

PENGOLAHAN SINYAL DIGITAL

MODUL PRAKTIKUM



INDAH VUSVITA SARI, M.T.



**POLITEKNIK NEGERI MEDAN
2024**

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah Modul Ajar yang berjudul Praktikum Pengolahan Sinyal Digital dapat tersusun. Modul ini membahas aplikasi program MATLAB untuk membuktikan teori dan pengolahan sinyal. Buku ini terdiri atas 4 modul. Modul 1 membahas tentang pembangkit sinyal dengan harapan mahasiswa mampu membangkitkan sinyal konius dan diskrit menggunakan Matlab. Modul 2 membahas proses sampling dari sinyal analog menjadi digital. Modul 3 membahas tentang pembangkit sinyal nada pada Matlab dan modul 4 membahas operasi dasar dari sinyal diskrit.

Mahasiswa yang mempelajari buku ini adalah yang telah mengambil/mengikuti mata kuliah sistem dasar telekomunikasi. Dengan mempraktekkan simulasi pengolahan sinyal khususnya dalam bidang telekomunikasi dengan program Matlab maka diharapkan mahasiswa memperoleh tidak hanya kemampuan teoritis tetapi juga mendapatkan kemampuan praktek secara simulasi. Semoga buku Modul Ajar ini bermanfaat, saran, kritik dan masukan untuk perbaikan pada buku ini kami sampaikan terima kasih.

Medan, 04 November 2024

Penyusun

Daftar Isi

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Modul 1 Pembangkit Sinyal	1
Modul 2 Sampling dan Aliasing	7
Modul 3 Pembangkit Nada Menggunakan Matlab	12
Modul 4 Operasi Dasar Sinyal	15

Modul 1 Pembangkitan Sinyal

1.1 Tujuan

Mahasiswa mampu untuk:

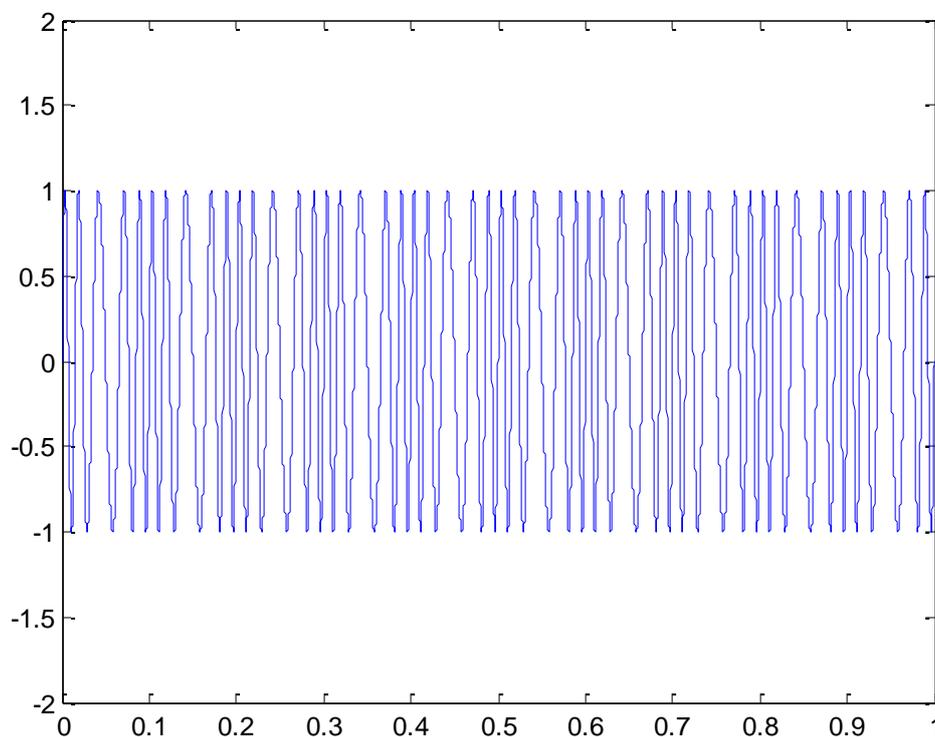
Membangkitkan beberapa bentuk sinyal yang banyak digunakan dalam analisa sinyal, secara visual menggunakan Matlab M-file.

1.2 Alat yang digunakan

PC yang telah diinstal Software Matlab

1.3 Teori

Sinyal adalah suatu besaran fisik yang berubah terhadap waktu, ruang atau suatu variabel/variabel jamak yang bebas. Karenanya sinyal dapat diukur. Untuk proses pemodelan, sinyal dimodelkan menggunakan persamaan matematika dengan satu (atau lebih) variable bebas.



Gambar 1.1 Sinyal FM

Sinyal dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria, yaitu sinyal kontinyu dan sinyal diskrit, sinyal tunggal dengan sinyal jamak, sinyal deterministik dan sinyal random.

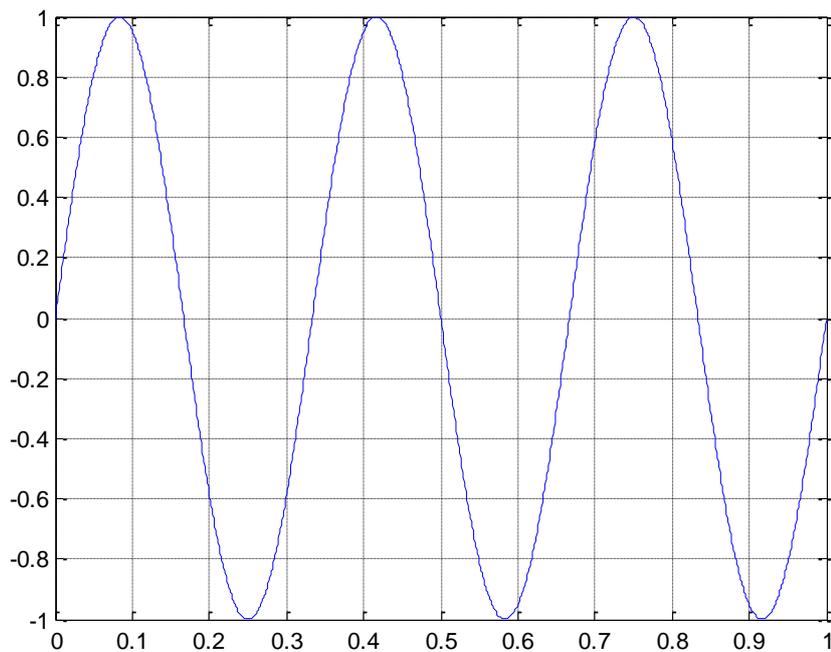
1.4 Langkah percobaan

1. Sinyal Sinusoidal

a. Ketiklah instruksi berikut ini dalam M-file editor

```
Fs=1000;  
F=3;  
A=1;  
Theta=0;  
t=linspace(0,1,Fs);  
y=A*sin(2*pi*t*F+Theta);  
plot(t,y);  
grid;
```

ketika program dijalankan akan tampil gambar sebagai berikut:



Gambar 1.2 Gambar sinyal sinus dengan frekuensi 3 Hz.

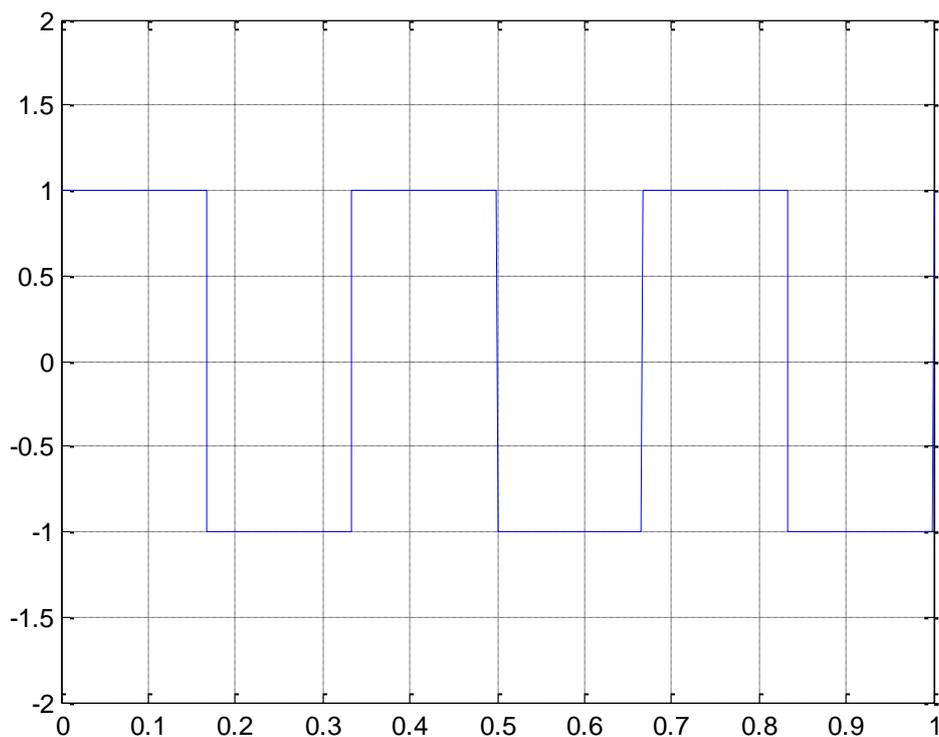
- Ubahlah program di atas dengan mengganti nilai $F = 6, 9, 12$, kemudian amatilah masing-masing perubahannya.
- Ubahlah program di atas dengan mengganti nilai $A = 0.5; 2, 3$, kemudian amatilah masing-masing perubahannya.
- Ubahlah program di atas dengan mengganti nilai $\text{Theta} = \pi/8, \pi/4, \pi/2$, kemudian amatilah masing-masing perubahannya.

2. Sinyal Gelombang Kotak

a. Ketiklah instruksi berikut ini editor M-File

```
Fs=1000;  
F=3;  
A=1;  
Theta=0;  
t=linspace(0,1,Fs);  
y=A*square(2*pi*t*F+Theta);  
plot(t,y);  
axis([0 1 -(A+1) (A+1)]);  
grid;
```

ketika program dijalankan, akan muncul gambar seperti berikut



Gambar 1.3 Sinyal gelombang kotak dengan frekuensi 3 Hz.

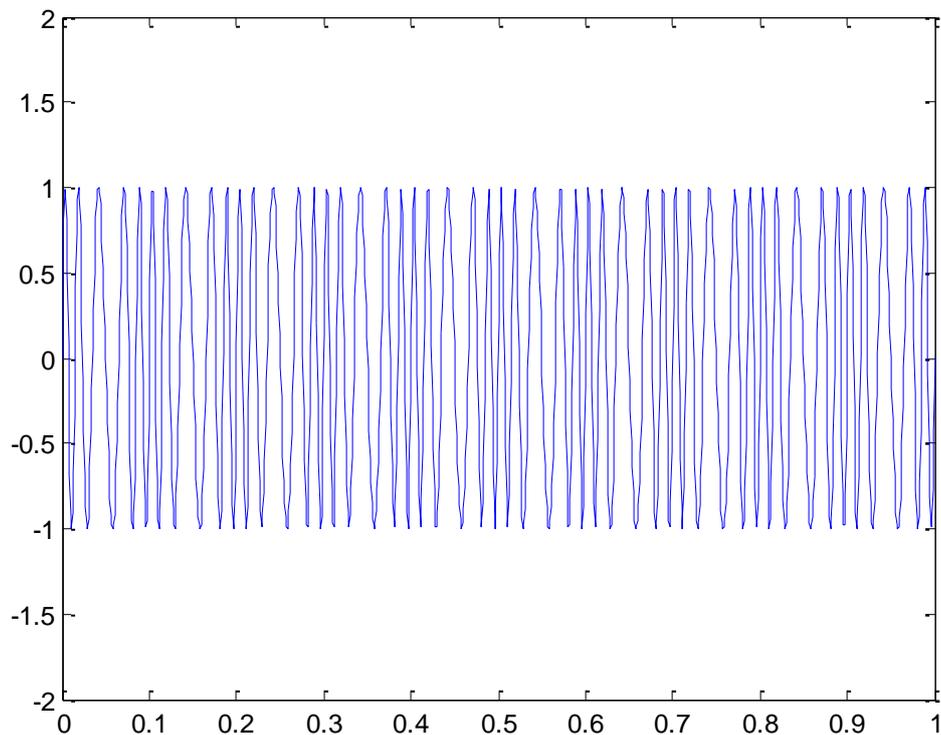
- Ubahlah program di atas dengan mengganti nilai $F = 6, 9, 12$, kemudian amatilah masing-masing perubahannya.
- Ubahlah program di atas dengan mengganti nilai $A = 0.5; 2, 3$, kemudian amatilah masing-masing perubahannya.
- Ubahlah program di atas dengan mengganti nilai $\text{Theta} = \pi/8, \pi/4, \pi/2$, kemudian amatilah masing-masing perubahannya

3. Sinyal Jamak (kasus pada sinyal FM)

a. Ketiklah instruksi berikut menggunakan editor M-file.

```
clear all;  
Fs=1000;  
Fm=10;  
Fc=50;  
m=2;  
t=linspace(0,1,Fs);  
y=sin(2*pi*Fm*t);  
y2=sin(2*pi*Fc*t+m.*y);  
figure;  
plot(t,y2);  
axis([0 1 -2 2]);
```

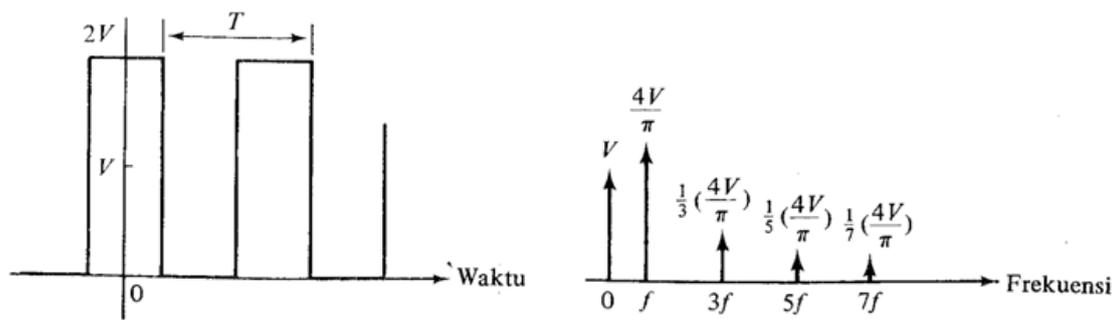
Gambar berikut adalah hasil eksekusi dari program di atas



Gambar 1.4 Sinyal jamak (pada sinyal FM).

- Ubahlah program di atas dengan nilai F_m tetap 10, sedangkan $F_c=10, 20, 40, 50,$ dan 60. Amatilah masing-masing perubahannya.
- Ubahlah program di atas dengan nilai F_m tetap 10, $F_c= 50,$ sedangkan $m=0.5; 1;$ 1.5 dan 2. Kemudian amatilah masing-masing perubahannya.

4. Sinyal jamak dari sinyal-sinyal sinusoida



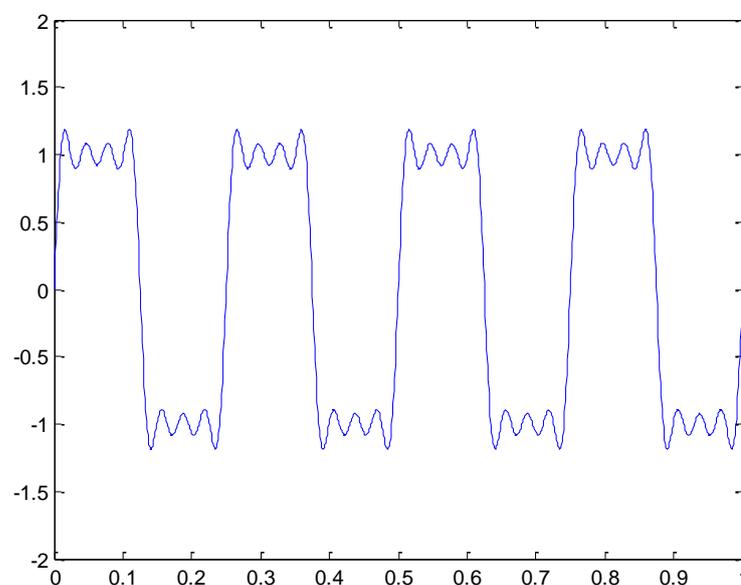
Gambar 1.5 Sinyal gelombang kotak dengan spektrumnya

Berdasar gambar 1.5, maka gelombang kotak dapat dibentuk dari gelombang/sinyal penyusunnya, dengan ketentuan (frekuensi dan amplitudo) seperti pada gambar. Demikian juga dengan gelombang gigi gergaji, segitiga dan lainnya.

a. Ketiklah instruksi berikut menggunakan editor M-file

```
clear all;
Fs=1000;
F=4;
t=linspace(0,1,Fs);
y1=(4/pi)*sin(2*pi*F*t);
y2=(4/(3*pi))*sin(2*pi*(3*F)*t);
y3=(4/(5*pi))*sin(2*pi*(5*F)*t);
y4=(4/(7*pi))*sin(2*pi*(7*F)*t);
y=y1+y2+y3+y4;
figure;
plot(t,y);
axis([0 1 -2 2]);
```

Ketika program diatas dieksekusi, maka akan dihasilkan gambar berikut



Gambar 1.6 Gelombang kotak dari 5 sinyal gelombang sinus

- b. Ubahlah program diatas dengan menambah banyaknya gelombang sinus hingga 20 buah sinyal (dengan ketentuan amplitudo dibagi dengan bilangan ganjil, sedangkan frekuensinya adalah kelipatan ganjil), amatilah hasilnya

1.5 Tugas

1. Buatlah program menggunakan M-file, untuk membangkitkan gelombang AM dan on-off keying.
2. Modifikasilah program pada bagian 4.a dengan amplitudo ($1/2, 1/3, 1/4, \dots, 1/20$) frekuensi sinyal-sinyal berubah seperti deret hitung ($F, 2F, 3F, 4F, \dots, 20F$). Sinyal apakah yang muncul?
3. Seperti pada nomor 2, sinyal dan amplitudonya berubah dengan kelipatan genap hingga sinyal dengan frekuensi 40 kalinya. Sinyal apakah yang muncul?

Modul 2 Sampling dan Aliasing

2.1 Tujuan

Mahasiswa mampu untuk:

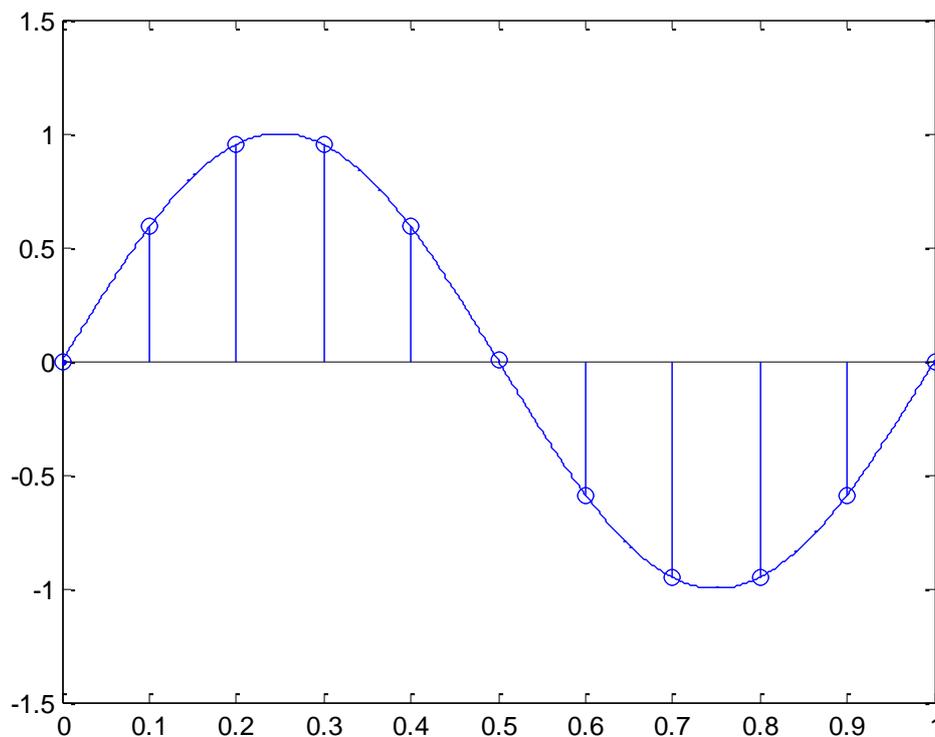
Mensimulasikan proses sampling sinyal dan aliasing dalam pengolahan sinyal menggunakan Matlab M-file.

2.2 Alat yang digunakan

PC yang telah diinstal Software Matlab dan perangkat audio input output.

2.3 Teori

Sampling sinyal adalah proses mengambil nilai amplitude sinyal untuk proses konversi menjadi data digital. Secara riil, proses ini terjadi dalam blok ADC. Secara umum proses sampling ini dilakukan dalam jeda waktu yang tetap (dalam kasus khusus, sampling dapat dilakukan dengan multirate). Sinyal yang tersampling akan memiliki spektrum sinyal informasi dan frekuensi sampling. Harmonik dari proses sampling ini akan muncul dalam spektrum. Berdasarkan syarat nyquist yaitu frek sampling harus lebih dari 2x frekuensi maksimum sinyal informasi, dikarenakan untuk meminimalkan gangguan dari sinyal harmonik.



Gambar 2.1 Sinyal 1 Hz disampling dengan frekuensi 10 Hz.

Aliasing adalah hasil teramatinya sinyal baru yang berbeda frekuensi dari sinyal aslinya, karena kecepatan sampling yang terlalu rendah, (lebih kecil dari $2x$ frek maksimum sinyal). Misalkan, sinyal informasi adalah 20 Hz, ketika disampling dengan frekuensi 30 Hz, maka ketika sinyal hasil sampling direkonstruksi akan terlihat sebagai sinyal dengan frekuensi 10 Hz.

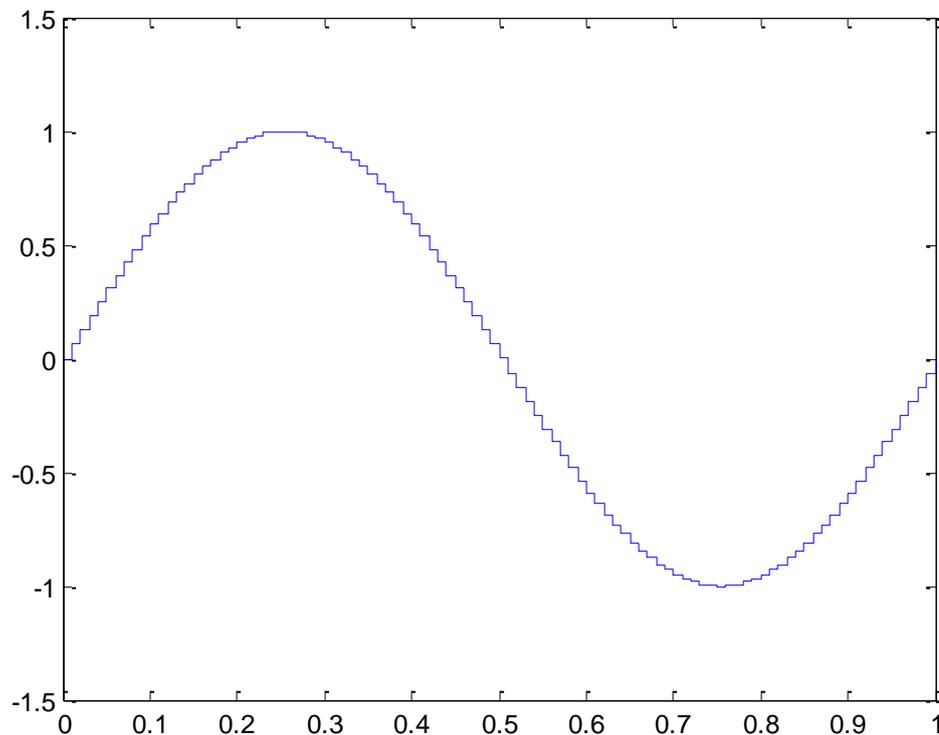
2.4 Langkah percobaan

1. Efek sampling ($F_s \gg 2x f_i$)

- Ketuklah instruksi berikut ini dalam M-file editor

```
clear;  
fs=100;  
t=0:1/fs:1;  
f=1;  
y=sin(2*pi*f*t);  
stairs(t,y);  
axis([0 1 -1.5 1.5]);
```

Ketika program dijalankan, akan tampil gambar berikut



Gambar 2.2 Sinyal 1 Hz disampling dengan frekuensi 100 Hz.

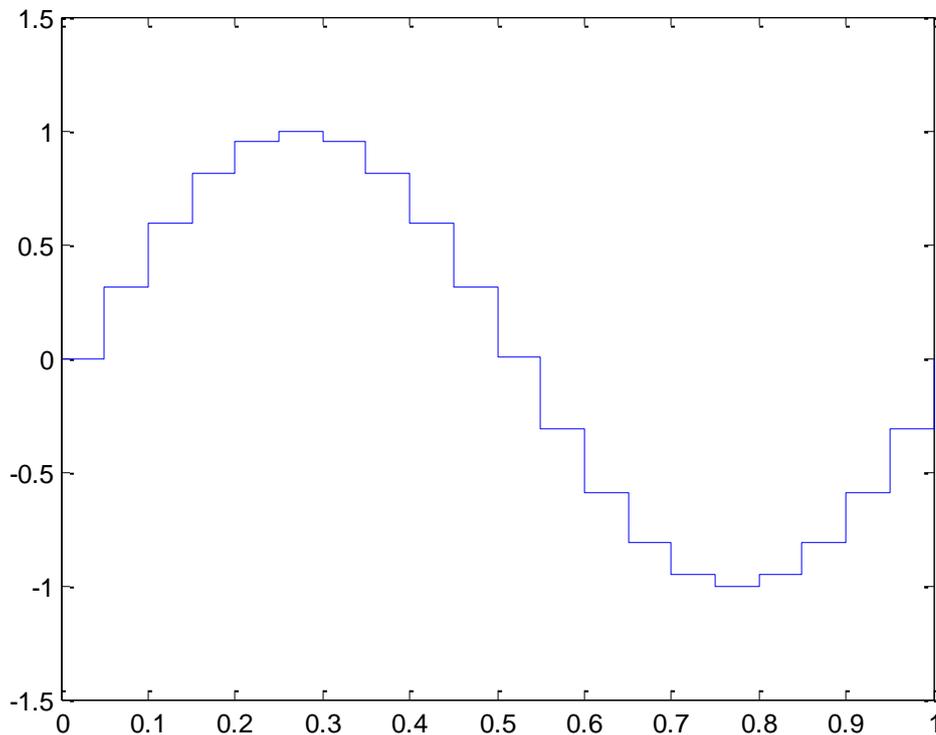
- b. Ubahlah program di atas dengan mengganti nilai $f_s = 50, 25, 10, 5$ dan 3 Hz. Kemudian amatilah masing-masing perubahannya.

2. Aliasing

- a. Ketiklah instruksi berikut ini dalam M-file editor

```
clear;  
fs=20;  
t=0:1/fs:1;  
f=1;  
y=sin(2*pi*t);  
stairs(t,y);  
axis([0 1 -1.5 1.5]);
```

ketika program dijalankan akan tampil gambar sebagai berikut:



Gambar 2.4 Gambar sinyal sinus 1 Hz disampling dengan frekuensi 20 Hz.

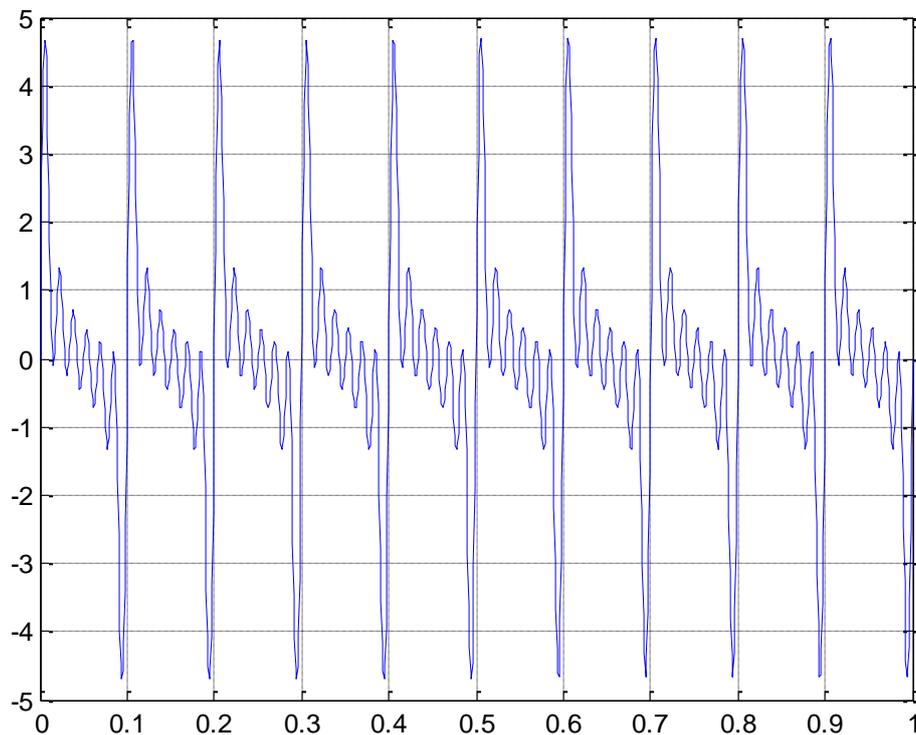
- b. Ubahlah program di atas dengan mengganti nilai $f = 2, 5, 10, 15$ dan 18 Hz. Kemudian amatilah masing-masing perubahannya.

3. Sampling sinyal jamak

a. Ketiklah instruksi berikut dalam M-file editor.

```
clear;  
f=10;  
fs=1000;  
t=0:1/fs:1;  
y1=sin(2*pi*f*t);  
y2=sin(2*pi*2*f*t);  
y3=sin(2*pi*3*f*t);  
y4=sin(2*pi*4*f*t);  
y5=sin(2*pi*5*f*t);  
y6=sin(2*pi*6*f*t);  
y=y1+y2+y3+y4+y5+y6;  
plot(t,y);
```

Ketika dijalankan akan muncul gambar berikut:



Gambar 2.5 Gambar sinyal jamak (spektrumnya lebih dari satu frekuensi).

b. Ketiklah program berikut dalam M-file editor

```
clear;  
f=10;  
fs=500; % <----- diubah  
t=0:1/fs:1;  
y1=sin(2*pi*f*t);  
y2=sin(2*pi*2*f*t);  
y3=sin(2*pi*3*f*t);  
y4=sin(2*pi*4*f*t);
```

```
y5=sin(2*pi*5*f*t);  
y6=sin(2*pi*6*f*t);  
y=y1+y2+y3+y4+y5+y6;  
stairs(t,y); < ----- Diubah
```

eksekusilah program di atas, bandingkan dengan gambar 2.5.

- c. Ubahlah nilai fs menjadi 400 Hz, dan 300 Hz pada program langkah 3.b, bandingkan gambarnya dengan gambar 2.5

4. Pengaruh Fs terhadap perekaman suara

Dalam praktikum ini, diperlukan audio sistem (komputer harus dilengkapi dengan soundcard, mikrofon dan loudspeaker)

- a. Siapkan sumber suara (misalkan musik dari Handphone) yang didekatkan ke mikrofon, kemudian ketiklah instruksi berikut pada command window,

```
Fs=44000;  
y=wavrecord(15*Fs, Fs, 'int16');
```

Tunggulah hingga kursornya muncul di command window matlab.

Kemudian ketik instruksi berikut

```
wavplay(y, Fs);
```

maka akan terdengar di speaker suara selama kurang lebih 15 detik.

- b. Lakukanlah langkah-langkah seperti pada 3.1, dengan Fs yang diubah menjadi 30000, 20000, 10000 dan 5000, kemudian dengarkan masing-masing suaranya, dan simpulkan.

2.5 Tugas

Jelaskan perbedaan masing-masing hasil tampilan pada tiap langkah percobaan. Penjelasan disertai gambar.

Modul 3

Pembangkitan Nada Menggunakan Matlab

3.1 Tujuan

Mahasiswa mampu untuk:

Membangkitkan sinyal suara (nada) menggunakan Matlab M-file.

3.2 Alat yang digunakan

PC yang telah diinstal Software Matlab dan perangkat audio

3.3 Teori

Suara adalah gelombang mekanik yang dihasilkan oleh getaran dari sumber yang diteruskan oleh media yang dapat dilaluinya sebagai penghantar getaran. Ketika loud speaker menjadi sumber bunyi, maka getaran dari membran loud speaker adalah berasal dari sinyal listrik yang diubah menjadi getaran karena adanya interaksi coil dan medan magnet.

Matlab memiliki fungsi untuk mengeluarkan bunyi melalui soundcard. diantaranya instruksinya adalah:

```
sound, wavplay
```

Dengan instruksi `sound`, kita dapat membunyikan nada dari persamaan sinusoidal, misalkan kita ingin membunyikan nada dengan frekuensi 440 Hz, maka deretan instruksinya adalah

```
fs=8000;  
t=0:1/fs:1;  
v=sin(2*pi*440*t);  
sound(v, fs);
```

Tabel 3.1 Perbandingan nada dalam 1 oktaf

Nada	C	D	E	F	G	A	B	C'
Rasio	24	27	30	32	36	40	45	48
Frek	264	297	330	352	396	440	495	528

Dengan menyusun urutan nada menggunakan Tabel 3.1 maka dapat disusun suatu lagu. Dalam sistem telekomunikasi, telah dikenal istilah DTMF yang digunakan sebagai nada panggil. DTMF (Dual One Multiple Frequency) adalah sinyal yang terdiri dari dua nada yang telah distandarkan. Nada ini dibangkitkan dengan menekan tombol keypad, tiap keypad memiliki paduan dua nada yang berbeda, seperti yang disajikan pada table 3.2.

Tabel 3.2 Matriks frekuensi pada DTMF

697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D
Freq (Hz)	1209	1336	1477	1633

Jika tombol 1 ditekan maka akan dibangkitkan sinyal dengan frekuensi 697 Hz dan 1209 Hz secara simultan.

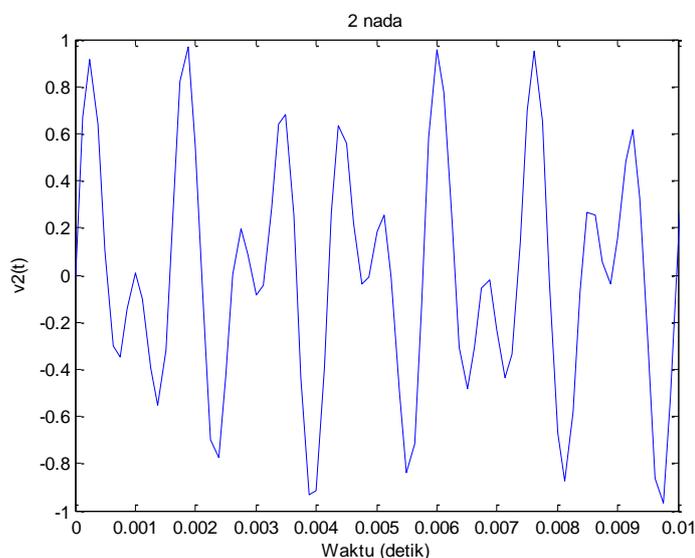
3.4 Langkah percobaan

5. Efek sampling ($F_s \gg 2x F_i$)

- a. Ketiklah instruksi berikut ini dalam M-file editor (membangkitkan DTMF tombol 1)

```
fs = 8000;
t = 0:1/fs:1;
v = .5*sin(2*pi*697*t);
v2 = v+.5*sin(2*pi*1209*t);
sound(v2, fs);
plot(t, v2);
title('2 nada');
axis([0 .01 -1 1]);
xlabel('Time (sec)');
ylabel('v2(t)');
```

Ketika program dijalankan, akan muncul suara (untuk tombol 1) serta tampil gambar berikut.



Gambar 2.1 Sinyal DTMF untuk tombol 1.

- b. Ubahlah program di atas untuk membangkitkan sinyal DTMF masing-masing tombol (2 – 9, 0).

6. Membunyikan Lagu

- a. Ketiklah instruksi berikut ini dalam M-file editor

```
fs=8000; % frekuensi sampling 8kHz
t=0:1/fs:0.25; % panjang not ¼ detik
t2=0:1/fs:0.5; %panjang not 0.5 detik;
c=sin(2*pi*262*t2); % nada c 0.5 detik
d=sin(2*pi*294*t); % nada d
e=sin(2*pi*330*t2); % nada e 0.5 detik
f=sin(2*pi*349*t2); % nada f 0.5 detik
g=sin(2*pi*392*t); % nada g
a=sin(2*pi*440*t2); % nada a 0.5 detik
a1=sin(2*pi*440*t); % nada a
b=sin(2*pi*494*t2); % nada b 0.5 detik
b1=sin(2*pi*494*t); % nada b
C=sin(2*pi*523*t); % nada C
D=sin(2*pi*588*t); %nada D
nol=zeros(size(t)); % spasi kosong
magnum=[e,g,c,nol,a,C,f,nol,b,C,D,C,nol,nol,...
e,g,c,nol,a,C,f,nol,a1,b1,g,a1,b1,D,C,nol];
sound(magnum,fs); % mainkan pada fs 8kHz
wavwrite(magnum,'magnum.wav'); % simpan ke file WAV
```

Ketika program di atas dieksekusi maka akan terdengar suatu lagu, dan ketika selesai lagu tersebut tersimpan dalam file ‘magnum.wav’

- b. Putarlah file magnum.wav dengan menggunakan software pemutar musik, amatilah bunyinya.
- c. Ubahlah program di atas dengan mengganti nilai $fs = 1000, 2000, 4000$ kemudian amatilah masing-masing perubahannya.

3.5 Tugas

1. Buatlah program M-file untuk membangkitkan nada panggil nomor HP masing-masing. Ubah frekuensi sampling menjadi up dan down sampling. Amati perubahan nadanya.
2. Buatlah program M-file untuk membangkitkan 1 full lagu (pilih sendiri lagu yang Anda buat). Sesuaikan frekuensi sampling sehingga nada menjadi jelas didengar.

Modul 4 Operasi Dasar Sinyal

4.1 Tujuan

Mahasiswa mampu untuk:

Menunjukkan proses-proses aritmatika sinyal dan menerapkan sebagai proses dasar dari pengolahan sinyal.

4.2 Alat yang digunakan

PC yang telah diinstal Software Matlab

4.3 Teori

Pergeseran

Operasi ini disebut dengan shift atau delay. Pergeseran biasanya digunakan untuk melakukan normalisasi sinyal, misalnya menyamakan lokasi peak atau menyamakan baseline (garis dasar sinyal).

Rumus umum dari operasi pergeseran untuk kearah samping kanan dan kiri atau sering disebut dengan shiftX adalah :

Sinyal Asli $x(n)$

Sinyal Percepatan \rightarrow geser ke kiri $h(n) = x(n - 1)$

Sinyal perlambatan \rightarrow geser ke kanan $h(n) = x(n+1)$

Pencerminan

Operasi ini disebut dengan refleksi dan biasanya digunakan untuk melakukan operasi konvolusi atau melakukan tracer baris dari sebuah sinyal.

Sinyal Asli $x(n)$

Sinyal Refleksi \rightarrow sumbu Y $h(n) = x(-n)$

Penjumlahan dua buah sinyal

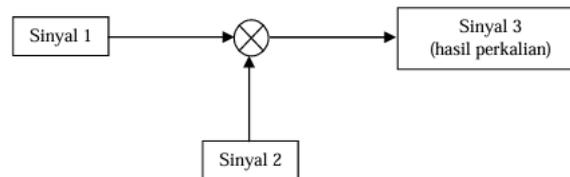
Proses penjumlahan sinyal seringkali terjadi pada peristiwa transmisi sinyal melalui suatu medium. Sinyal yang dikirimkan oleh pemancar setelah melewati medium tertentu akan mendapat pengaruh kanal yaitu dapat menaikkan level tegangan atau menurunkan level tegangan tergantung komponen yang dijumlahkan. Sehingga pada bagian penerima akan mendapatkan sinyal sebagai hasil jumlahan sinyal asli dari pemancar dengan sinyal yang terdapat pada kanal tersebut.

Secara matematis dapat diberikan sebagai berikut:

$$y(n) = x_1(n) + x_2(n)$$

Perkalian dua buah sinyal

Pada rangkaian mixer, operasi perkalian merupakan bentuk standar yang seringkali dijumpai. Bentuk diagram blok operasi perkalian dua buah sinyal dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Operasi Perkalian Dua Sinyal

Secara matematis dapat diberikan sebagai berikut:

$$y(n) = x_1(n) \cdot x_2(n)$$

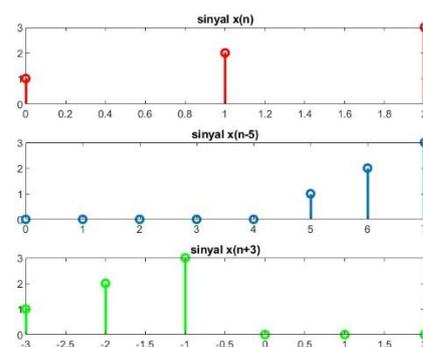
4.4 Langkah Percobaan

a. Pergeseran

Ketikkan intruksi berikut kedalam m-file:

```
x= [1 2 3];  
n= 0:2;  
  
x1=[0 0 0 0 0 x]; %digeser x(n-5)  
n1=0:7;  
  
x2= [x 0 0 0]; %digeser x(n+3)  
n2=-3:2;  
  
subplot (3,1,1);  
stem (n,x,'r',LineWidth=2);  
title 'sinyal x(n)';  
subplot (3,1,2);  
stem (n1,x1,LineWidth=2);  
title 'sinyal x(n-5)';  
subplot (3,1,3);  
stem (n2,x2,'g',LineWidth=2);  
title 'sinyal x(n+3)';
```

maka menghasilkan pergeseran sinyal seperti gambar 4.1.



Gambar 4.1 sinyal diskrit yang mengalami pergeseran

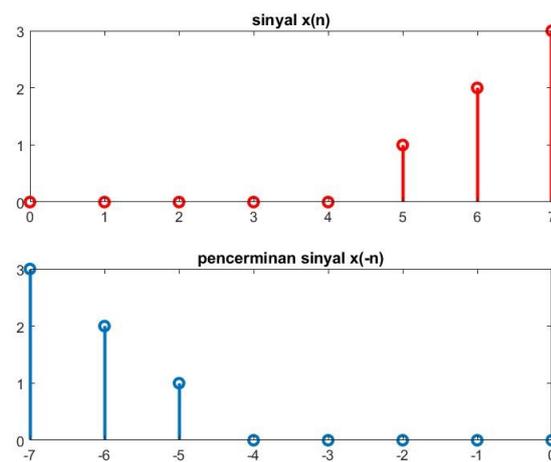
b. Pencerminan

Kita akan melakukan pencerminan terhadap sinyal $x(n-5)$, maka lakukan intruksi sebagai berikut:

```
x= [1 2 3];
n= 0:2;

x1=[0 0 0 0 0 x]; %digeser x(n-5)
n1=0:7;

subplot (2,1,1);
stem (n1,x1,'r',LineWidth=2);
title 'sinyal x(n)';
subplot (2,1,2);
stem (-n1,x1,LineWidth=2); %pencerminan
title 'pencerminan sinyal x(-n)';
```



Gambar 4.2 Hasil pencerminan sinyal $x(n)$

c. Penjumlahan Dua Sinyal

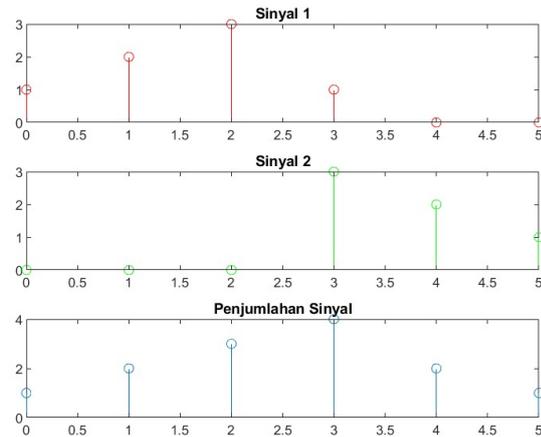
Untuk menjumlah 2 buah sinyal diskrit menggunakan matlab, pastikan ukuran matriks harus sama. Berikut intruksi penjumlahan dua buah sinyal diskrit:

```
x= [1 2 3 1 0 0];
n= 0:5;

x1=[0 0 0 3 2 1];
n1=0:5;

x2= x+x1

subplot (3,1,1)
stem (n1,x,'r')
title 'Sinyal 1'
subplot (3,1,2)
stem (n1,x1,'g')
title 'Sinyal 2'
subplot (3,1,3)
stem (n1,x2)
title 'Penjumlahan Sinyal'
```



Gambar 4.3 Penjumlahan Dua Buah Sinyal Diskrit

d. Perkalian Dua Sinyal

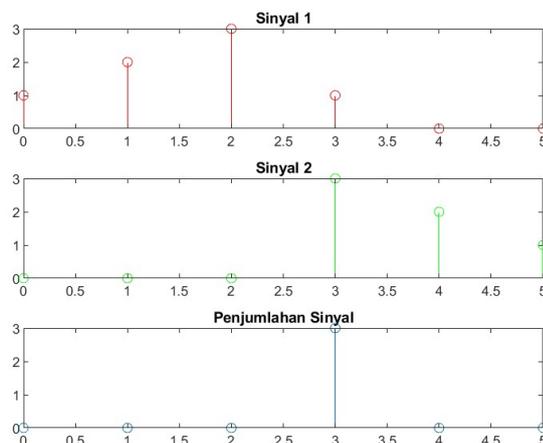
Untuk mengalikan 2 buah sinyal diskrit menggunakan matlab, pastikan ukuran matriks harus sama. Berikut intruksi mengalikan dua buah sinyal diskrit:

```
x= [1 2 3 1 0 0];
n= 0:5;
```

```
x1=[0 0 0 3 2 1];
n1=0:5;
```

```
x2= x.*x1
```

```
subplot (3,1,1)
stem (n1,x,'r')
title 'Sinyal 1'
subplot (3,1,2)
stem (n1,x1,'g')
title 'Sinyal 2'
subplot (3,1,3)
stem (n1,x2)
title 'Pengalihan Sinyal'
```



Gambar 4.4 Pengalihan Dua Sinyal Diskrit

4.5 Tugas

Diberikan dua buah sinyal diskrit sebagai berikut ini:

$$X(n)_1 = [1 \ 0 \ 3 \ 4 \ 2]$$

$$X(n)_2 = [2 \ 4 \ 1 \ 1]$$

Tampilkan hasil sinyal menggunakan matlab untuk:

- $X(n+4)_1$
- $X(n-4)_2$
- Hasil pencerminan dari sinyal $X(n)_1$ dan $X(n)_2$
- Hasil penjumlahan dari sinyal $X(n)_1$ dengan $X(n)_2$
- Hasil pengalihan dari sinyal $X(n)_1$ dengan $X(n)_2$