

**BIDANG PENDIDIKAN DAN PENGAJARAN**

**BERITA ACARA PERKULIAHAN**

**KULIAH HYBRID**

**PERIODE SEMESTER GENAP 2022-2023**

**MATA KULIAH:**

**SISTEM KENDALI MULTIVARIABEL**

*LAMPIRAN BERITA ACARA PERKULIAHAN :*

- 1. SK.DEKAN FTI SEMESTER GENAP 2022/2023*
- 2. PRESENSI KEHADIRAN DOSEN DAN MATERI AJAR*
- 3. NILAI KOMULATIF; KEHADIRAN,TUGAS, UTS DAN UAS*
- 4. CONTOH HAND OUT MATERI AJAR*

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL**



YAYASAN PERGURUAN CIKINI  
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640  
Telp. 021-7270090 (hunting), Fax. 021-7866955, hp: 081291030024  
Email : humas@istn.ac.id Website : www.istn.ac.id

**SURAT PENUGASAN TENAGA PENDIDIK**

Nomor : 107 / 03.1 – G / III / 2023

SEMESTER **GENAP**, TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023

Nama	: Moh. Ikrar Yamin, ST.MTrT	Status Pegawai	: Edukatif Tetap / Tidak Tetap		
NIK	:	Program Studi	: Teknik Elektro		
Jabatan Akademik	:				
Bidang	Perincian Kegiatan	Tempat	Jam/ Minggu	Kinerja (sks)	Keterangan
<b>I PENDIDIKAN Dan PENGAJARAN</b>	<b>MENGAJAR DI KELAS ( KULIAH / RESPONSI DAN LABORATORIUM )</b>				
	1. Bahasa Inggris Teknik (Kls A)			2	Kamis, 15:00-16:40
	2. Ekonomi Teknik ( Kls A)			2	Kamis, 13:00-14:40
	3. Sistem Kendali Multivariable ( Kls A)			3	Jumat, 13:00-14:40
	4. Bahasa Inggris Teknik (Kls A) S1 T.Mesin			2	Kamis, 15:00-16:40
	5. Bahasa Inggris Teknik (Kls A) D.3 T.Mesin			2	Kamis, 15:00- 16:40
	6. Bahasa Inggris Teknik (Kls K) T.Mesin			2	Jumat, 13:00-14:40
	7. Elektronika Industri (Kls A) T.Industri			2	Rabu, 08.00-09.40
	8. Elektronika Industri (Kls K) T.Industri			2	Sabtu, 13.00-14.40
	9. Prak. Teknik Kendali			1	
	10.				
	11.				
	12.				
	13.				
	14.				
	15.				
	16.				
	17. Membimbing Skripsi / Tugas Akhir				
	18. Menguji Skripsi / Tugas Akhir				
<b>II PENELITIAN</b>	1. Penelitian Ilmiah			1	
	2. Penulisan Karya Ilmiah				
	3. Penulisan Diktat Kuliah				
	4. Menerjemahkan Buku				
	5. Pembuatan Rancangan Teknologi				
	6. Pembuatan Rancangan & Karya Pertunjukan				
<b>III PENGABDIAN DAN MASYARAKAT</b>	1. Menduduki Jabatan di Pemerintahan				
	2. Pengembangan Hasil Pendidikan Dan Penelitian				
	3. Memberikan Penyuluhan/Pelatihan/Ceramah pada masyarakat				1
	4. Memberikan Pelayanan Kepada Masyarakat Umum				
	5. Menulis Karya Pengabdian Pada Masyarakat yang tidak dipublikasikan				
	6. Komersial / Kesepakatan				
<b>IV UNSUR-UNSUR PENUNJANG</b>	1. Jabatan Struktural			2	
	2. Penasehat Akademik				
	3. Berperan serta aktif dalam pertemuan ilmiah / seminar				1
	4. Pengembangan program kuliah / Kelompok Ilmu Elektro				
	5. Menjadi anggota panitia / Badan pada suatu Perguruan Tinggi				
	6. Menjadi anggota Badan Lembaga Pemerintah				
	7. Menjadi Anggota Organisasi Profesi				
	8. Mewakili PT / Lembaga Pemerintah duduk dalam Panitia antar Lembaga				
	9. Menjadi Anggota Delegasi Nasional ke Parlemen – Parlemen Internasional				
Jumlah Total				<b>23</b>	
Kepada yang bersangkutan akan diberikan gaji / honorarium sesuai dengan peraturan penggajian yang berlaku di Institut Sains Dan Teknologi Nasional Penugasan ini berlaku dari tanggal <b>20 Maret 2023</b> sampai dengan tanggal <b>31 Agustus 2023</b> .					
<p>Jakarta, 20 Maret 2023 Dekan,  Musfirah Cahya F.T.S.Si., M.Si.</p>					

**Tembusan :**

1. Direktur Akademik – ISTN
2. Direktur Non Akademik – ISTN
3. Ka. Biro Sumber Daya Manusia – ISTN
4. Kepala Program Studi Fak. ....
5. Arsip



**BERITA ACARA PERKULIAHAN**  
(PRESENTASI KEHADIRAN DOSEN)  
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2022/2023  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S.1 & D.III –ISTN

Mata Kuliah : Sistem Kendali Multivariabel	Semester : Genap
Dosen : M. Ikrar Yamin, ST, MTrT	SKS : 3
Hari : Jumat	Kelas : S1 Teknik Elektro
Jam : 13.00 – 14.40 WIB	Ruang : C-3

No.	TANGGAL	MATERI KULIAH	JML MHS HADIR	TANDA TANGAN DOSEN
1.	24-03-2023	Pengantar Sistem Kendali Multivariabel	4	
2.	31-03-2023	Matriks dengan Matlab	4	
3.	07-04-2023	Aplikasi Sistem Persamaan Linear untuk Teknik Elektro	4	
4.	14-04-2023	Aplikasi Transfer Function dan State Space di Matlab 1	4	
5.	21-04-2023	Aplikasi Transfer Function dan State Space di Matlab 2	4	
6.	28-04-2023	Penurunan State Space dari Transfer Function 1	4	
7.	05-05-2023	Penurunan State Space dari Transfer Function 2	4	
8.	19-05-2023	<b>Ujian Tengah Semester</b>	4	



**BERITA ACARA PERKULIAHAN**  
(PRESENTASI KEHADIRAN DOSEN)  
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2022/2023  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S.1 & D.III –ISTN

Mata Kuliah	: Sistem Kendali Multivariabel	Semester	: Genap
Dosen	: M. Ikrar Yamin, ST, MTrT	SKS	: 3
Hari	: Jumat	Kelas	: S1 Teknik Elektro
Jam	: 13.00 – 14.40 WIB	Ruang	: C-3

No.	TANGGAL	MATERI KULIAH	JML MHS HADIR	TANDA TANGAN DOSEN
9.	02-06-2023	Penurunan State Space Ke dalam Diagram Simulasi	4	
10.	09-06-2023	Transformasi Ke dalam Bentuk Diagonal	4	
11.	16-06-2023	Eigen Value dan Eigen Vektor	4	
12.	23-06-2023	Pengujian Sistem Kontrol Multivariabel	4	
13.	30-06-2023	Umpan Balik Variabel Keadaan	4	
14.	07-07-2023	Metode Peletakan Akar-Akar Kanonik Kontroller	4	
15.	14-07-2023	Aplikasi Sistem Kendali Multivariabel	4	
16.	28-07-2023	<b>Ujian Akhir Semester</b>	4	

Jakarta, 28 Juli 2023  
Dosen Pengajar

(Muhammad Ikrar Yamin, ST., MTrT.)

## DAFTAR NILAI

### SEMESTER GENAP REGULER TAHUN 2022/2023

Program Studi : Teknik Elektro S1  
 Matakuliah : Sistem Kendali Multivariabel  
 Kelas / Peserta : A  
 Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng Indah  
 Dosen : Moh. Ikrar Yamin, ST.MTrT

Hal. 1/1

No	NIM	NAMA	ABSEN	TUGAS	UTS	UAS	MODEL	PRESENTASI	NA	HURUF
			10%	20%	30%	40%	0%	0%		
1	20220001	Muhammad Agung Rahmansyah	100	93	51	60	0	0	67.9	B-
2	20220004	Muhammad Rafly Juliansyah	100	83	70	60	0	0	71.6	B
3	20220007	Fazryan Dwicahya	100	96	75	90	0	0	87.7	A
4	20220009	Abyan Syafiq Andana Putra	100	93	70	70	0	0	77.6	A-

Rekapitulasi Nilai							
A	1	B+	0	C+	0	D+	0
A-	1	B	1	C	0	D	0
		B-	1	C-	0	E	0

Jakarta, 8 August 2023

Dosen Pengajar



**Moh. Ikrar Yamin, ST.MTrT**

S1 TEKNIK ELEKTRO

INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

**SISTEM KENDALI  
MULTIVARIABLE**

***TRANSFER FUNCTION  
DAN RUANG KEADAAN  
(STATE SPACE)***

# Polinomial dalam Sistem Kendali

menggunakan Matlab

# Tujuan Eksperimen

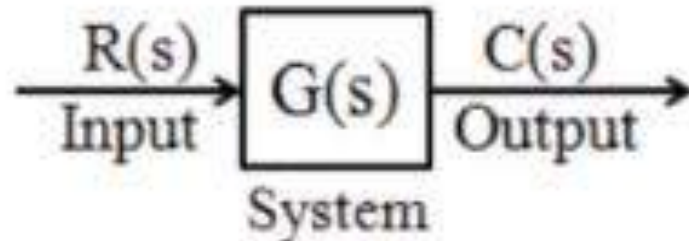
- Mengenalkan Matlab sebagai salah satu perangkat lunak dalam analisis maupun perancangan sistem kendali
- Menguasai pemanfaatan polinomial dan simbol dalam Matlab sebagai dasar dari pemodelan suatu sistem kendali
- Memahami model fungsi alih sistem dalam Matlab



# Ranah frekuensi sebagai model sistem kendali konvensional

- Sistem fisis berada pada ranah waktu
- Model sistem diubah ke dalam ranah frekuensi agar lebih sederhana dan mudah dianalisis
- Transformasi Laplace mengubah fungsi dalam domain waktu ke dalam domain frekuensi ( $s$ )

# Fungsi Alih



$$\frac{C(s)}{R(s)} = H(s) = \frac{b(s)}{a(s)}$$

$$H(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0}$$

$$H(s) = \frac{\sum_m b_m s^m}{\sum_n a_n s^n}$$

# Polinomial dalam Matlab

$$p(t) = t^3 - t^2 - 4t + 4$$

Dalam bentuk matriks polynomial :

```
p_poly = [1 -1 -4 4]      % vektor koefisien polinomial p(t)
p_4 = polyval(p, 4)      % nilai p(t) pada t=4
r = roots(p)             % r sebagai akar-akar dari p(t)
```

Dalam bentuk simbolis

```
syms t                  % t bertipe simbol dalam Matlab
p_sym = t^3-t^2-4*t+4  % deklarasi persamaan p(t)
```

Dua bentuk tersebut dapat saling dialih representasi sebagai berikut

```
p_sym = poly2sym(p_poly) % polinomial ke simbolik
p_poly = sym2poly(p_sym) % simbolik ke polinomial
koef = coeffs(p_sym)     % koefisien tak-nol polinomial
```

# Pecahan Parsial

$$H(s) = \frac{b(s)}{a(s)} = \frac{c_1}{s - p_1} + \frac{c_2}{s - p_2} + \dots + \frac{c_n}{s - p_n} + k_s$$

Dengan  $p_i$  adalah kutub-kutub,  $c_i$  adalah sisa hasil bagi (*residue*), dan  $k_s$  adalah hasil bagi (*quotient*).

contoh

$$H(s) = \frac{s + 2}{s^3 + 4s^2 + 3s}$$

```
num = [1 2]
```

```
% koefisien pembilang
```

```
den = [1 4 3 0]
```

```
% koefisien penyebut
```

```
[c,p,k] = residue(num,den) % hasil bagi polinomial num oleh den
```

```
[num,den] = residue(c,p,k) % pembilang dan penyebut dari c,p,k
```

# SS dan ZPK

$$H(s) = \frac{b(s)}{a(s)} = K \frac{(s - z_1) \dots (s - z_m)}{(s - p_1) \dots (s - p_n)}$$

Dengan  $a$  adalah numerator,  $b$  adalah denominator,  $z$  merupakan vektor zero,  $p$  adalah vektor kutub (*pole*), dan  $k$  adalah penguat (*gain*).

```
sys_tf = tf(num,den)      % fungsi alih dinyatakan dalam tf  
sys_zpk = zpk(z,p,k)     % fungsi alih berdasar zero-pole-gain
```

Kedua bentuk tersebut dapat saling dialih bentuk sebagai berikut

```
[num,den] = zp2tf(z,p,k)  
sys_tf = tf(num,den)  
[z,p,k] = tf2zp(num,den)  
sys_zpk = zpk(z,p,k)
```

# Polinomial dengan symbol dalam matlab

Seperti halnya polinomial, fungsi alih juga dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan dengan membentuk suatu simbol. Dalam hal ini, simbol untuk fungsi alih harus didefinisikan khusus sebagai simbol dalam fungsi alih.

```
s = tf('s')           % s sebagai simbol fungsi alih kontinyu
sys = (s+2)/(s^3+4*s^2+3*s)
s = zpk('s')         % s sebagai simbol fungsi alih model z-p-k
sys = (s+2)/(s^3+4*s^2+3*s)
```



## Representasi Ruang Keadaan dan Tanggap Sistem

## Tujuan Eksperimen

- Memahami representasi ruang keadaan sebagai bentuk lain dari sistem.
- Memahami hubungan antara representasi fungsi alih dan persamaan ruang keadaan dari suatu sistem.
- Memahami tanggap sistem terhadap masukan impuls, fungsi langkah, maupun masukan lainnya.
- Mampu menganalisis karakteristik sistem dan tanggapan sistem terhadap masukan tertentu.



# Representasi Ruang Keadaan

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t)$$

Dimana

$\mathbf{x}(t)$  : vektor keadaan

$\mathbf{u}(t)$  : vektor masukan sistem atau vektor kendali

$\dot{\mathbf{x}}(t)$  : perubahan keadaan

$\mathbf{y}(t)$  : vektor luaran

$\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{n \times n}$  : matriks sistem

$\mathbf{B} \in \mathbb{R}^{n \times m}$  : matriks masukan sistem atau vektor kendali

$\mathbf{C} \in \mathbb{R}^{l \times n}$  : matriks luaran

$\mathbf{D} \in \mathbb{R}^{l \times m}$  : matriks umpan maju

Persamaan pertama, yaitu  $\dot{\mathbf{x}}(t)$  disebut sebagai persamaan keadaan dan persamaan kedua, yaitu  $\mathbf{y}(t)$  adalah persamaan luaran.

# Representasi Ruang Keadaan

`sys_ss = ss(A,B,C,D)` % persamaan sistem dalam ruang keadaan

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \begin{bmatrix} -2 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}(t) + \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} \mathbf{u}(t)$$

$$\mathbf{y}(t) = [1 \ 1] \mathbf{x}(t)$$

<code>[num,den] = ss2tf(A,B,C,D);</code>	% alih representasi ke fungsi alih
<code>[z,p,k] = ss2zp(A,B,C,D);</code>	% alih representasi ke model z-p-k
<code>[A,B,C,D] = tf2ss(num,den);</code>	% alih representasi ke ruang keadaan
<code>[A,B,C,D] = zp2ss(z,p,k);</code>	% alih representasi ke ruang keadaan

The image shows a MATLAB Command Window with a script editor on the left and the Command Window on the right. The script editor contains the following code:

```
1 - A = [-2 -1; 1 0];
2 - B = [2; 1];
3 - C = [1 1];
4 - D = 0;
5 - sys = ss(A,B,C,D)
6
7 - [num, den] = ss2tf(A,B,C,D);
8 - systf = tf(num, den)
```

The Command Window displays the output of the script:

```
sys =
 
  a =
      x1  x2
  x1  -2  -1
  x2   1   0

  b =
      u1
  x1   2
  x2   1

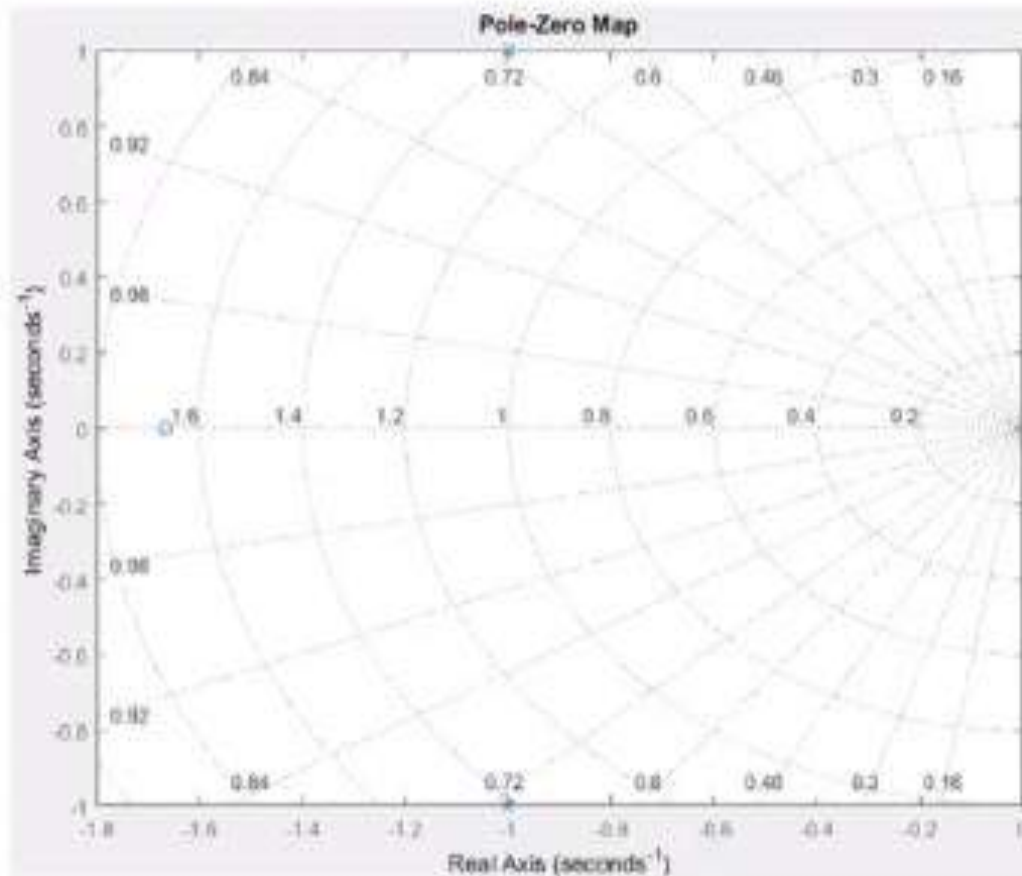
  c =
      x1  x2
  y1   1   1

  d =
      u1
  y1   0

Continuous-time state-space model.
```

The status bar at the bottom of the script editor shows "script" and "Ln 4 Col 7".

# Pole Zero Map



```
z = zero(sys);  
p = pole(sys);  
pzmap(sys)
```

The image shows a MATLAB environment with two windows:

**Script Window:**

```

1 - num = [1 2];
2 - den = [1 4 3];
3 - sys = tf(num, den)
4
5 - z = zero(sys)
6 - p = pole(sys)
7 - pzmap(sys)

```

**Command Window:**

```

>> b2c3

sys =

      s + 2
-----
s^2 + 4 s + 3

Continuous-time transfer function.

z =

    -2

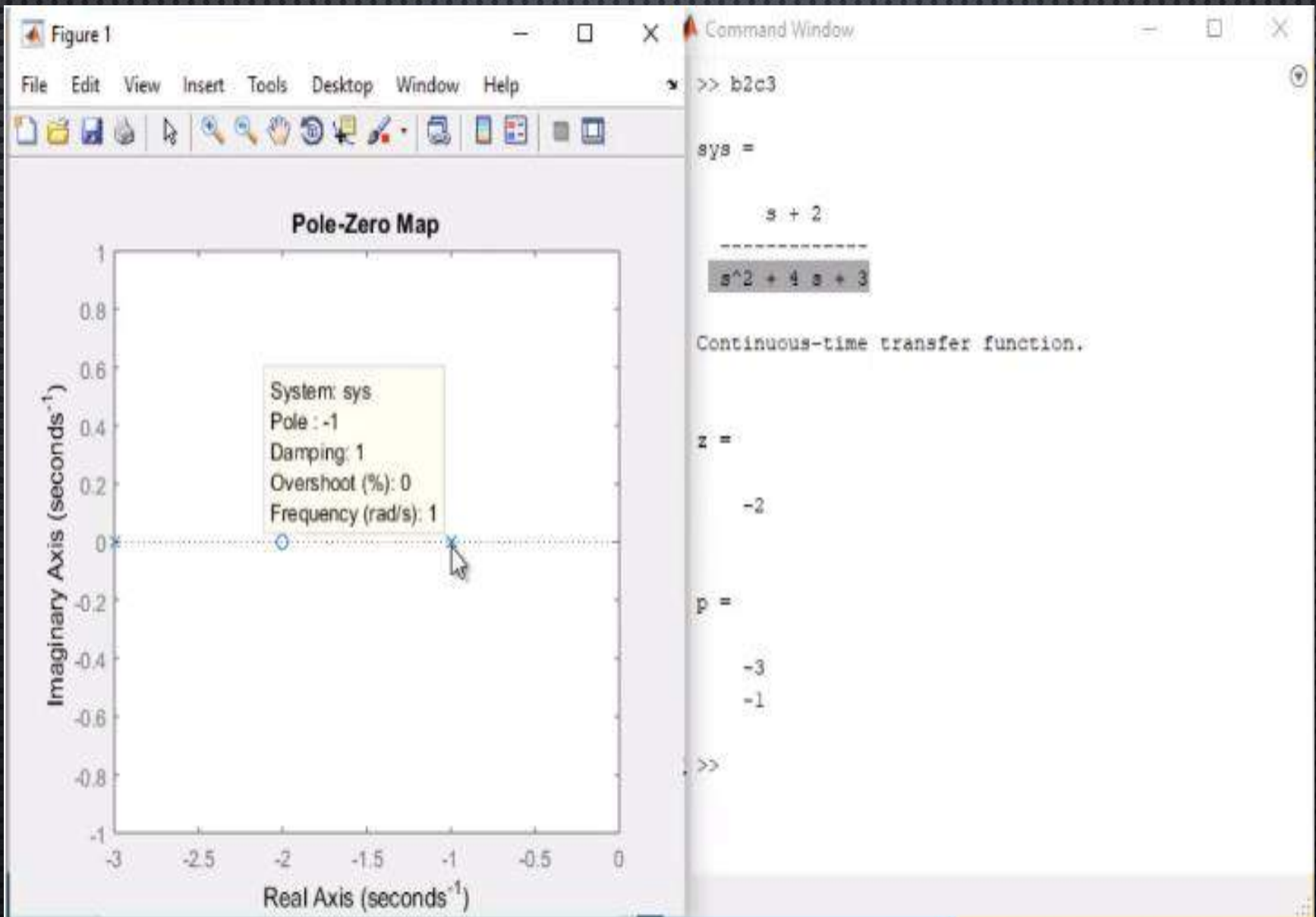
p =

    -3
    -1

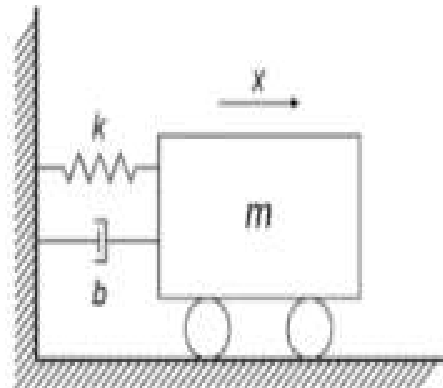
fx >>

```

The status bar at the bottom of the script window shows "script" and "Ln 6 Col 14".



# TF dan SS



$$m\ddot{x}(t) + b\dot{x}(t) + kx(t) = u(t)$$

$x(t)$  : luaran sistem, yaitu simpangan balok (jarak)

$u(t)$  : masukan sistem, yaitu gaya dorong terhadap balok

$m$  : massa balok

$k$  : konstanta pegas

$b$  : koefisien gesek

TF

$$H(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{1}{ms^2 + bs + k}$$

SS

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{m} & -\frac{b}{m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{m} \end{bmatrix} u(t)$$

$$\begin{bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$$

dimana

$$x_1(t) = x(t),$$

$$x_2(t) = \dot{x}(t),$$

# Step response

$$u(t) = \begin{cases} 1 & , t > 0 \\ 0 & , t < 0 \end{cases}$$

```
sys = tf(num,den);           % representasi fungsi alih dari G(s)
step(sys)                   % tanggap fungsi langkah
step(sys,T)                 % tanggap fungsi langkah sampai waktu T
data = stepinfo('sys')     % karakteristik tanggap fungsi langkah
```

$$G(s) = \frac{s+2}{s^2+4s+3} \quad ?$$



# Impulse response

$$\delta(t) = \begin{cases} 1 & , t = 0 \\ 0 & , t \neq 0 \end{cases}$$

```
sys = tf(num,den); % representasi fungsi alih dari G(s)
impulse(sys)      % tanggap impuls
impulse(sys,T)    % tanggap impuls sampai waktu T
```

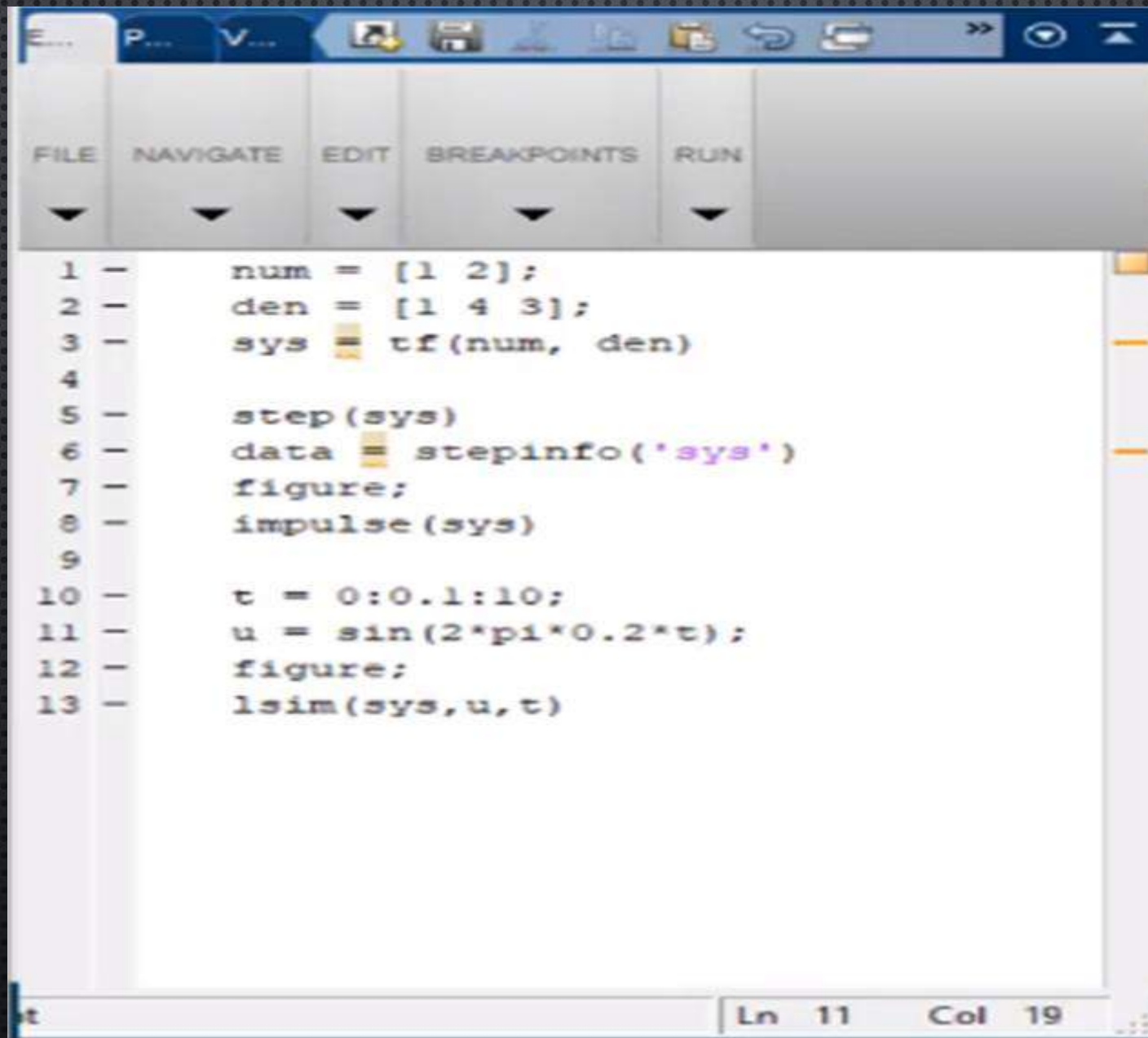
$$G(s) = \frac{s+2}{s^2+4s+3} \quad ?$$

# Arbitrary response

tanggap fungsi sebarang, contohnya sinusoidal

```
sys = tf(num,den); % representasi fungsi alih dari G(s)
t = 0:0.1:1; % durasi sinyal masukan t
u = sin(2*pi*0.2*t); % sinyal sinus dengan frekuensi 0.2Hz
lsim(sys,u,t) % tanggap sinusoidal
```

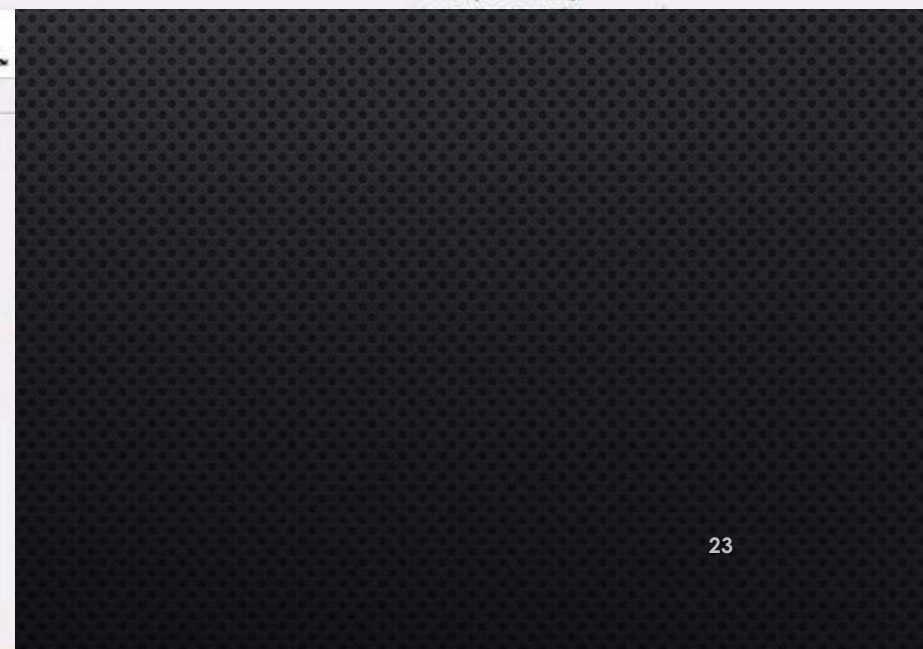
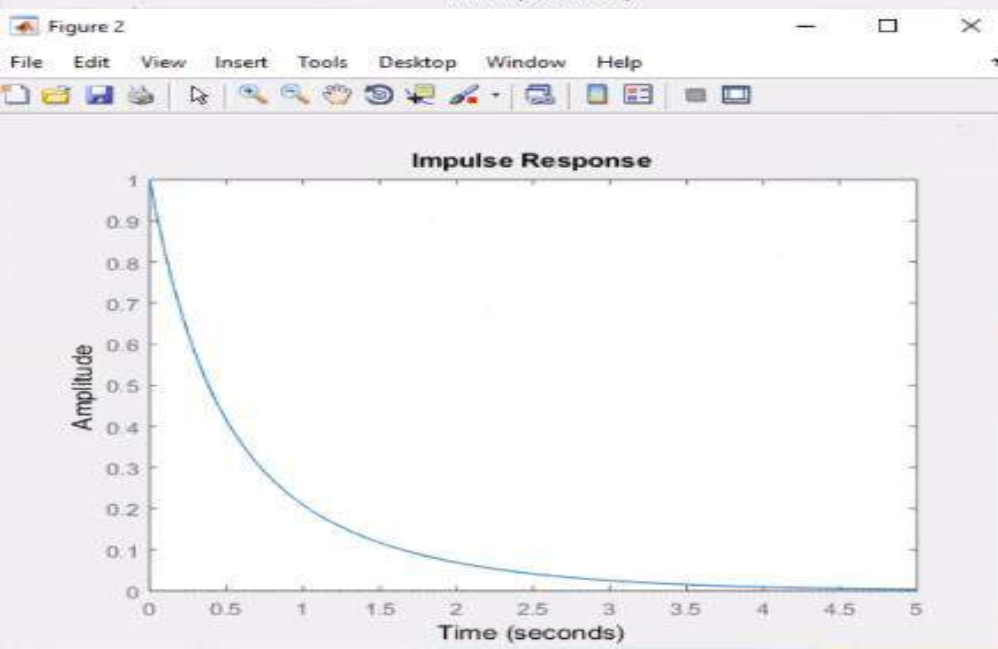
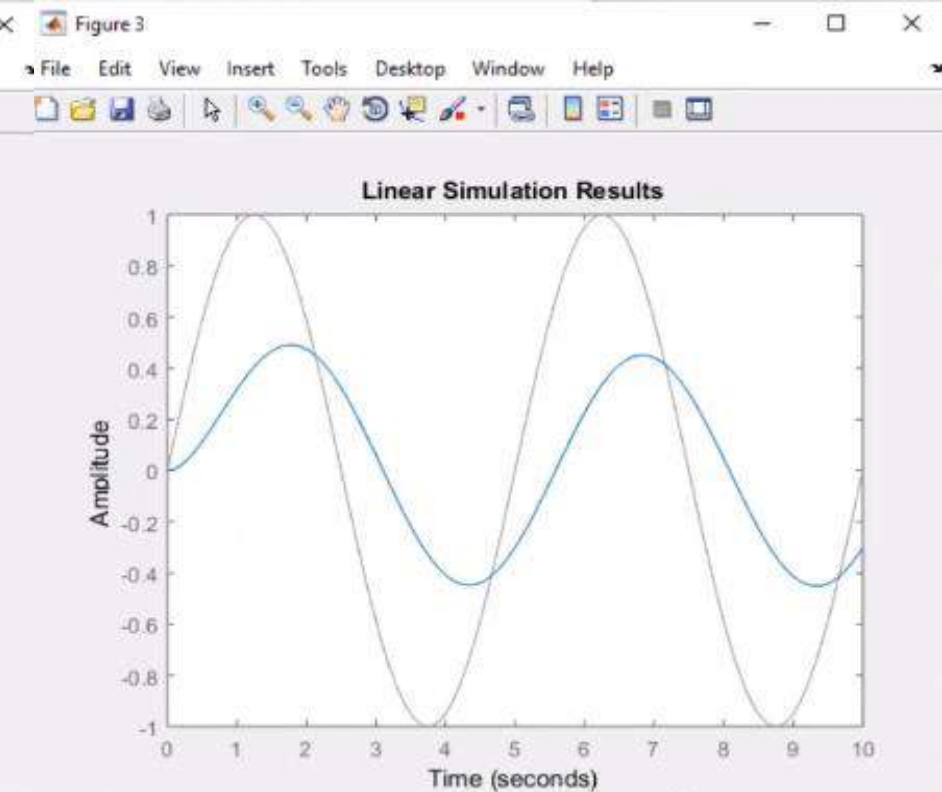
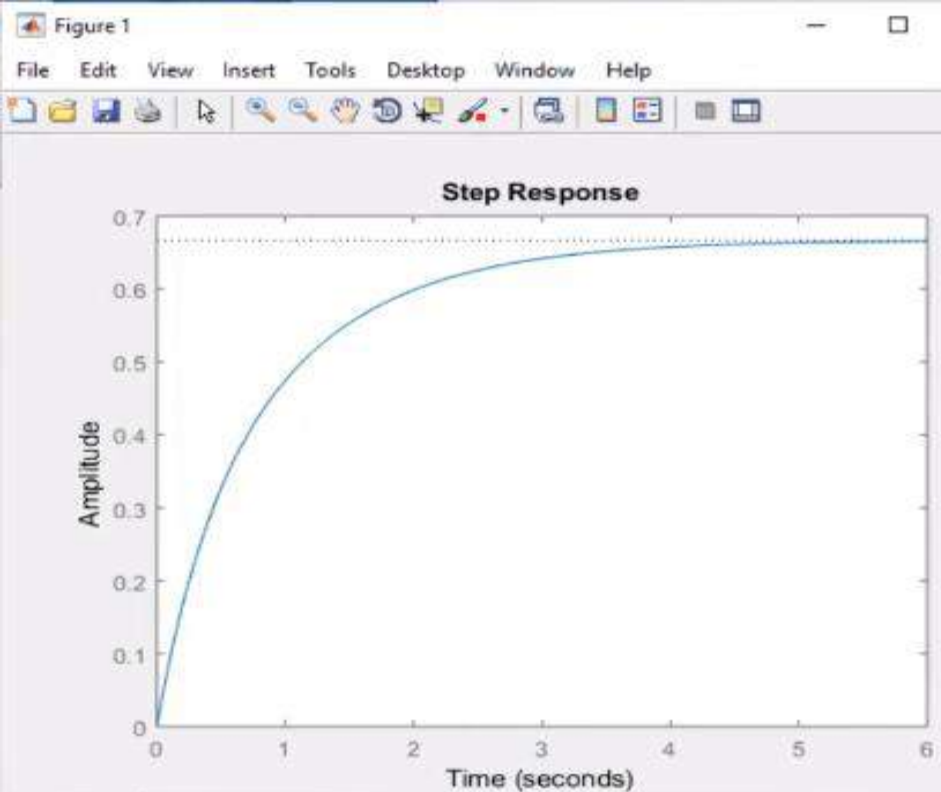
$$G(s) = \frac{s+2}{s^2+4s+3} \quad ?$$

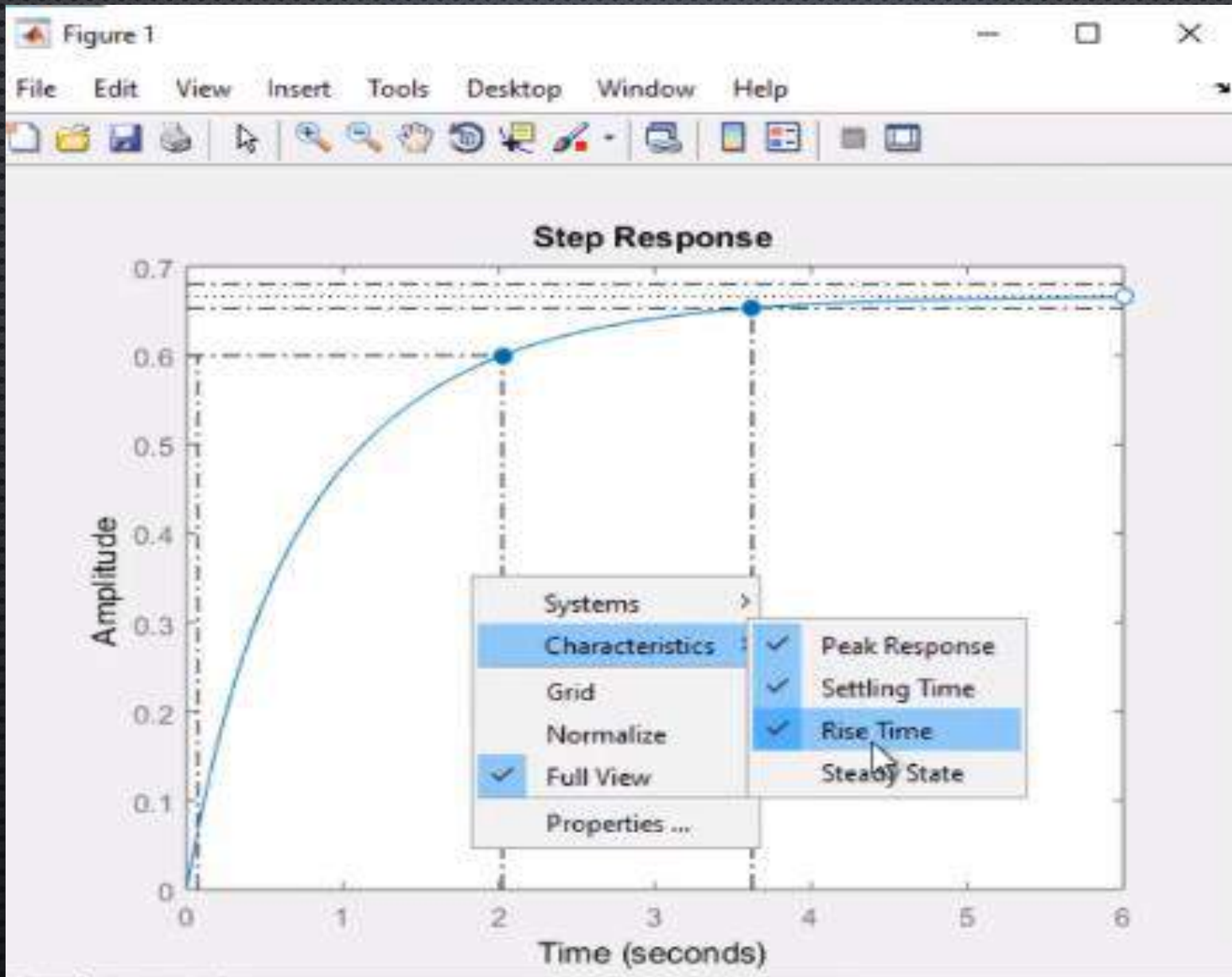


The image shows a MATLAB script editor window with a toolbar at the top containing icons for file operations, navigation, and execution. Below the toolbar is a menu bar with the following items: FILE, NAVIGATE, EDIT, BREAKPOINTS, and RUN. The main area of the window contains a script with 13 lines of code. The code defines a transfer function system, performs step and impulse responses, and simulates the system's response to a sinusoidal input. The status bar at the bottom indicates the current cursor position is at line 11, column 19.

```
1 - num = [1 2];
2 - den = [1 4 3];
3 - sys = tf(num, den)
4
5 - step(sys)
6 - data = stepinfo('sys')
7 - figure;
8 - impulse(sys)
9
10 - t = 0:0.1:10;
11 - u = sin(2*pi*0.2*t);
12 - figure;
13 - lsim(sys,u,t)
```

Ln 11 Col 19





```
EDI... PU... VI...
Breakpoints Run Run and Advance Advance Run and Time
BREAKPOINTS RUN
1 - num = [1 2];
2 - den = [1 4 3];
3 - sys = tf(num, den)
4
5 - step(sys)
6 - data = stepinfo('sys')
7 - figure;
8 - impulse(sys)
9
10 - t = 0:0.1:10;
11 - u = sin(2*pi*0.2*t);
12 - figure;
13 - lsim(sys,u,t)
script Ln 6 Col 8
```

```
Command Window
s + 2
-----
s^2 + 4 s + 3
Continuous-time transfer function.
data =
    RiseTime: 0
    SettlingTime: 2.9800
    SettlingMin: 115
    SettlingMax: 121
    Overshoot: 5.2174
    Undershoot: 0
    Peak: 121
    PeakTime: 2
>> data.Peak
ans =
    121
fx >> |
```