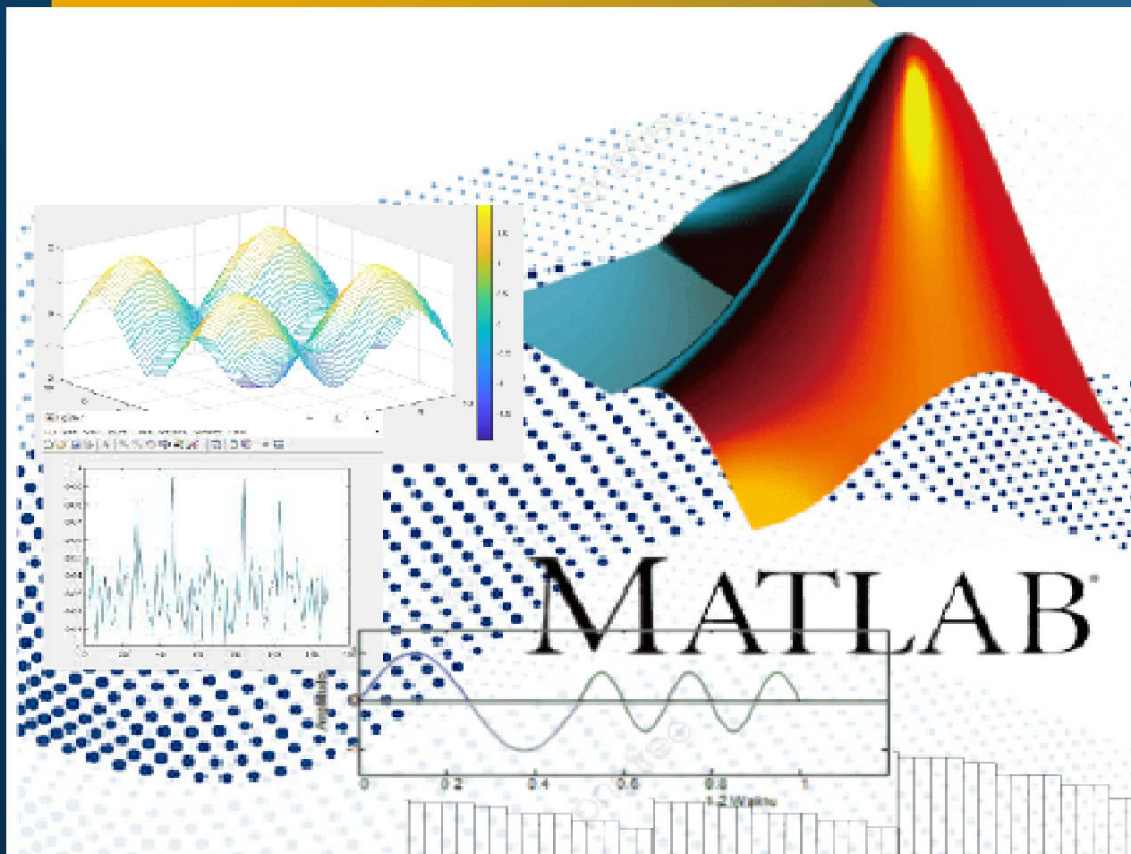




PRAKTIKUM SISTEM LINIER

Modul 1



**LABORATORIUM REKAYASA ELEKTRO LANJUT
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MULAWARMAN**

**SAMARINDA
2023**

I. Tujuan Instruksional Khusus:

- Setelah melakukan praktikum ini, diharapkan mahasiswa dapat membangkitkan beberapa jenis sinyal waktu kontinyu dasar yang banyak digunakan dalam analisa Sinyal dan Sistem.

II. Dasar Teori Sinyal

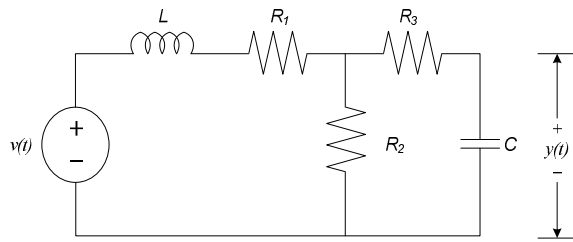
2.1. Konsep Dasar Tentang Sinyal

Sinyal merupakan sesuatu yang secara kuantitatif bisa terdeteksi dan digunakan untuk memberikan informasi yang berkaitan dengan fenomena fisik. Contoh sinyal yang kita temui dalam kehidupan sehari-hari, suara manusia, cahaya, temperatur, kelembaban, gelombang radio, sinyal listrik, dsb. Sinyal listrik secara khusus akan menjadi pembicaraan di dalam praktikum ini, secara normal diskpresikan di dalam bentuk gelombang tegangan atau arus. Dalam aplikasi bidang rekayasa, banyak sekali dijumpai bentuk sinyal-sinyal lingkungan yang dikonversi ke sinyal listrik untuk tujuan memudahkan dalam pengolahannya.

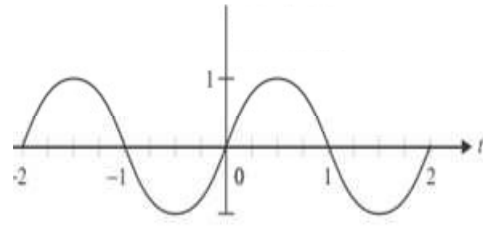
Secara matematik sinyal biasanya dimodelkan sebagai suatu fungsi yang tersusun lebih dari satu variabel bebas. Contoh variabel bebas yang bisa digunakan untuk merepresentasikan sinyal adalah waktu, frekuensi atau koordinat spasial. Sebelum memperkenalkan notasi yang digunakan untuk merepresentasikan sinyal, berikut ini kita mencoba untuk memberikan gambaran sederhana berkaitan dengan pembangkitan sinyal dengan menggunakan sebuah sistem.

Perhatikan Gambar 2.1, yang mengilustrasikan bagaimana sebuah sistem di bidang rekayasa (engineering) dan bentuk sinyal yang dibangkitkannya. Gambar 2.1a merupakan contoh sederhana sistem rangkaian elektronika yang tersusun dari sebuah kapasitor C , induktor L dan resistor R . Sebuah tegangan $v(t)$ diberikan sebagai input dan mengalir melalui rangkaian RLC, dan memberikan bentuk output berupa sinyal sinusoida sebagai fungsi waktu seperti pada Gambar 2.1b. Notasi $v(t)$ dan $y(t)$ merupakan variabel tak bebas, sedangkan notasi t merupakan contoh variabel bebas. Pada Gambar 2.1c merupakan sebuah ilustrasi proses perekaman menggunakan digital audio recorder. Sedangkan Gambar 2.1d adalah contoh sinyal output hasil perekaman yang disajikan di dalam bentuk grafik tegangan sebagai fungsi waktu.

Salah satu cara mengklasifikasi sinyal adalah dengan mendefinisikan nilai-nilainya pada variabel bebas t (waktu). Jika sinyal memiliki nilai pada keseluruhan waktu t maka didefinisikan sebagai sinyal waktu kontinyu atau continuous-time (CT) signal. Disisi lain jika sinyal hanya memiliki nilai pada waktu-waktu tertentu (diskrete), maka bisa didefinisikan sebagai sinyal waktu diskrit atau discrete-time (DT) signal.



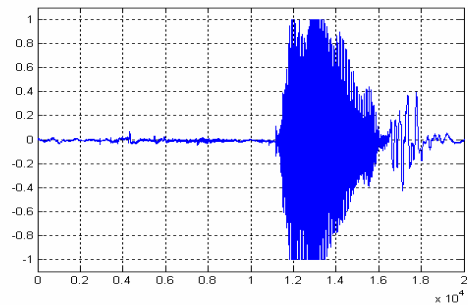
(a) Rangkaian RLC



(b) Sinyal output rangkaian RLC



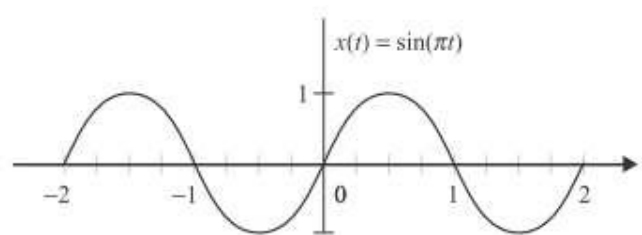
(c) Perekaman suara



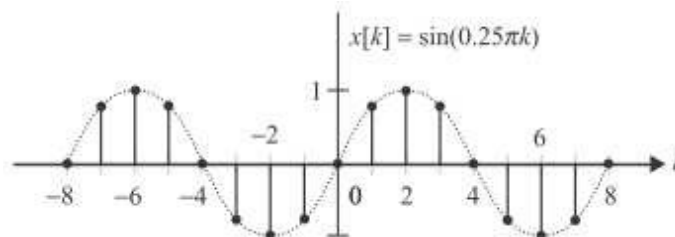
(b) Sinyal output perekaman

Gambar 2.1. Contoh gambaran sistem dan sinyal output yang dihasilkan

Contoh bentuk sinyal waktu kontinyu bisa dilihat seperti pada Gambar 2.2a, yang dalam hal ini memiliki bentuk sinusoida dan bisa dinyatakan dalam bentuk fungsi matematik $x(t) = \sin(\pi t)$. Sedangkan contoh sinyal waktu diskrit bisa dibentuk dengan menggunakan bentuk dasar sinyal yang sama, tetapi nilai-nilainya muncul pada setiap interval waktu $T = 0.25dt$, dengan bentuk representasi matematik sebagai berikut, $x[k] = \sin(0.25\pi k)$. Dan gambaran sinyal waktu diskrit pada sekuen dengan rentang waktu $-8 \leq k \leq 8$ bisa dilihat seperti pada Gambar 2.2b.



(a) Sinyal sinus waktu kontinyu



(b) Sinyal sinus waktu diskrit

Gambar 2.2. Sinyal waktu kontinyu dan sinyal waktu diskrit

2.2. Sinyal Waktu Kontinyu

Suatu sinyal $x(t)$ dikatakan sebagai sinyal waktu-kontinyu atau sinyal analog ketika dia memiliki nilai real pada keseluruhan rentang waktu t yang ditempatinya. $x(t)$ disebut sinyal waktu kontinyu, jika t merupakan variabel kontinyu. Sinyal waktu kontinyu dapat didefinisikan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$f(t) \in (-\infty, \infty) \quad (2-1)$$

Dimana $f(t)$ adalah variabel tidak bebas yang menyatakan fungsi sinyal waktu kontinyu sebagai fungsi waktu. Sedangkan t merupakan variabel bebas, yang bernilai antara $-\infty$ sampai $+\infty$ hingga $(+\infty)$.

Hampir semua sinyal di lingkungan kita ini merupakan sinyal waktu kontinyu. Berikut ini adalah yang sudah umum:

- Gelombang tegangan dan arus yang terdapat pada suatu rangkaian listrik
- Sinyal audio seperti sinyal bicara atau musik
- Sinyal bioelectric seperti electrocardiogram (ECG) atau electro encephalogram (EEG)
- Gaya-gaya pada torsi dalam suatu sistem mekanik
- Laju aliran pada fluida atau gas dalam suatu proses kimia

Sinyal waktu kontinyu memiliki bentuk-bentuk dasar yang tersusun dari fungsi dasar sinyal seperti fungsi step, fungsi ramp, sinyal periodik, sinyal eksponensial dan sinyal impulse.

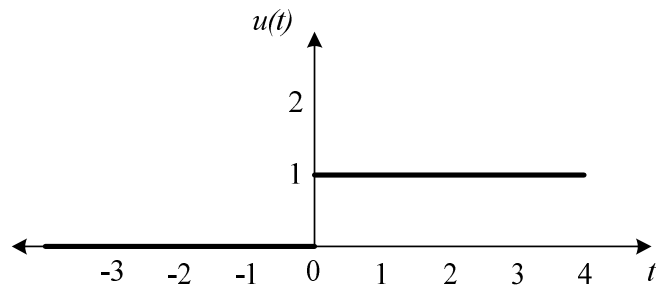
Fungsi Step

Dua contoh sederhana pada sinyal kontinyu yang memiliki fungsi *step* dapat diberikan seperti pada Gambar 2.3a. Sebuah fungsi *step* dapat diwakili dengan suatu bentuk matematis sebagai:

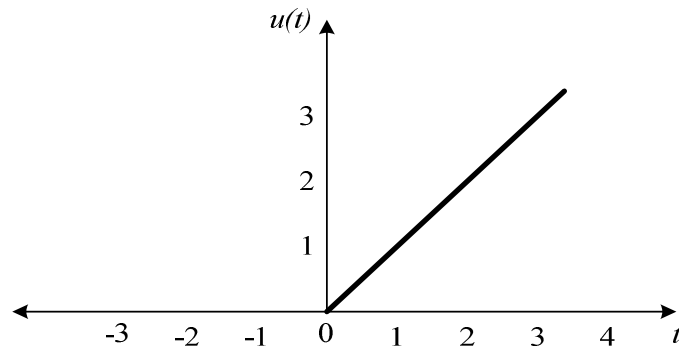
$$u(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (2-2)$$

Dimana t merupakan variabel bebas bernilai dari $-\infty$ sampai $+\infty$, dan $u(t)$ merupakan variabel tak bebas yang memiliki nilai 1 untuk $t \geq 0$, dan bernilai 0 untuk $t < 0$. Pada contoh tersebut fungsi step memiliki nilai khusus, yaitu 1 sehingga bisa disebut sebagai *unit step*. Pada kondisi real, nilai output $u(t)$ untuk $t \geq 0$ tidak selalu sama dengan 1, sehingga bukan merupakan unit step.

Untuk suatu sinyal waktu-kontinyu $x(t)$, hasil kali $x(t)u(t)$ sebanding dengan $x(t)$ untuk $t > 0$ dan sebanding dengan nol untuk $t < 0$. Perkalian pada sinyal $x(t)$ dengan sinyal $u(t)$ mengeliminasi suatu nilai *non-zero* (bukan nol) pada $x(t)$ untuk nilai $t < 0$.



(a) . Fungsi step dengan $u(t) = 1$, untuk $t \geq 0$



(b) . Fungsi ramp, dengan $r(t) = t$, untuk $t \geq 0$

Gambar 2.3. Fungsi step dan fungsi ramp

Fungsi Ramp

Fungsi ramp (tanjak) untuk sinyal waktu kontinyu didefinisikan sebagai berikut

$$r(t) = tu(t) = \begin{cases} t, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (2-3)$$

Dimana nilai t bisa bervariasi dan menentukan kemiringan atau *slope* pada $r(t)$. Untuk contoh diatas nilai r adalah 1, sehingga pada kasus ini $r(t)$ merupakan “*unit slope*”, yang mana merupakan alasan bagi $r(t)$ untuk dapat disebut sebagai *unit-ramp function*. Jika ada variable K sedemikian hingga membentuk $Kr(t)$, maka *slope* yang dimilikinya adalah K untuk $t > 0$. Suatu fungsi *ramp* diberikan pada Gambar 2.3b.

Sinyal Periodik

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

$$x(t + T) = x(t) \text{ untuk semua nilai } t, -\infty < t < \infty \quad (2-4)$$

Dalam hal ini jika $x(t)$ merupakan periodik pada periode T , ini juga periodik dengan qT , dimana q merupakan nilai integer positif. Periode fundamental merupakan nilai positif terkecil T untuk persamaan (2-5).

Suatu contoh sinyal periodik memiliki persamaan seperti berikut

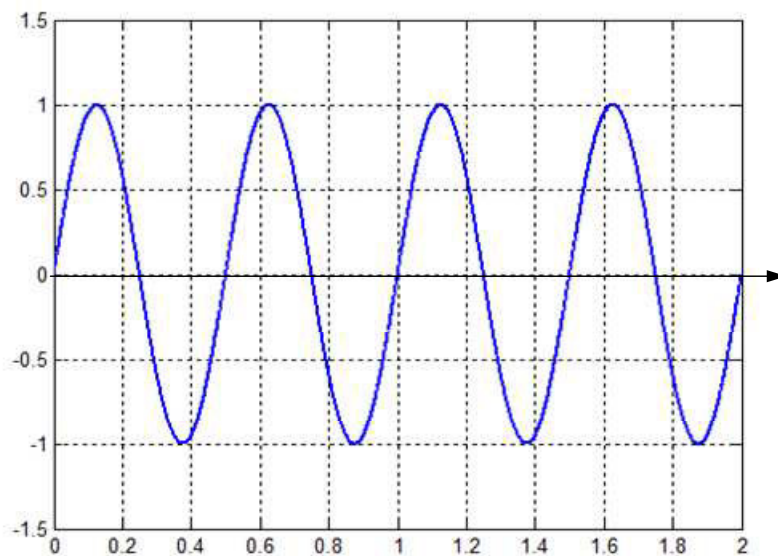
$$x(t) = A \cos(\omega t + \theta) \quad (2-5)$$

Dimana A adalah amplitudo, ω adalah frekuensi dalam radian per detik (rad/detik), dan θ adalah fase dalam radian. Frekuensi f dalam hertz (Hz) atau siklus per detik adalah sebesar $f = \omega/2\pi$.

Untuk melihat bahwa fungsi sinusoida yang diberikan dalam persamaan (5) adalah fungsi periodik, untuk nilai pada variable waktu t , maka:

$$A \cos \left[\omega \left(t + \frac{2\pi}{\omega} \right) + \theta \right] = A \cos(\omega t + 2\pi + \theta) = A \cos(\omega t + \theta) \quad (2-6)$$

Sedemikian hingga fungsi sinusoida merupakan fungsi periodik dengan periode $2\pi/\omega$, nilai ini selanjutnya dikenal sebagai periode fundamentalnya. Sebuah sinyal dengan fungsi sinusoida $x(t) = A \cos(\omega t + \theta)$ diberikan pada Gambar 2.4 untuk nilai $\theta = 0$, dan $f = 2$ Hz.



Gambar 2.4 Sinyal periodik sinusoida

Sinyal periodik bisa berbentuk sinyal rectangular, sinyal gigi gergaji, sinyal segituga, dsb. Bahkan pada suatu kondisi sinyal acak juga bisa dinyatakan sebagai sinyal periodik, jika kita mengetahui bentuk perulangan dan periode terjadinya perulangan pola acak tersebut. Sinyal acak semacam ini selanjutnya disebut sebagai sinyal semi acak atau sinyal pseudo random.

Sinyal Eksponensial

Sebuah sinyal waktu kontinyu yang tersusun dari sebuah fungsi eksponensial dan tersusun dari frekuensi komplek $s = \sigma + j\omega_0$, bisa dinyatakan sebagai berikut:

$$x(t) = e^{st} = e^{(\sigma + j\omega_0)t} = e^{\sigma t} (\cos \omega_0 t + j \sin \omega_0 t) \quad (2-7)$$

Sehingga sinyal waktu kontinyu dengan fungsi eksponensial bisa dibedakan dengan memilah komponen real dan komponen imajiner seperti berikut:

- komponen real $\text{Re}\{e^{st}\} = e^{\sigma t} \cos \omega_0 t$
- komponen imajiner $\text{Im}\{e^{st}\} = e^{\sigma t} \sin \omega_0 t$

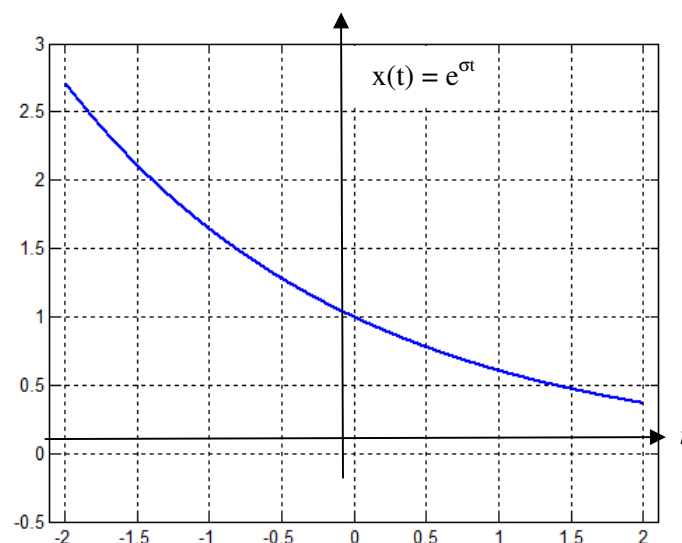
Tergantung dari kemunculan komponen real atau imajiner, dalam hal ini ada dua kondisi khusus yang banyak dijumpai pada sinyal eksponensial, yaitu

Kasus 1: Komponen imajiner adalah nol ($\omega_0 = 0$)

Tanpa adanya komponen imajiner, menyebabkan bentuk sinyal eksponensial menjadi seperti berikut

$$x(t) = e^{\sigma t} \quad (2-8)$$

Dimana $x(t)$ merepresentasikan sebuah nilai real pada fungsi eksponensial. Gambar 2.5 memberi ilustrasi nilai real pada fungsi eksponensial pada suatu nilai σ . Ketika nilai σ negatif ($\sigma < 0$), maka fungsi eksponensial menunjukkan adanya peluruhan nilai (decays) sesuai dengan kenaikan waktu t .



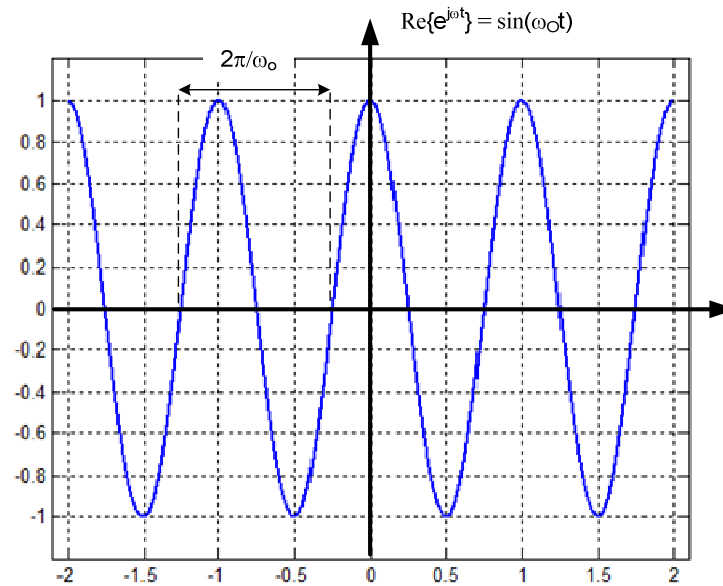
Gambar 2.5 Fungsi eksponensial dengan komponen frekuensi imajiner nol

Kasus 2: Komponen real adalah nol ($\sigma = 0$)

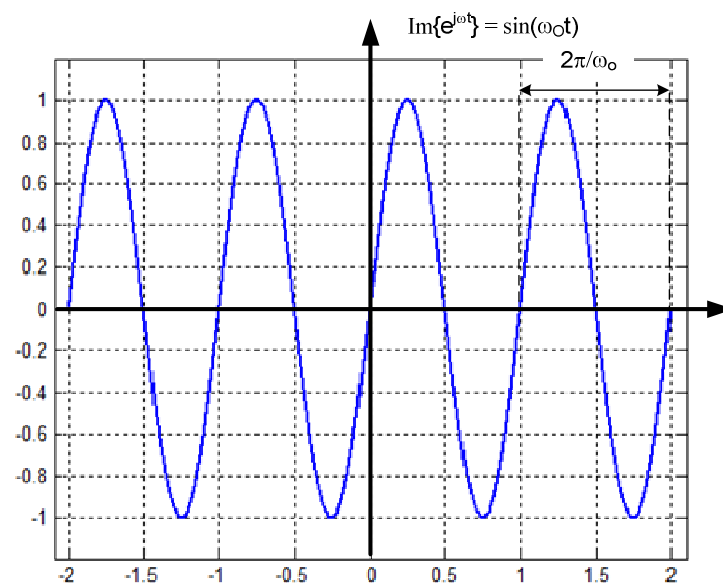
Ketika komponen real σ pada frekuensi kompleks s adalah nol, fungsi eksponensial bisa dinyatakan sebagai

$$x(t) = e^{j\omega_0 t} = \cos \omega_0 t + j \sin \omega_0 t \quad (2-9)$$

Dengan kata lain bisa dinyatakan bahwa bagian real dan imajiner dari eksponensial kompleks adalah sinyal sinusoida murni. Contoh sinyal eksponensial kompleks dengan komponen frekuensi real nol bisa dilihat seperti pada Gambar 2.5 berikut ini.



(a) Nilai real sinyal eksponensial kompleks



(b) Nilai imajiner sinyal eksponensial kompleks

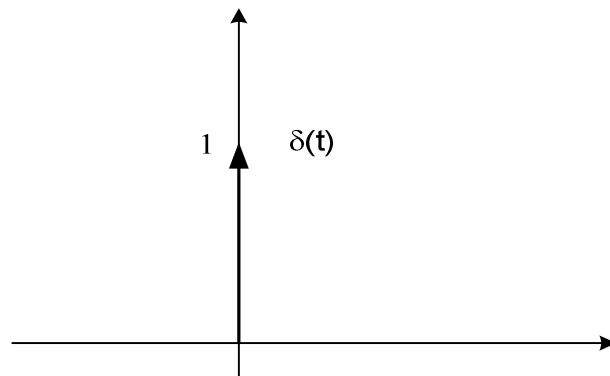
Gambar 2.5. Komponen real dan imajiner sinyal kompleks dengan frekuensi real nol

Sinyal Impuls

Sinyal impulse, dalam hal ini adalah fungsi unit impulse $\delta(t)$, yang juga dikenal sebagai fungsi Dirac delta atau secara lebih sederhana dinyatakan sebagai fungsi delta function, bisa didefinisikan di dalam terminologi 2 sifat berikut.

- Amplitudo $\delta(t) = 0, t \neq 0$
- Area sinyal tertutup $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$

Penggambaran secara langsung sebuah sinyal impulse pada sinyal waktu kontinu sebetulnya relatif sulit, yang paling umum digunakan adalah sebuah penyederhanaan. Dengan membentuk garis vertikal dengan panah menghadap ke atas seperti pada Gambar 2.6, diharapkan cukup untuk merepresentasikan sebuah sinyal yang memiliki durasi sangat sempit dan hanya muncul sesaat dengan nilai magnitudo sama dengan 1.



Gambar 2.6. Contoh sinyal impuls

III. Perangkat Yang Diperlukan

- 1 (satu) buah PC lengkap sound card dan OS Windows dan perangkat lunak Matlab
- 1 (satu) flash disk dengan kapasitas yang cukup

IV. Langkah Percobaan

4.1 Pembangkitan Sinyal Waktu Kontinu Sinusoida

Disini kita mencoba membangkitkan sinyal sinusoida untuk itu coba anda buat program seperti berikut:

```
Fs=100;  
t=(1:100)/Fs;  
s1=sin(2*pi*t*5);  
plot(t,s1)
```

Sinyal yang terbangkit adalah sebuah sinus dengan amplitudo $Amp = 1$, frekuensi $f = 5\text{Hz}$ dan fase awal $\theta = 0$. Diharapkan anda sudah memahami tiga parameter dasar pada sinyal sinus ini. Untuk lebih memahami coba lanjutkan dengan langkah berikut :

1. Lakukan perubahan pada nilai $s1$:

$$s1 = \sin(2\pi t \cdot 10);$$

Dan perhatikan apa yang terjadi, kemudian ulangi untuk mengganti angka 10 dengan 15, dan 20. Perhatikan apa yang terjadi, plot hasil percobaan anda.

2. Coba anda edit kembali program anda sehingga bentuknya persis seperti pada langkah1, kemudian lanjutkan dengan melakukan perubahan pada nilai amplitudo, sehingga bentuk perintah pada $s1$ menjadi:

$$s1 = 5 \cdot \sin(2\pi t \cdot 5);$$

Coba perhatikan apa yang terjadi? Lanjutkan dengan merubah nilai amplitudo menjadi 10, 15 dan 20. Apa pengaruh perubahan amplitudo pada bentuk sinyal sinus?

3. Kembalikan program anda sehingga menjadi seperti pada langkah pertama. Sekarang coba anda lakukan sedikit perubahan sehingga perintah pada $s1$ menjadi:

$$s1 = 2 \cdot \sin(2\pi t \cdot 5 + \pi/2);$$

Coba anda perhatikan, apa yang terjadi? Apa yang baru saja anda lakukan adalah merubah nilai fase awal sebuah sinyal dalam hal ini nilai $\theta = \pi/2 = 90^\circ$. Sekarang lanjutkan langkah anda dengan merubah nilai fase awal menjadi 45° , 120° , 180° , dan 270° . Amati bentuk sinyal sinus terbangkit, dan catat hasilnya. Plot semua gambar dalam satu figure dengan perintah subplot.

4.2 Pembangkitan Sinyal Waktu Kontinu Persegi

Disini akan kita bangkitkan sebuah sinyal persegi dengan karakteristik frekuensi dan amplitudo yang sama dengan sinyal sinus. Untuk melakukannya ikuti langkah berikut ini :

- 1.B uat sebuah m file baru kemudian buat program seperti berikut ini.

$$Fs = 100;$$

$$t = (1:100)/Fs;$$

$$s1 = \text{SQUARE}(2\pi \cdot 5 \cdot t);$$

$$\text{plot}(t, s1, 'linewidth', 2)$$

$$\text{axis}([0 \ 1 \ -1.2 \ 1.2])$$

Coba anda lakukan satu perubahan dalam hal ini nilai frekuensinya anda rubah menjadi 10 Hz, 15 Hz, dan 20 Hz. Apa yang anda dapatkan? Plot semua gambar dalam satu figure dengan perintah subplot.

3. Kembalikan bentuk program menjadi seperti pada langkah pertama, Sekarang coba anda rubah nilai fase awal menjadi menjadi 45° , 120° , 180° , dan 225° . Amati dan catat apa yang terjadi dengan sinyal persegi hasil pembangkitan. Plot semua gambar dalam satu figure dengan perintah subplot.

4.3. Pembangkitan Sinyal Dengan memanfaatkan file *.wav

Kita mulai bermain dengan file *.wav. Dalam hal ini kita lakukan pemanggilan sinyal audio yang ada dalam hardisk kita. Langkah yang kita lakukan adalah seperti berikut :

1. Anda buat m file baru, kemudian buat program seperti berikut :

```
y1=wavread('namafile.wav');  
Fs=10000;  
wavplay(y1,Fs,'async') % Memainkan audio sinyal asli
```

2. Cobalah untuk menampilkan file audio yang telah anda panggil dalam bentuk grafik sebagai fungsi waktu. Perhatikan bentuk tampilan yang anda lihat. Apa yang anda catat dari hasil yang telah anda dapatkan tsb?

4.4. Pembangkitan Sinyal Kontinyu Fungsi Ramp

Sebagai langkah awal kita mulai dengan membangkitkan sebuah fungsi ramp. Sesuai dengan namanya, fungsi ramp berarti adalah tanjakan seperti yang telah ditulis pada persamaan (3). Untuk itu anda ikuti langkah berikut ini. Buat program baru dan anda ketikkan perintah seperti berikut :

%Pembangkitan Fungsi Ramp

```
y(1:40)=1;  
x(1:50)=[1:0.1:5.9];  
x(51:100)=5.9;  
t1=[-39:1:0];  
t=[0:1:99];  
plot(t1,y,'b',t,x,'linewidth',4)  
title('Fungsi Ramp')  
xlabel('Waktu (s)')  
ylabel('Amplitudo')
```

V. Tugas Selama Praktikum

1. Jawablah setiap pertanyaan yang ada pada setiap langkah percobaan tersebut diatas.
 2. Buatlah program untuk menggambarkan “fungsi unit step” dalam m-file (beri nama tugas_1.m).
 3. Anda buat pembangkitan sinyal eksponensial dengan suatu kondisi frekuensi realnya adalah nol, dan satu program lain dimana frekuensi imajineranya nol.
 4. Buat pembangkitan sinyal impuls dengan suatu kondisi sinyal terbangkit bukan pada waktu $t = 0$. Dalam hal ini anda bisa membangkitkan pada waktu $t = 1$ atau 2, atau yang lainnya.
-