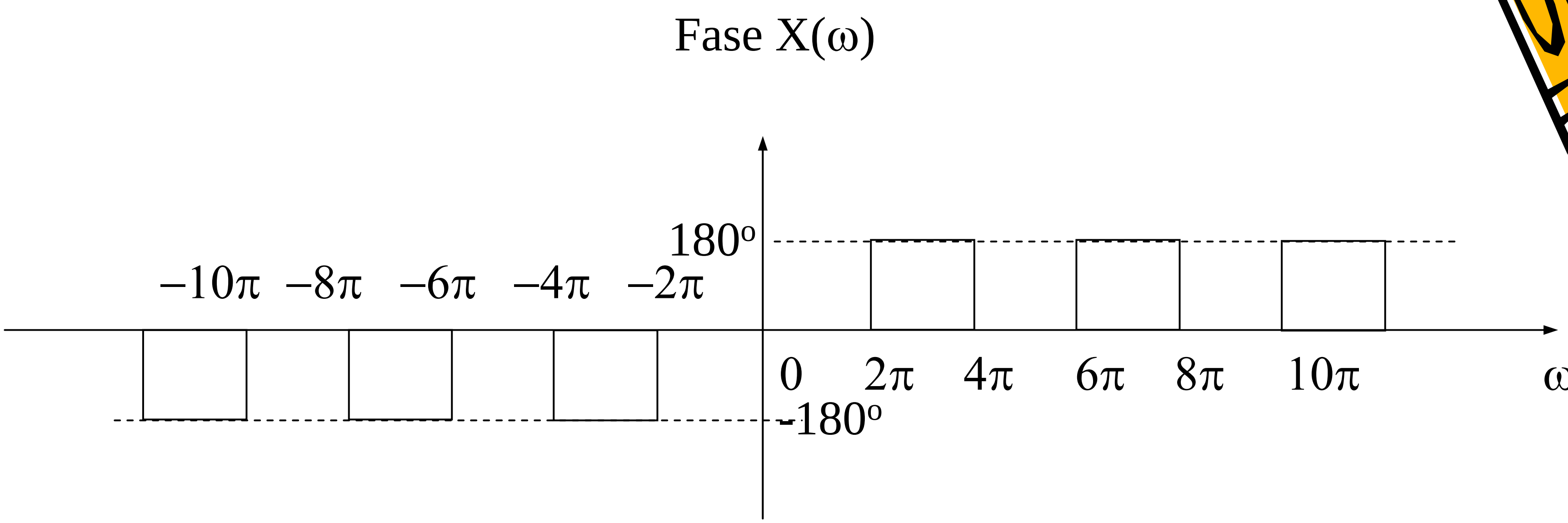


Gambar 4.8. Spektrum terskala pada $x_T(t)$ untuk atas T=2, tengah T=5, bawah T=10

4.6 Spektrum Amplitudo dan Fase Sinyal Persegi



Gambar 4.9. Spektrum Amplitudo Sinyal Persegi



Gambar 4.10. Spektrum Fase Sinyal Persegi

Contoh 5

Berikan gambaran spektrum amplitudo dan spektrum fase dari suatu fungsi x(t) = e^{-jbt} u(t). Dimana b merupakan konstanta real, u(t) merupakan fungsi step.

Penyelesaian:

Untukb=0, akan didapakan x(t) = u(t). Untuk nilai b yang lain, transformasi Fourier X(ω) pada x(t) diberikan sebagai:

disini $X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-bt} u(t) e^{-j\omega t}\,dt$

u(t) = 0 untuk t < 0.

u(t) = 1untuk t $\geq$ 0

$$X(\omega) = \int_{0}^{\infty} e^{-bt} e^{-j\omega t}\,dt$$

$$= \int_{0}^{\infty} e^{-(b+j\omega)t}\,dt$$

Evaluasi integral ini memberikan: $X(\omega) = -\frac{1}{b+j\omega}\left[e^{-(b+j\omega)t}\right]_{t=0}^{t=\infty}$

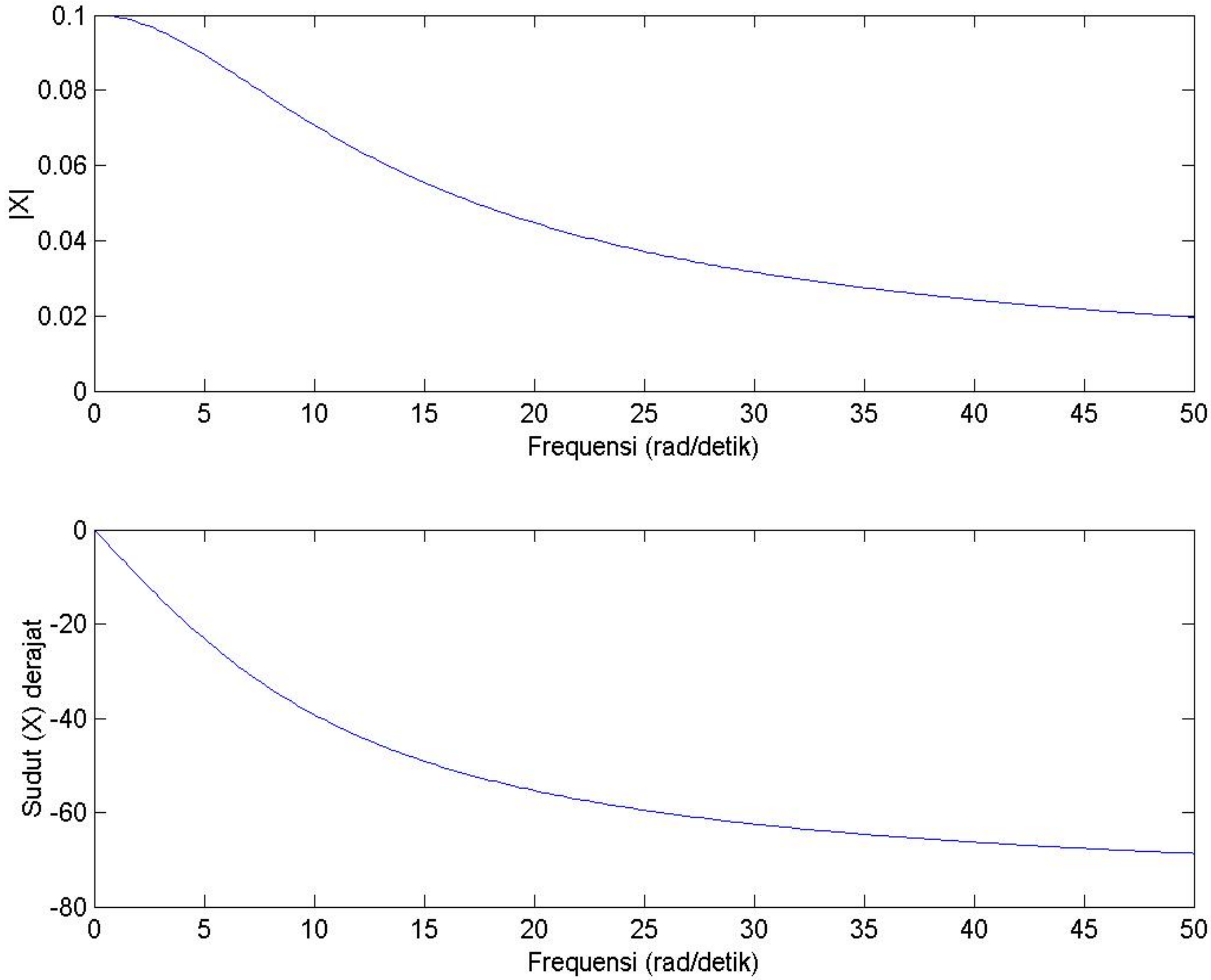
Untuk b > 0, x(t) memiliki transformasi Fourier:

$$X(\omega) = -\frac{1}{b+j\omega}(0-1) = \frac{1}{b+j\omega}$$

Spektrum amplitudo: $|X(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{b^2+\omega^2}}$

Spektrum fase: $\angle X(\omega) = -\tan^{-1}\left(\frac{\omega}{b}\right)$

Hasilnya



Gambar 4.11. Gambaran spektrum amplitudo dan fase pada fungsi x(t) = exp(-10t)u(t)

4.7 Bentuk Rectangular Transformasi Fourier

Transformasi Fourier sinyal x(t)

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$$

Persamaan dasar Euler

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\cos(\omega t)dt - j\int_{-\infty}^{\infty} x(t)\sin(\omega t)dt$$

Tandai

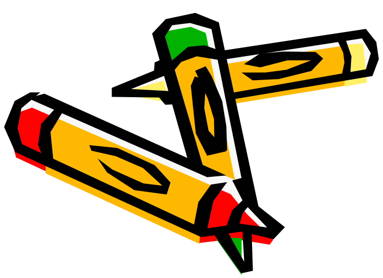
$$R(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\cos(\omega t)dt$$

$$I(\omega) = -\int_{-\infty}^{\infty} x(t)\sin(\omega t)dt$$

Polar ←→ Rectangular

$$|X(\omega)| = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)}$$

$$\angle X(\omega) = \tan^{-1}\left(\frac{I(\omega)}{R(\omega)}\right)$$



•Bentuk Rectangular adalah:

$$X(\omega) = R(\omega) + j\, I(\omega)$$

Dimana:

R(ω) = bagian real

I(ω) = bagian imajiner

•Bentuk polar:

$$X(\omega) = |X(\omega)| \exp[j\angle X(\omega)]$$

dimana

|X(ω)| = magnitudo pada X(ω)

$\angle X(\omega)$ = magnitudo pada X(ω)

4.8 Sinyal-sinyal dengan Simetri Genap dan Simetri Ganjil

•Fungsi genap jika x(t) = x(-t)

$$X(\omega) = R(\omega) = 2\int_{0}^{\infty} x(t)\cos \omega t\,dt$$

•Fungsi ganjil jika x(t) = - x(-t)

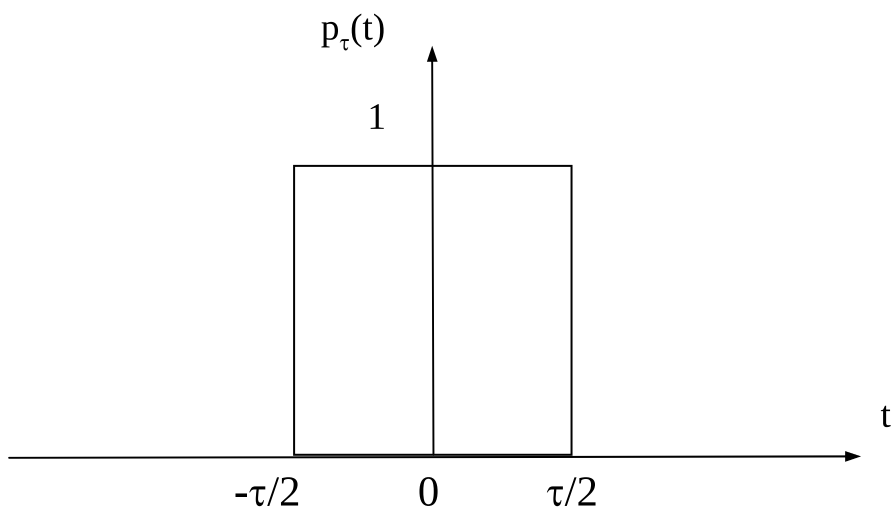
$$X(\omega) = I(\omega) = -j2\int_{0}^{\infty} x(t)\sin \omega t\,dt$$

Contoh 7:

Suatu nilai positif τ, digunakan untuk pulsa persegi $p_\tau(t)$ yang memiliki durasi τ detik dan didefinisikan sebagai:

$$p_\tau(t) = \begin{cases} 1 & \dfrac{-\tau}{2} \le t \le \dfrac{\tau}{2} \\ 0 & t \quad yang\ lain \end{cases}$$

Berikan penyelesaian bentuk transformasi Fouriernya.



Gambar 4.12 Pulsa persegi dengan durasi τ detik

Penyelesaian

Pulsa rectangular (persegi) $p_\tau(t)$ dapat diberikan seperti pada Gambar 4.12. Dari gambar tersebut jelas bahwa sinyal ini merupakan fungsi genap

Transformasi Fouriernya:

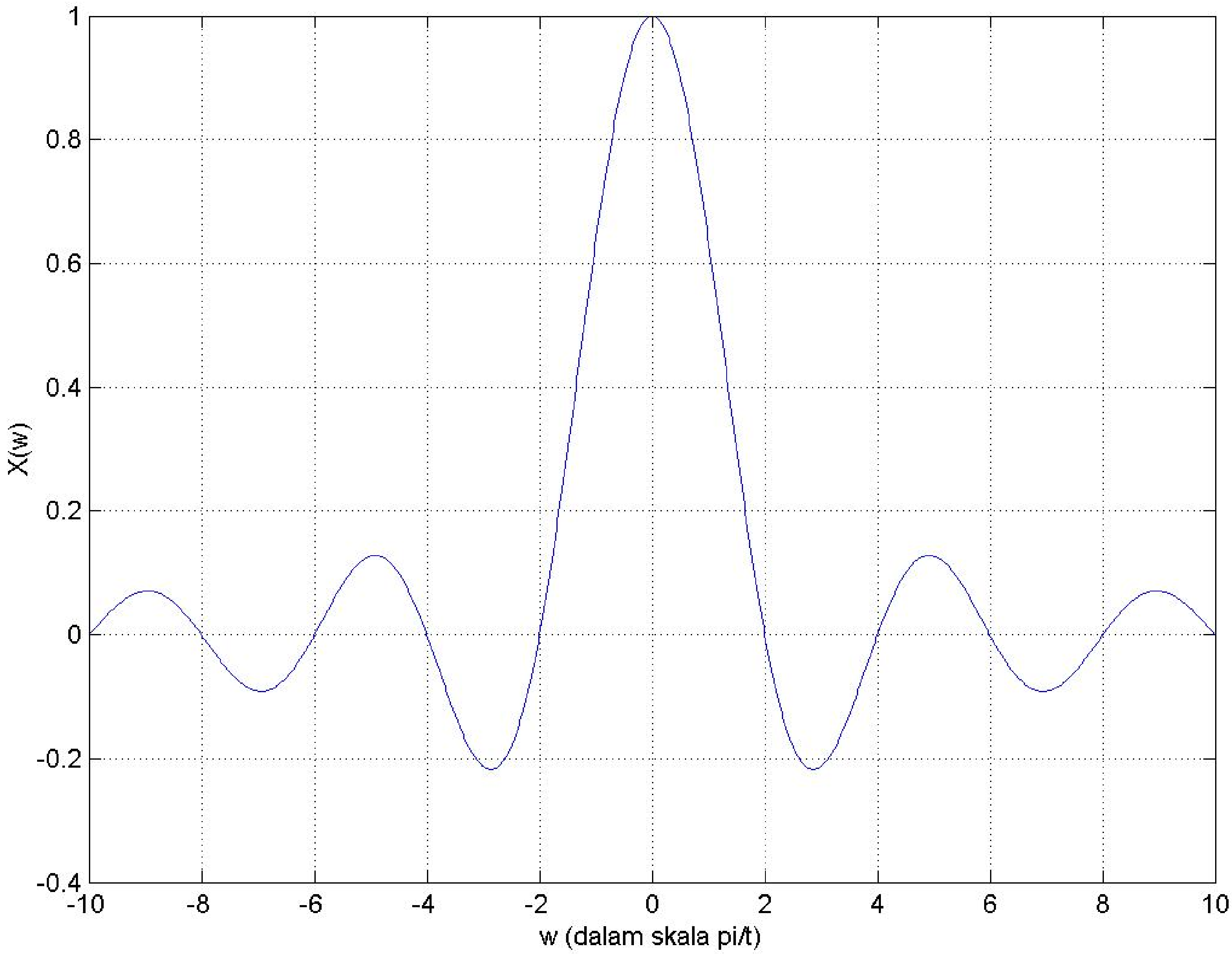
$$X(\omega) = 2\int_0^{\tau/2} (1)\cos \omega t dt$$

$$= \frac{2}{\omega}\left[\sin \omega t\right]_{t=0}^{t=\tau/2}$$

$$= \frac{2}{\omega}\sin\left(\frac{\omega\tau}{2}\right)$$

Dalam terminology *sinc*:

$X(\omega) = \tau \text{ sinc}(\tau\omega/2)$



Gambar 4.13. Transformasi Fourier sinyal persegi τ detik

4.9 Sifat-Sifat Transformasi Fourier

•. Linearitas

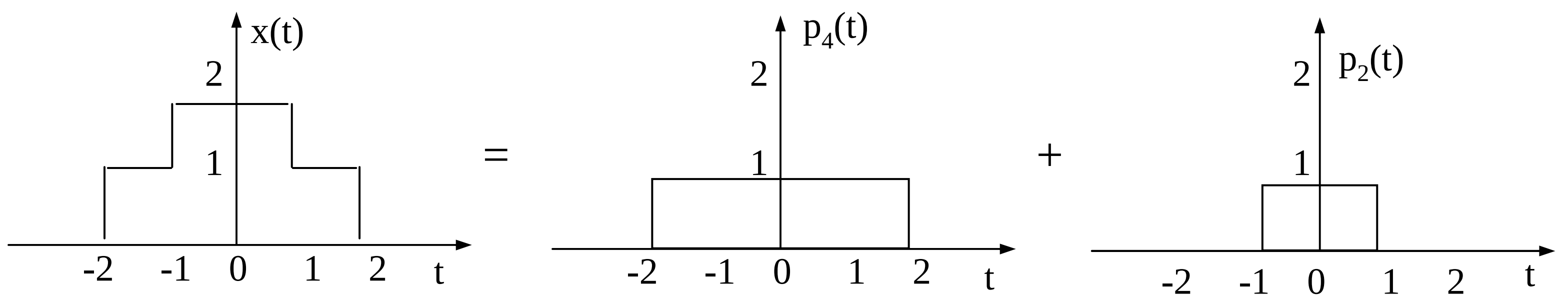
Jika $x(t) \leftrightarrow X(\omega)$ dan $v(t) \leftrightarrow V(\omega)$
maka: $ax(t) + bx(t) \leftrightarrow aX(\omega) + bV(\omega)$

Contoh 9:
Perhatikan sebuah sinyal pada Gambar 4.14, tampak bahwa sinyal tersebut merupakan jumlahan dari dua pulsa persegi seperti berikut ini:
$x(t) = p_4(t) + p_2(t)$
Dengan memanfaatkan sifat linearitas coba anda berikan bentuk transformasi Fouriernya.

Penyelesaian:
Menggunakan sifat linearitas kita dapatkan bahwa tansformasi Fourier masing-masing adalah seperti berikut:
$P_4(\omega) = 4 \text{ sinc } 2\omega/\pi$
$P_2(\omega) = 2 \text{ sinc } 2\omega/\pi$

Maka kita dapatkan untuk

$$X(\omega) = P_4(\omega) + P_2(\omega)$$
$$= 4 \text{ sinc } 2\omega/\pi + 2 \text{ sinc } 2\omega/\pi$$



Gambar 4. 14 Sinyal dalam contoh 9

• Pergeseran Waktu

Jika x(t) ←→ X(ω), maka untuk suatu nilai real c positif atau negatif:

$$x(t-c) \leftrightarrow X(\omega)e^{-j\omega c}$$

Contoh 10:

Sinyal x(t) yang ditunjukkan pada Gambar 4.15 memiliki ekuivalensi dengan pulsa persegi $p_2(t)$ yang mengalami pergeseran 1 detik. Dalam hal ini : $x(t) = p_2(t-1)$. Berikan bentuk transformasi Fouriernya

Penyelesaian:

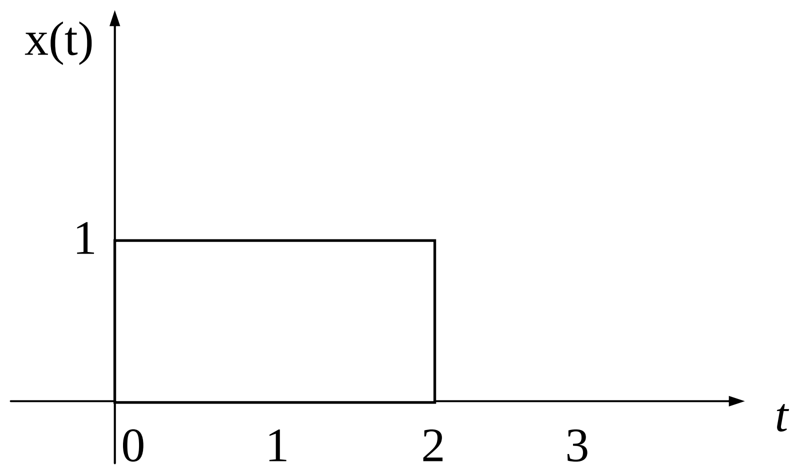
Transformasi Fourier X(ω) untuk sinyal x(t) hasilnya adalah:

$$X(\omega) = 2(\text{sinc } \omega/\pi)e^{-j\omega}.$$

Sementara kita tahu bahwa:

$$|e^{-j\omega}| = 1 \text{ untuk semua nilai } \omega$$

spektrum aplitudo |X(ω)| pada $x(t) = p_2(t-1)$ adalah sesuai dengan spektrum amplitudo pada $p_2(t)$.

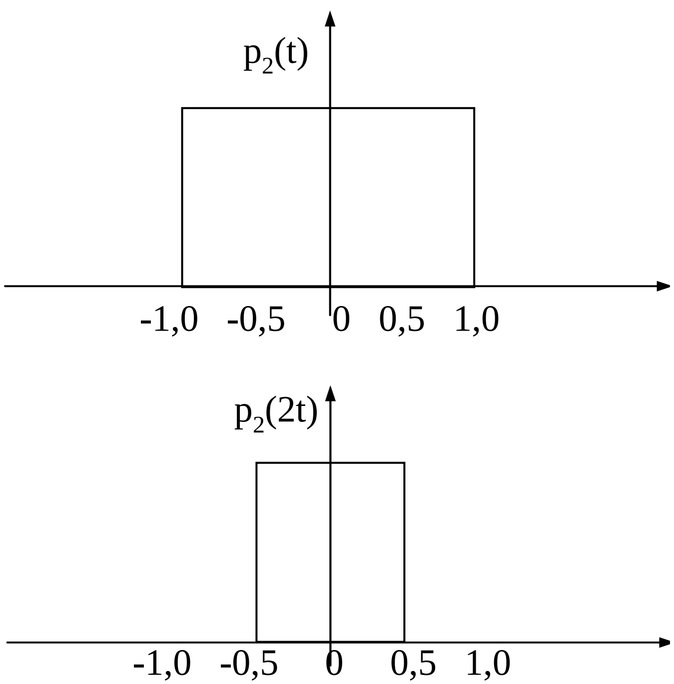


Gambar 4.15 Sinyal pada contoh 10

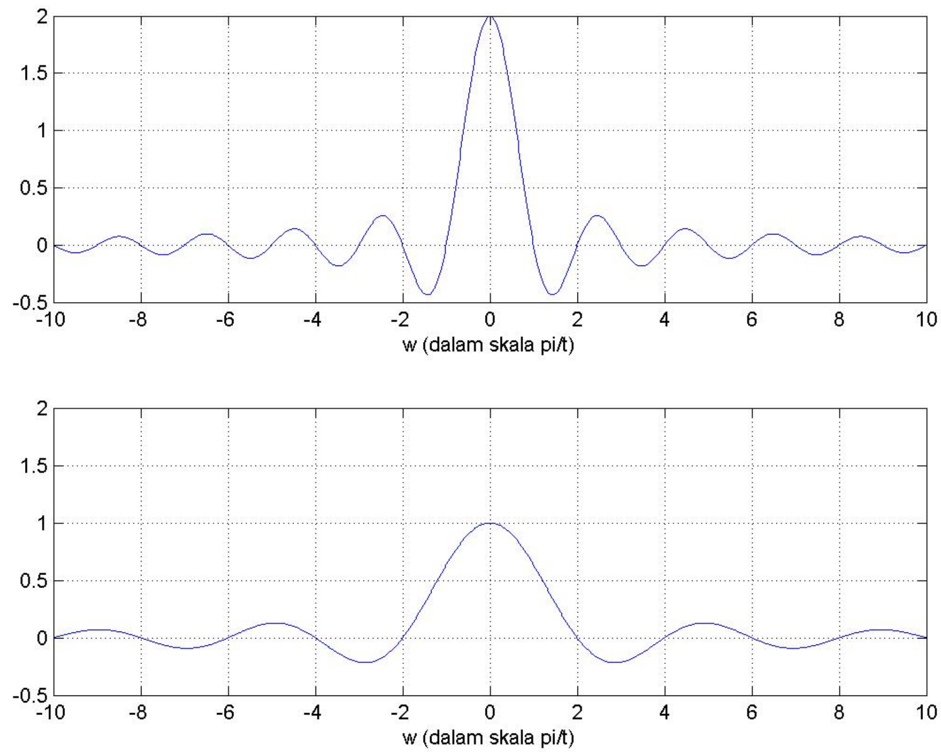
- Penskalaan Waktu

Jika x(t) ←→ X(ω), untuk suatu nilai real positif a,

$$x(at) \leftrightarrow (1/a)X(\omega/a)$$



Gambar 4.16 Contoh bentuk kompresi waktu pada suatu sinyal



Gambar 4.17 Transformasi Fourier pada $p_2(t)$ dan $p_2(2t)$

- Pembalikan Waktu

Jika x(t) ←→X(ω), maka akan kita miliki:

x(-t)←→X(-ω)

Jika sinyal x(t) bernilai real

$$X(-\omega) = \overline{X(\omega)}$$

Contoh 11:

Suatu bilangan real b>0 diberikan untuk suatu sinyal sedemikian hingga x(-t) = $e^{-bt}u(t)$. Berikan bentuk transformasi Fouriernya

$$x(t) = \begin{cases} 0 & t > 0 \\ e^{bt} & t \le 0 \end{cases}$$

Penyelesaian:

Transformasi Fourier pada x(-t) adalah 1/(b + jω). Sehingga transformasi Fourier pada x(t) adalah:

$$X(\omega) = \frac{1}{\overline{b + j\omega}} = \frac{1}{b - j\omega}$$

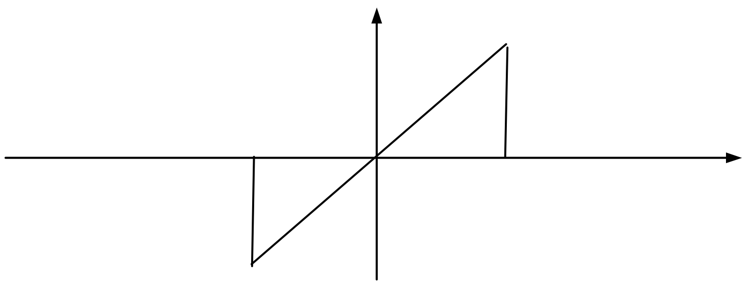
- Perkalian dengan Suatu Bentuk Pangkat

Jika x(t)←→X(ω), untuk suatu nilai positif integer n:

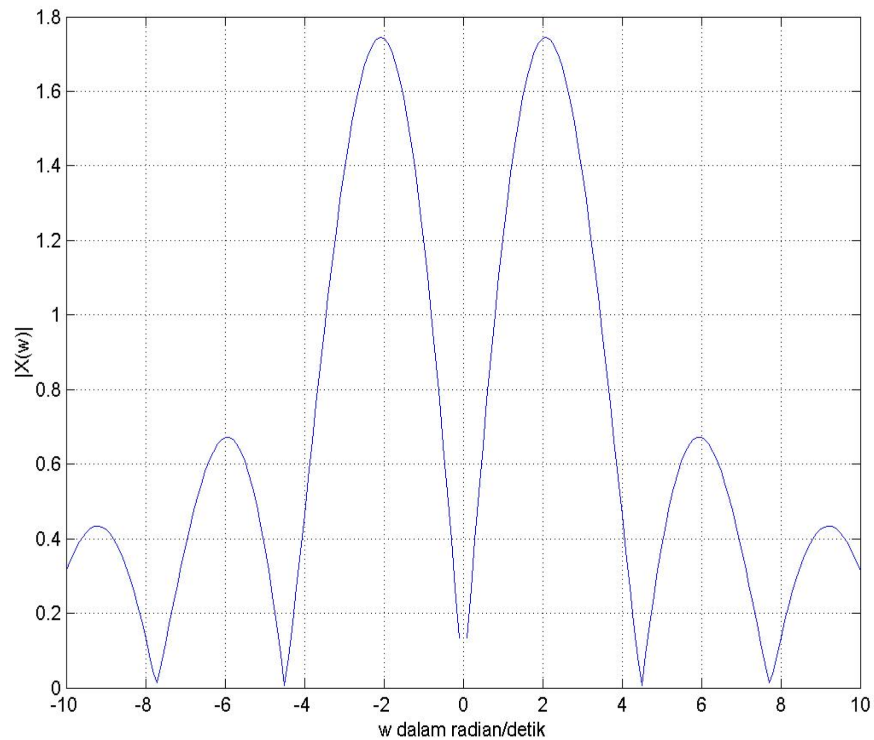
$$t^n x(t) \leftrightarrow (j)^n \frac{d^n}{d\omega^n} X(\omega)$$

Contoh 12:

Tetapkan x(t) = t p_2(t) yang diberikan pada Gambar 4.18 Berikan bentuk transformasi Fourier dan spektrum amplitudonya.



Gambar 4.18 Sinyal x(t) = tp_2(t)



Gambar 4.19. Spektrum amplitudo sinyal

Penyelesaian:

Dengan menggunakan sifat persamaan (4-52) dan pasangan transformasi Fourier (4-44) memberikan bentuk seperti berikut:

$$X(\omega) = j\frac{d}{d\omega}\left(2\,\mathrm{sinc}\frac{\omega}{\pi}\right) = j2\frac{d}{d\omega}\left(\frac{\sin\omega}{\omega}\right) = j2\frac{\omega\cos\omega - \sin\omega}{\omega^2}$$

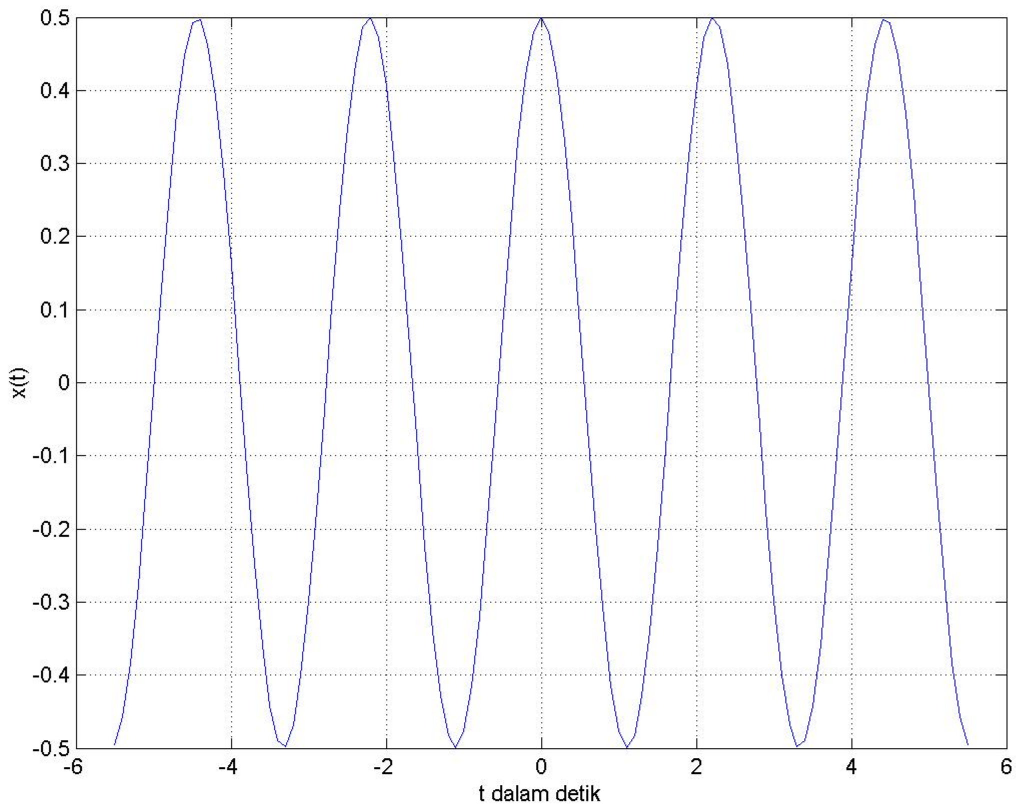
- Perkalian dengan Sinusoida

Jika $x(t) \leftrightarrow X(\omega)$, maka untuk suatu bilangan ω_0,

$$x(t)\cos\omega_0 t \leftrightarrow (j/2)\,[X(\omega+\omega_0) - X(\omega-\omega_0)]$$
$$x(t)\sin\omega_0 t \leftrightarrow (1/2)\,[X(\omega+\omega_0) - X(\omega-\omega_0)]$$

Contoh 13:

Pertimbangkan suatu sinyal $x(t) = p_\tau(t)\cos\omega_0 t$ yang diinterpretasikan sebagai sinyal sinusoida. Untuk nilai $\tau = 0.5$ dan $\omega_0 = 60$ radiant/dt bentuknya bisa dilihat pada Gambar 4.20. Berikan gambaran transformasi Fouriernya.



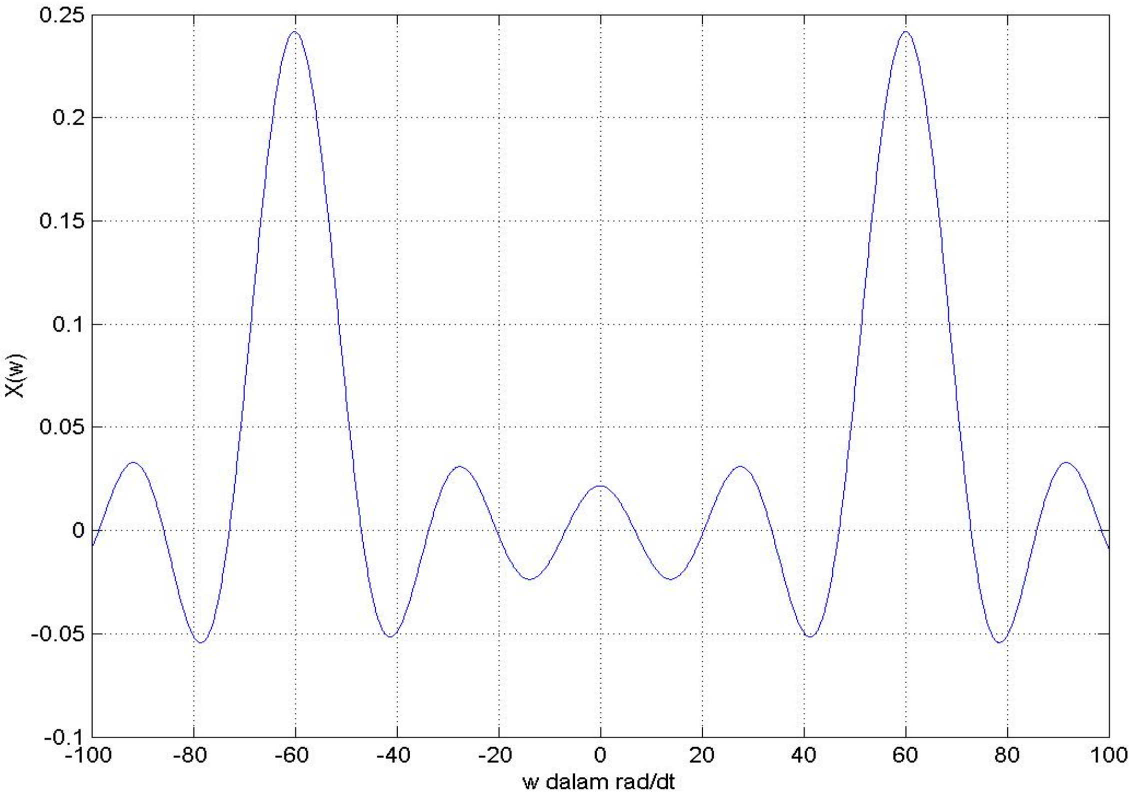
Gambar 4.20. Deretan sinusoida

Penyelesaian:

Dengan pasangan transformasi Fourier diatas:

$$\frac{1}{2}\left[\tau \sin c\left(\frac{\tau(\omega+\omega_0)}{2\pi}\right)+\tau \sin c\left(\frac{\tau(\omega-\omega_0)}{2\pi}\right)\right]$$

Untuk nilai t = 0,5 dan ω_0 = 60 rad/dt, hasilnya



Gambar 4.21. Transformasi Fourier sinyal sinusoida

- Konvolusi dalam Domain Waktu

Jika sinyal x(t) dan v(t) memiliki transformasi Fourier X(ω) dan V(ω).

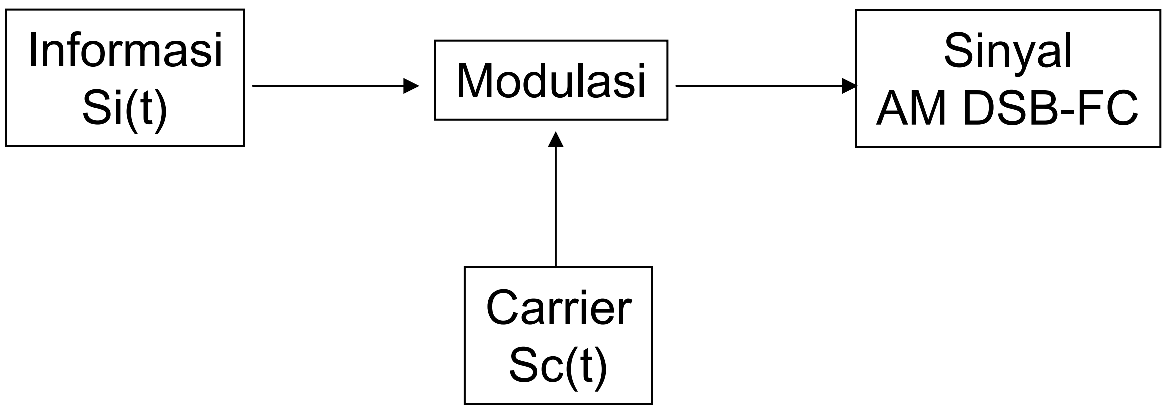
$$x(t)*v(t) \leftrightarrow X(\omega)V(\omega)$$

- Perkalian dalam Domain Waktu

Jika x(t)←→X(ω) dan v(t)←→V(ω) maka

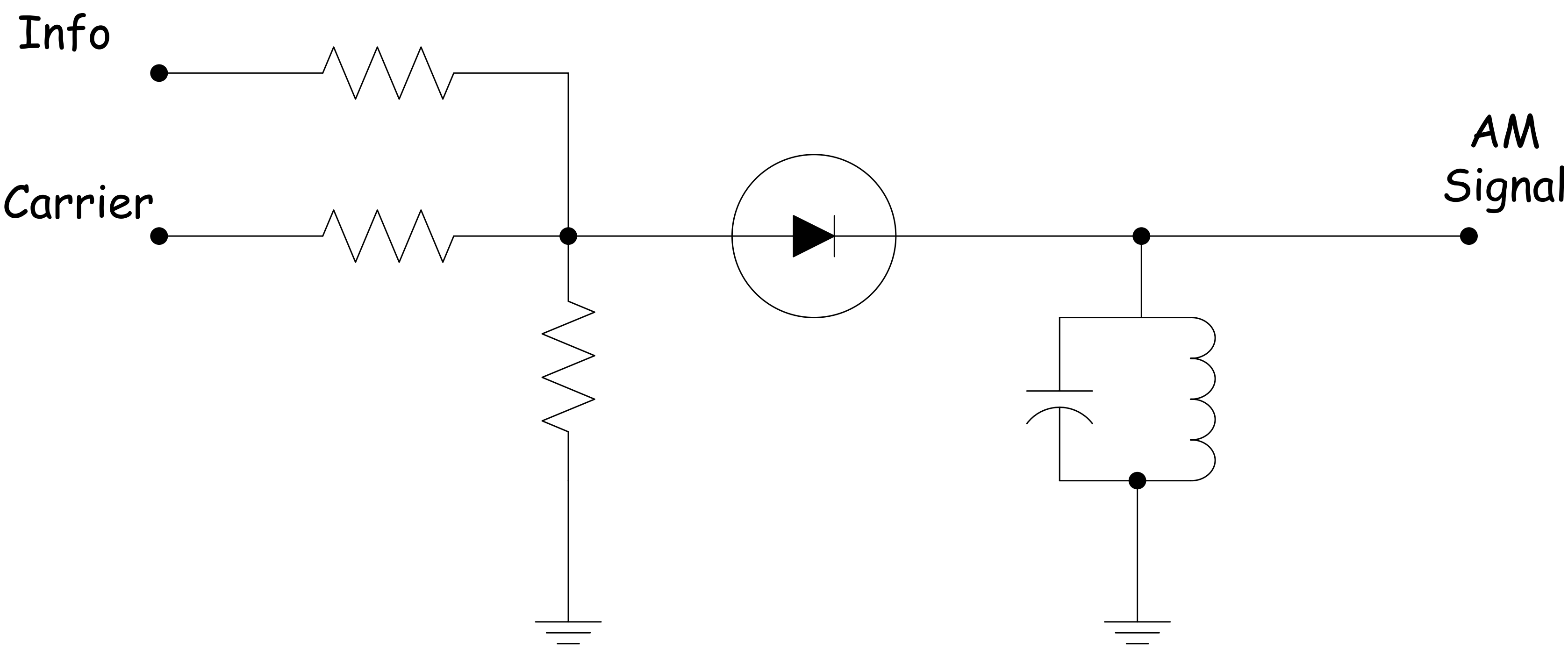
$$x(t)v(t) \leftrightarrow \frac{1}{2\pi}\left[X(\omega)*V(\omega)\right] = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} X(\lambda)V(\omega-\lambda)\,d\lambda$$

4.10 Studi Kasus
Sistem Modulasi Amplitudo DSB-FC



Gambar 4.22 Diagram blok sistem DSB-FC

Gambaran Rangkaian AM DSB-FC



Gambar 4.23 Rangkaian sistem DSB-FC

R1

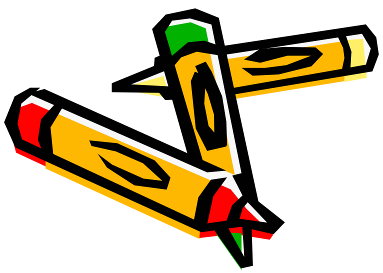
Gambaran Bentuk Matematika

Sinyal Informasi: $$s_i(t) = A_i \sin\left(2\pi f_i t\right)$$

Sinyal Carrier: $$s_c(t) = A_c \sin\left(2\pi f_c t\right)$$

Sinyal AM DSBSC:

$$S_{AM} = \left(A_c + A_i \sin\left(2\pi f_i t\right)\right)\sin\left(2\pi f_c t\right)$$

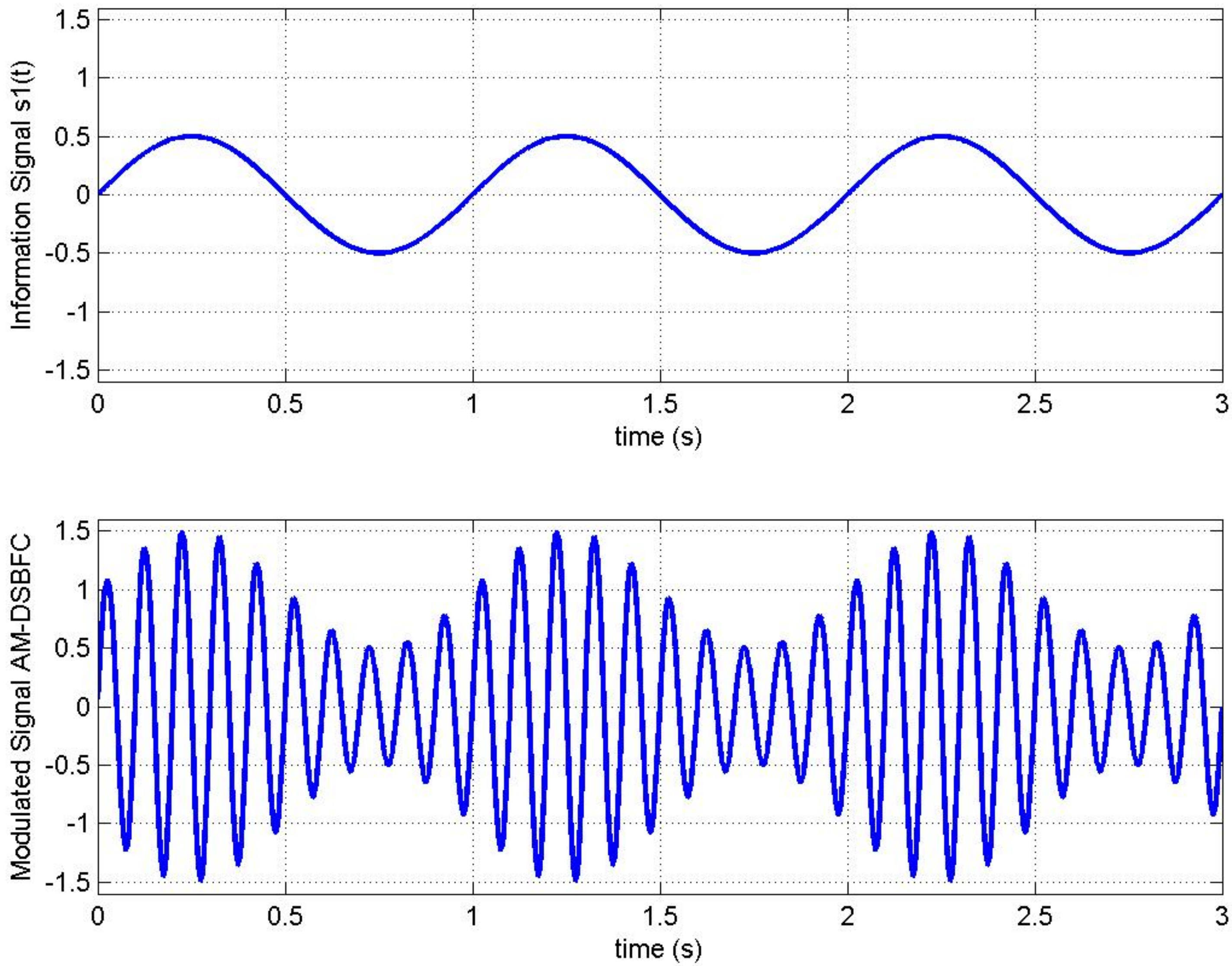


Pendekatan Program Matlab

Disini kita akan membuat simulasi dimana frekuensi carier sebesar 10 kali frekuensi informasi.
Contoh Programnya seperti berikut….

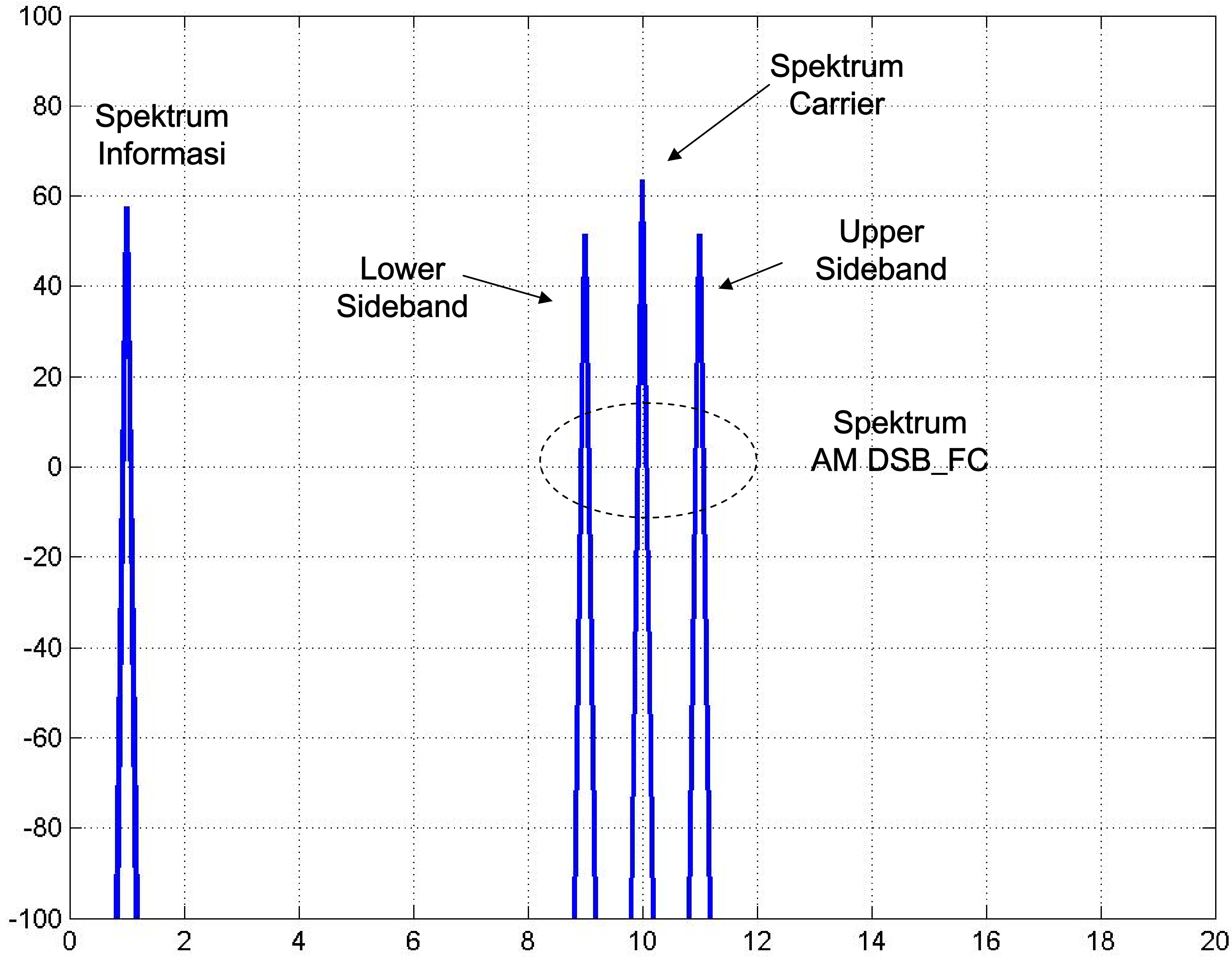
```
%File Name: AM_DSBFC_01.m
clear all;
T=1000;
fi=1;
A=0.5;
fc=10;
t=1/T:1/T:3;
si=0.5*sin(2*pi*fi*t);

AM_DSBFC=(1 + si).*sin(2*pi*fc*t);
```

Gambaran dalam Domain Waktu



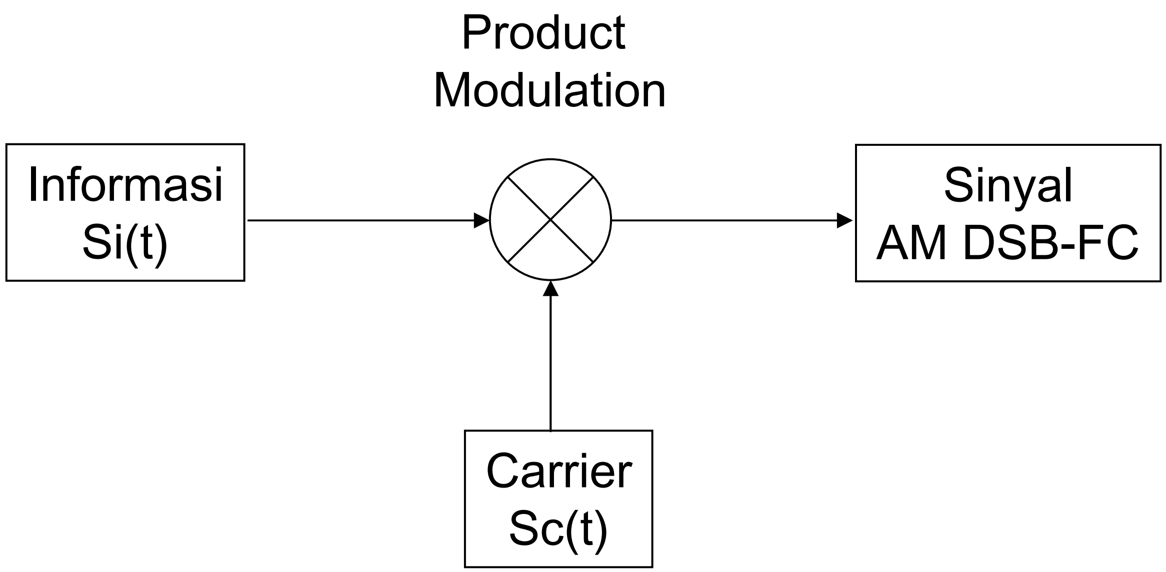
Gambar 4.24 Perbandingan Bentuk sinyal informasi dan sinyal DSB-FC

Gambaran dalam Domain Frekuensi



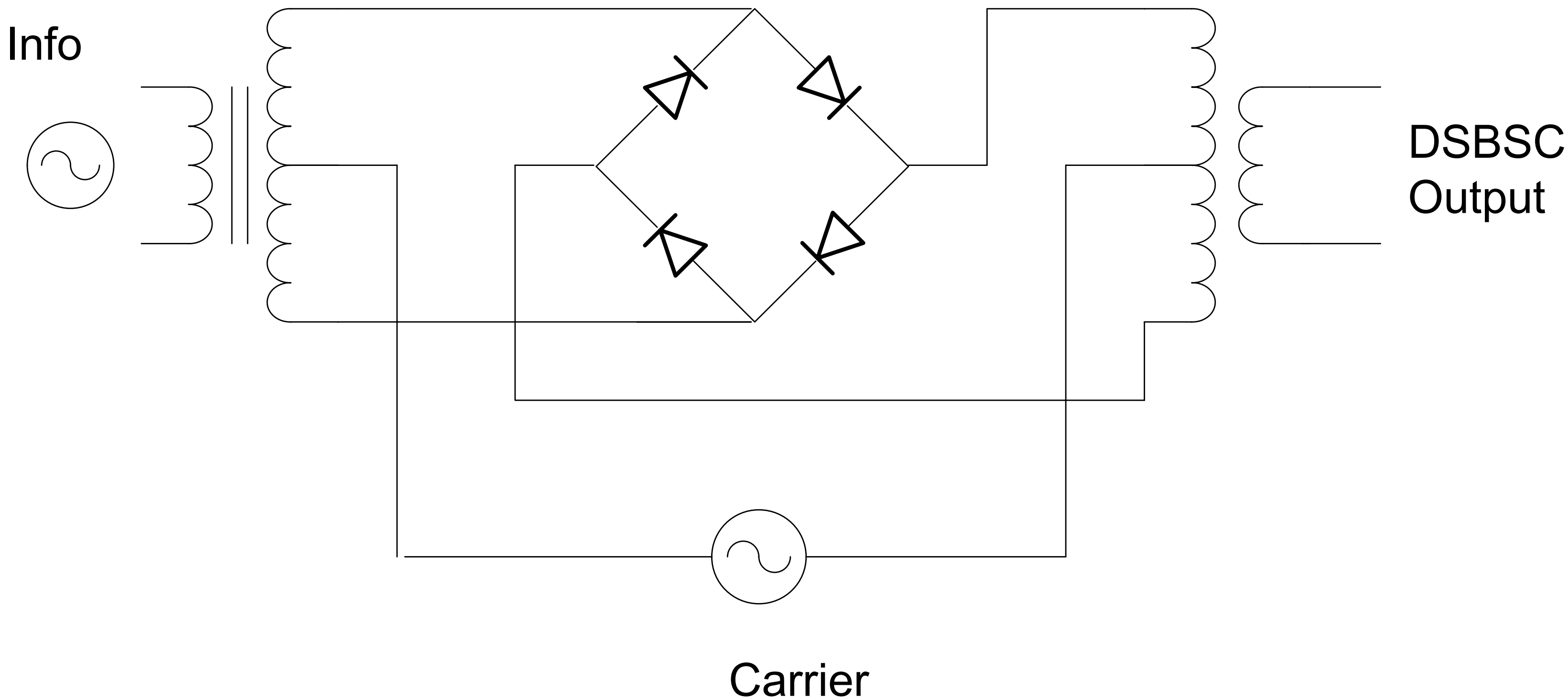
Gambar 4.25 Gambaran bentuk spektrum frekuensi sistem DSB-FC

Sistem Modulasi Amplitudo DSB-SC



Gambar 4.26 Diagram blok sistem DSB-SC

Gambaran Rangkaian AM DSB-SC



Gambar 4.27 Rangkaian sistem DSB-SC

Gambaran Bentuk Matematika

Sinyal Informasi: $$s_i(t) = A_i \cos(2\pi f_i t)$$

Sinyal Carrier: $$s_c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t)$$

Sinyal AM DSBSC: $$S_{AM} = S_i(t) \times S_c(t)$$

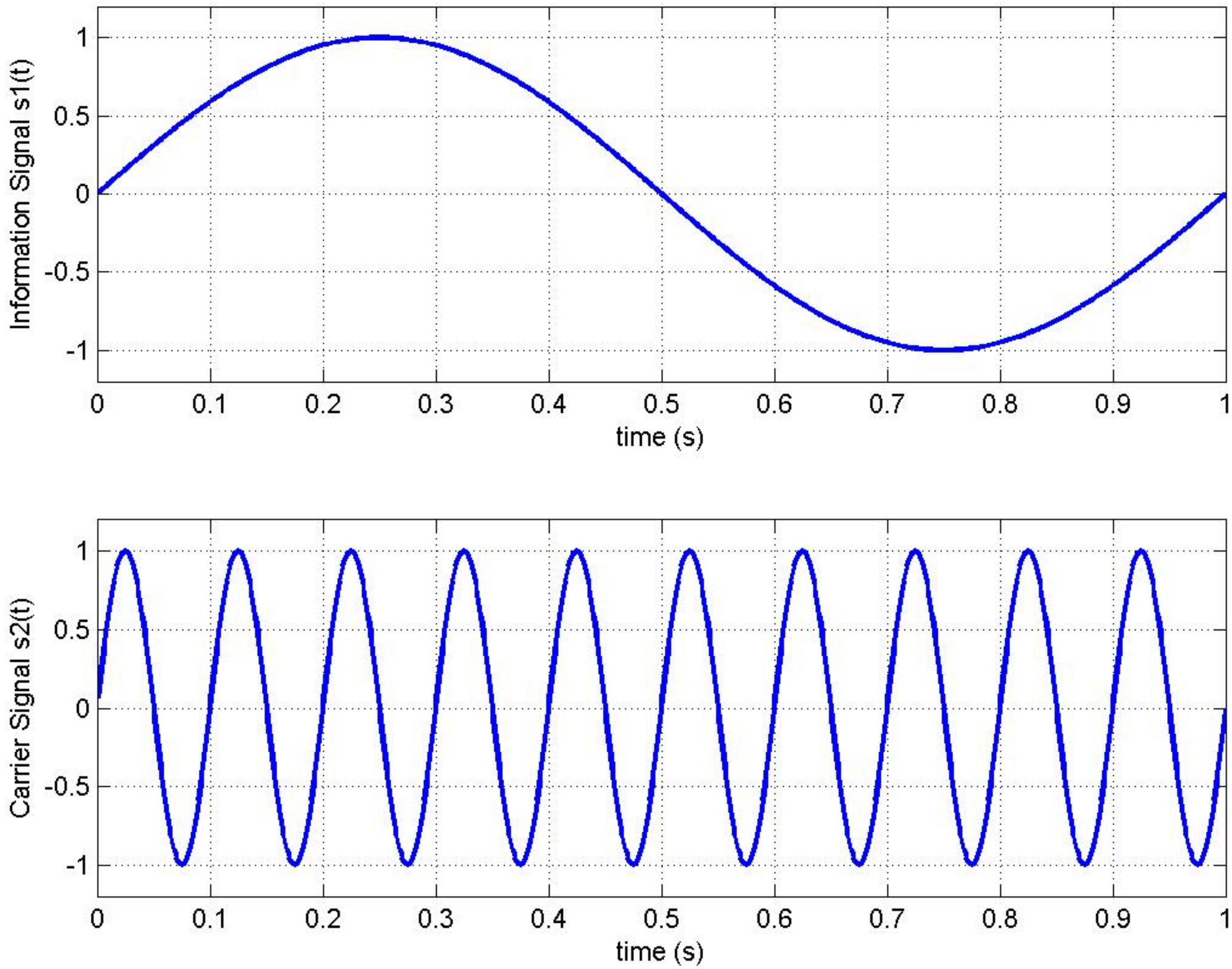
Dimana:
A_i: amplitudo sinyal informasi
f_i: frekuensi sinyal informasi
A_c: amplitudo sinyal carrier
f_c: frekuensi sinyal carrier

Pendekatan Program Matlab

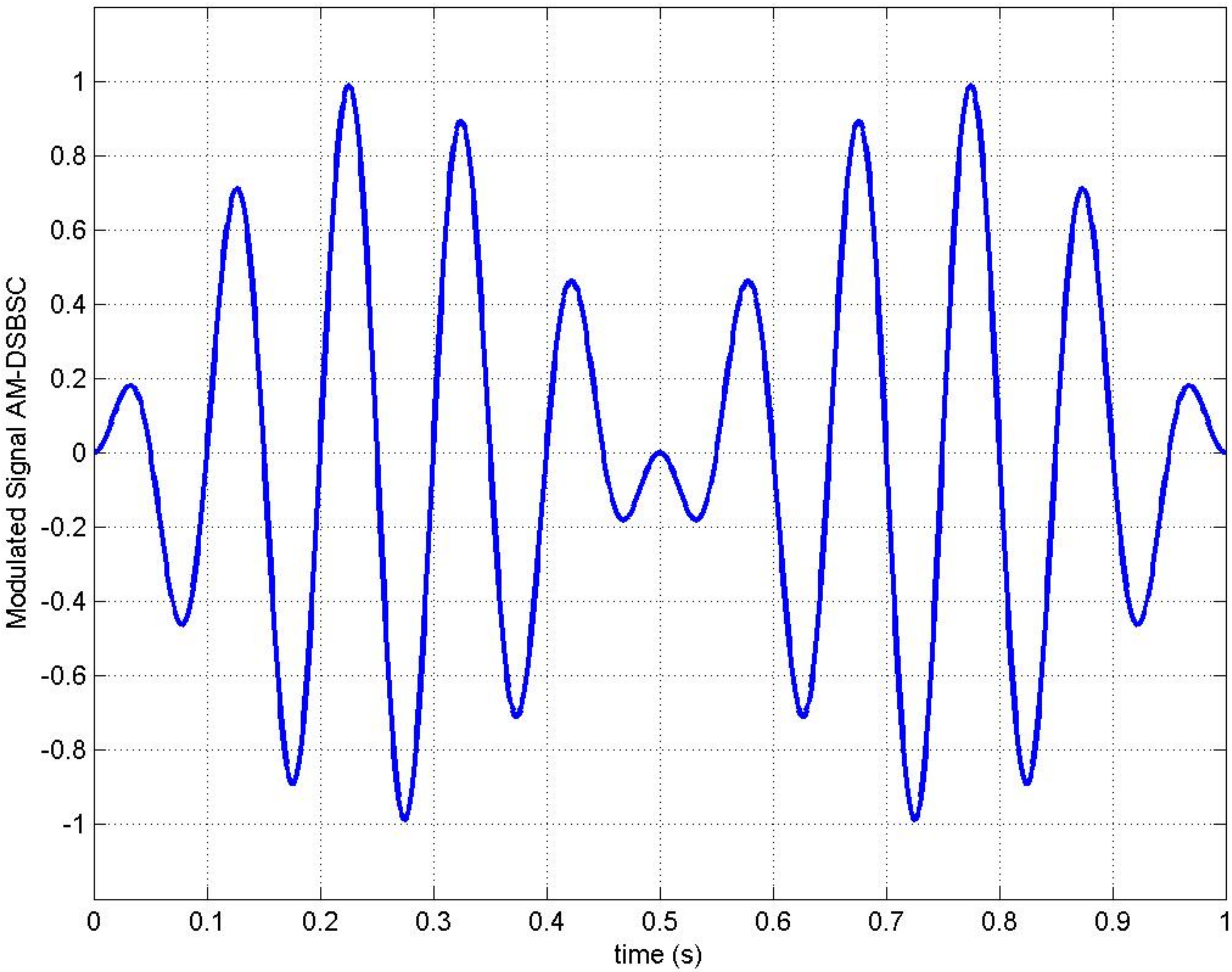
Disini kita akan membuat simulasimirip dengan kasus DSB-FC dimana frekuensi carier sebesar 10 kali frekuensi informasi.
Contoh Programnya seperti berikut….

```
%File Name: AM_DSBSC_01.m
clear all;
T=1000;
f1=1;
f2=10;
t=1/T:1/T:1;
s1=sin(2*pi*f1*t);
s2=sin(2*pi*f2*t);
AM_DSBSC=s1.*s2;
```

Gambaran dalam Domain Waktu

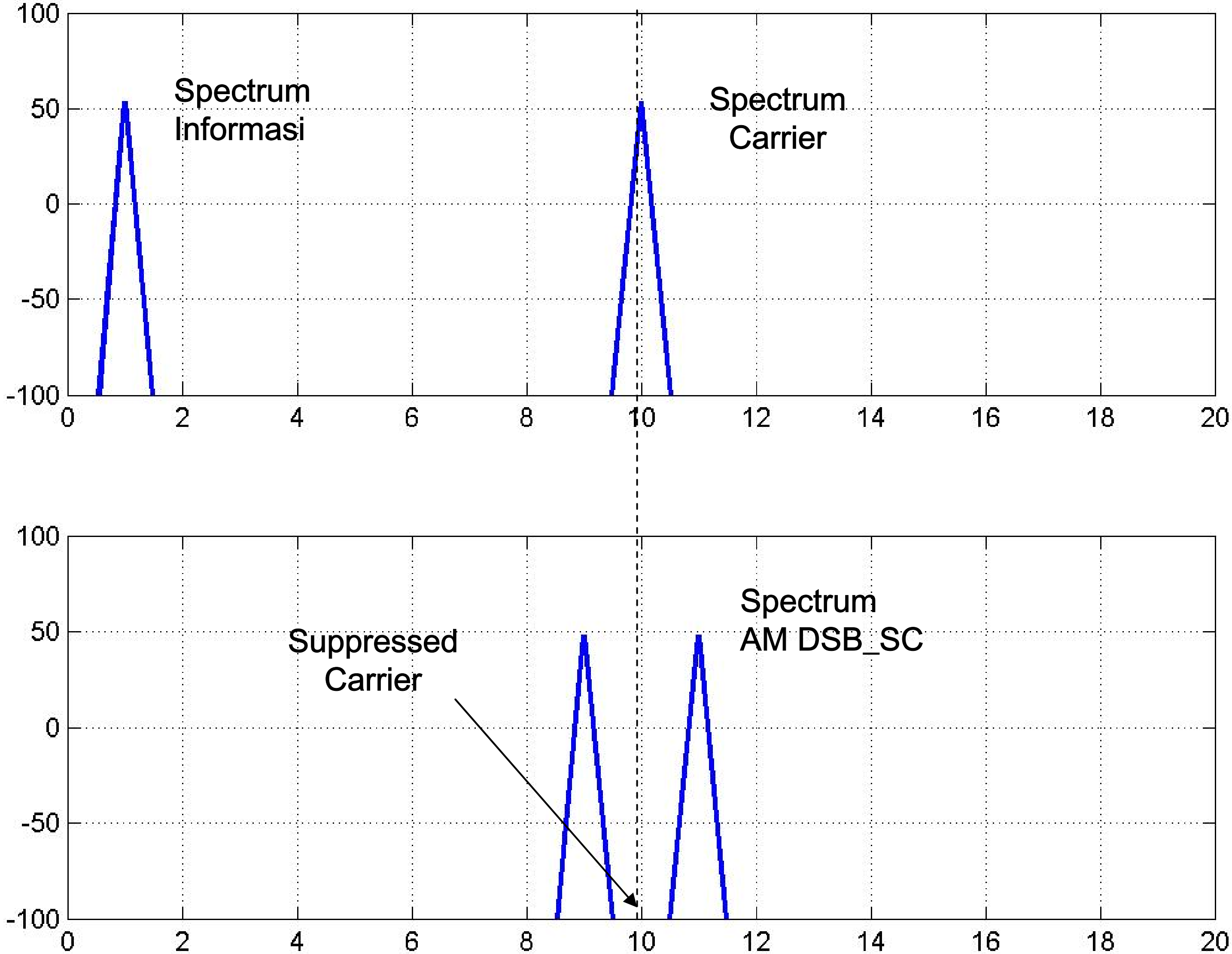


Gambar 4.28 Perbandingan Bentuk sinyal informasi dan sinyal carrier



Gambar 4.29 Gambaran bentuk sinyal DSB-FC

Gambaran dalam Domain Frekuensi



Gambar 4.30 Gambaran bentuk spektrum frekuensi sistem DSB-FC

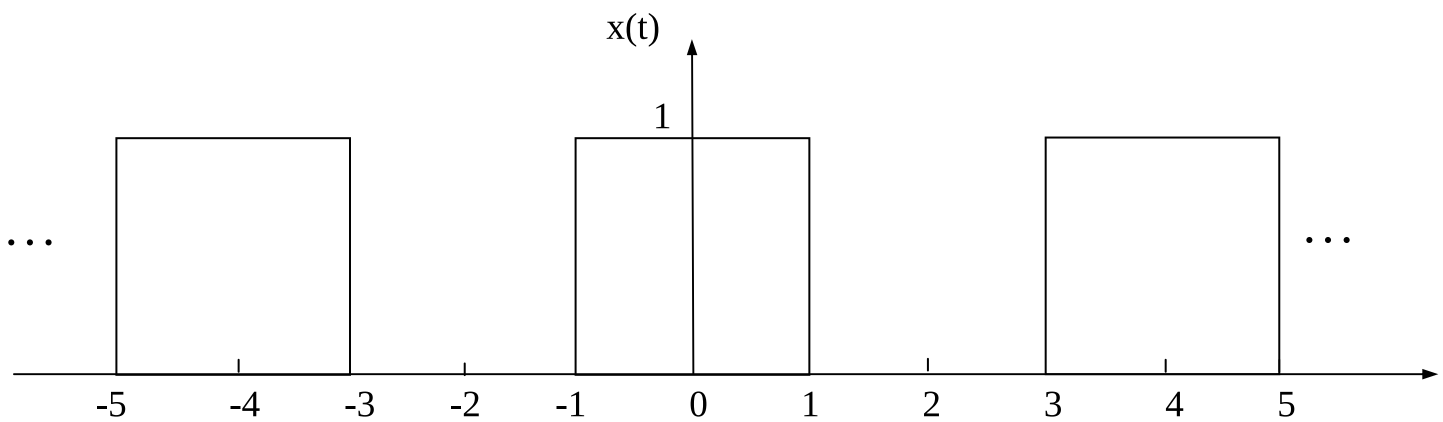
Soal Latihan

1. Cari bentuk transfromasi Fourier sinyal berikut ini:

a. 10 sin(2π100t)

b. 10 cos(2π100t)

2. Dapatkan bentuk transformasi Fourier dari gambar berikut



3. Cari sebuah rangkaian demodulasi amplitudo, sederhanakan dalam diagram blok dan coba jelaskan prinsip kerja dan gambaran sinyalnya dalam domain waktu dan domain frekuensi.