

Lab 4

Simulink untuk Pemodelan dan Analisis Sistem

4.1 Tujuan Eksperimen

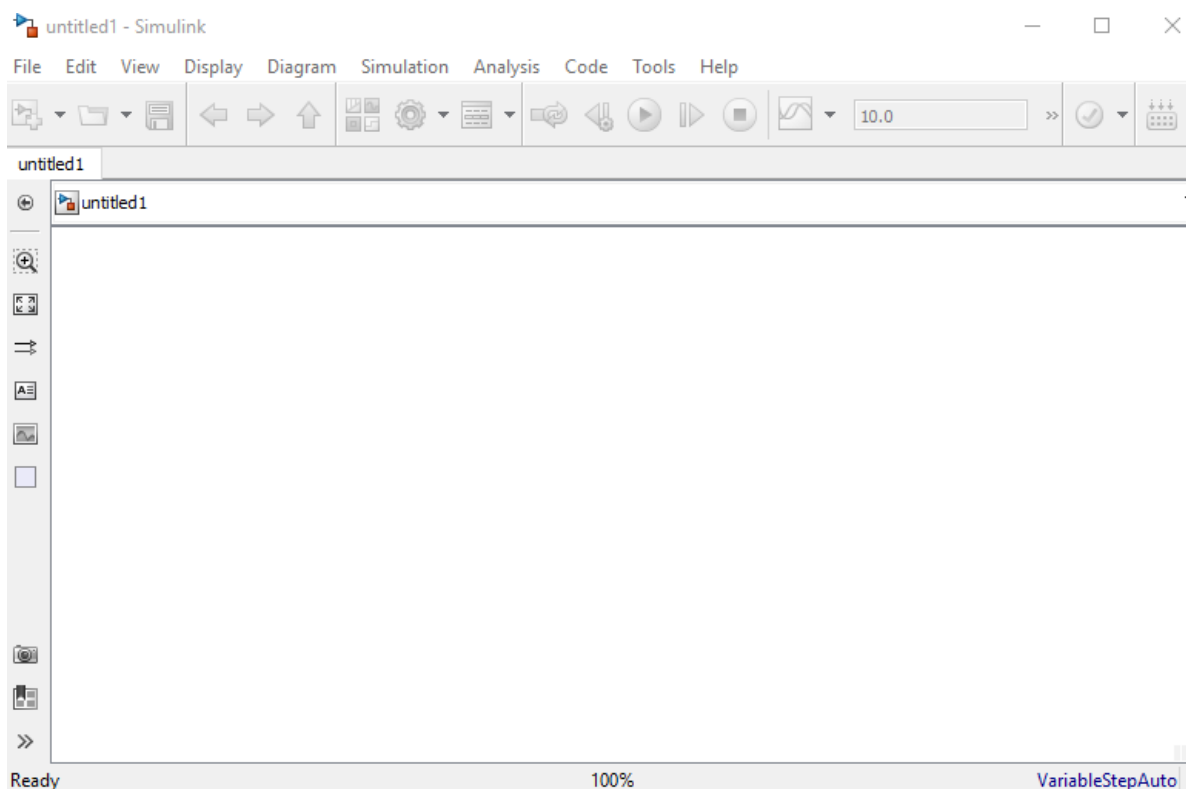
- Memahami pemanfaatan perangkat lunak Simulink untuk pemodelan sistem
- Mampu menggunakan Simulink untuk memodelkan dan menganalisis sifat sistem
- Mampu menggunakan Simulink untuk menyederhanakan model sistem

4.2 Dasar Teori

4.2.1 Pemodelan sistem dengan Simulink

Keunggulan dari sistem LTI adalah bahwa satu sistem ranah waktu secara keseluruhan dapat dinyatakan dalam bentuk blok-blok yang masing-masing mewakili subsistem dari sistem tersebut. Subsistem-subsistem tersebut dapat disusun sedemikian rupa sebagai susunan blok serial maupun paralel dalam ranah Laplace sebagai contohnya.

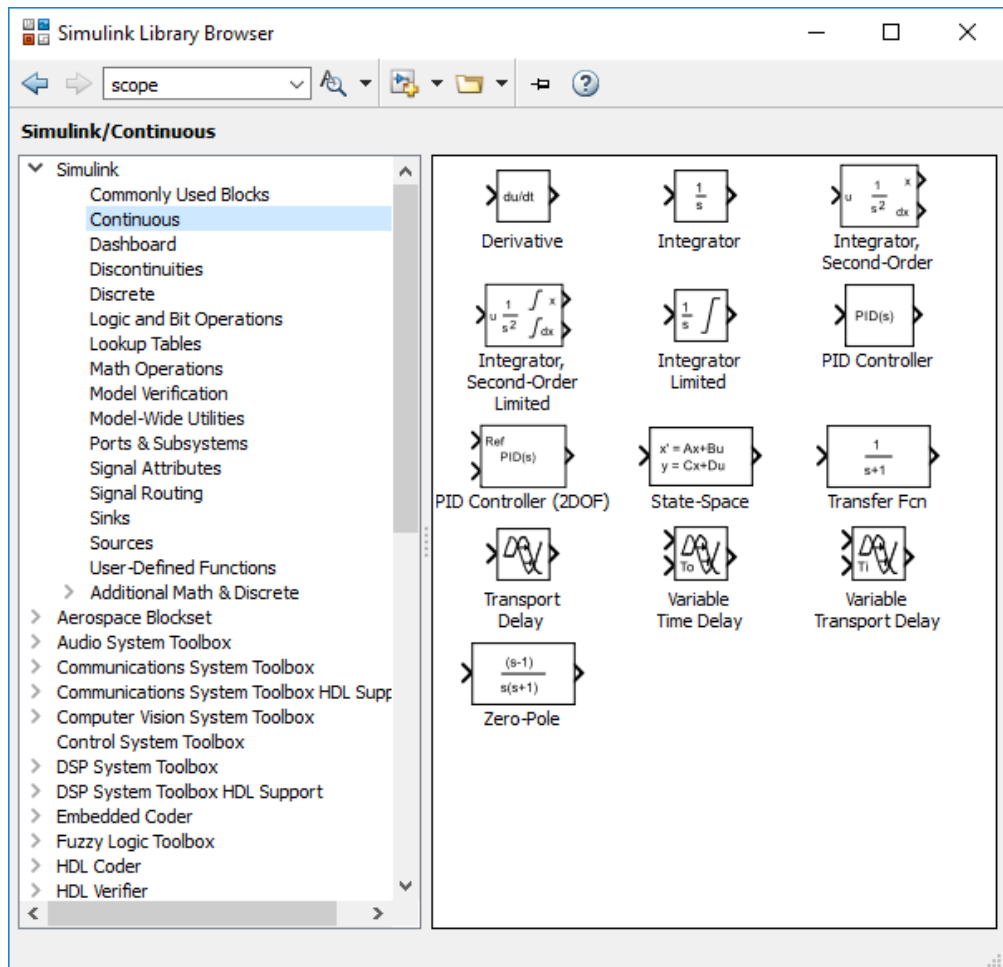
Simulink merupakan salah satu perangkat lunak yang memudahkan pemodelan dari suatu sistem dalam susunan blok-blok diagram. Blok-blok tersebut dapat berupa blok masukan, blok proses, blok representasi sistem, maupun blok luaran sistem. Pemodelan dalam simulink ini dilakukan melalui antarmuka grafis (GUI) yang memudahkan pengguna dalam menunjukkan hubungan antara satu subsistem dengan subsistem yang lainnya. GUI simulink dapat dipanggil melalui Matlab dan tampak seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Jendela Simulink

Dalam simulink, blok-blok dikelompokkan dalam pustaka-pustaka (*libraries*) dengan kelas-kelas fungsi secara umum. Sebagai contoh, berikut beberapa pustaka untuk blok-blok dasar dalam analisis dan pemodelan sistem kendali seperti juga ditunjukkan pada Gambar 4.2 bawa.

- *Math library* : fungsi-fungsi matematik seperti penjumlahan dan penguat
- *Continuous library* : integrator
- *Source library* : konstanta, clock
- *Sinks library* : scope, blok ke workspace



Gambar 4.2 Jendela *library browser* yang menampilkan blok-blok yang dapat digunakan

4.2.2 Penggunaan Simulink

Simulink dapat dipanggil melalui Matlab baik melalui jendela perintah dengan menuliskan simulink maupun dengan memilih dari papan perlengkapan pada jendela Matlab. Secara sederhana, konsep dari simulink adalah membentuk model sistem dengan blok-blok subsistem penyusunnya yang bisa diperoleh dari jendela pustaka. Setiap blok subsistem yang diambil dari jendela pustaka. Berikut adalah beberapa blok-blok yang paling sering digunakan dalam pemodelan sistem kendali.

- SUM

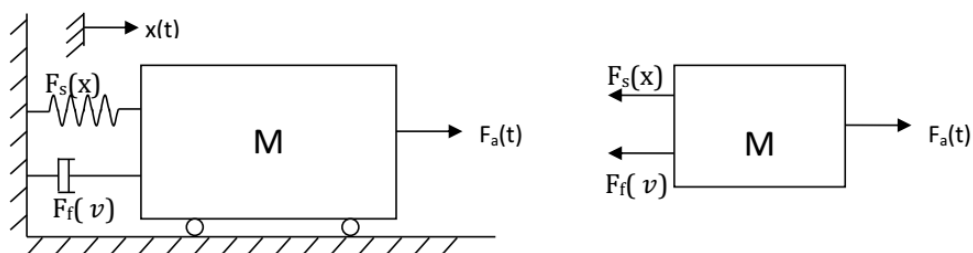
- GAIN
- INTEGRATOR
- CONSTANTS
- STEP
- SIGNAL GENERATOR
- SCOPE
- MUX
- CLOCK
- TO WORKSPACE

Dalam setiap blok di simulink, terdapat parameter blok terkait dengan fungsi dari masing-masing blok. Sebagai contoh, blok penguat (*gain*) memiliki parameter nilai penguatan, blok penjumlah (*sum*) memiliki parameter tanda-tanda (tambah atau kurang) dari beberapa masukan yang akan dijumlahkan. Untuk parameter yang berupa nilai variabel, parameter untuk setiap blok dapat langsung diisi dengan nilai ataupun diisi dengan nama variabel. Jika parameter diisi dengan nama variabel, nilai dari parameter tersebut akan disesuaikan dengan nilai dari variabel yang terdapat dalam *workspace* di Matlab.

Model sistem yang telah dirancang melalui simulink, dapat disimpan sebagai berkas dalam komputer. Model tersebut dapat dijalankan setelah setiap parameter diatur dan memiliki nilai, baik parameter tersebut diatur dengan nilai tertentu maupun parameter tersebut diisi dengan suatu nama variabel yang namanya dibangkitkan melalui jendela perintah dalam Matlab. Untuk menjalankan model tersebut dapat digunakan dua cara, yaitu secara langsung dengan menekan tombol *Run* atau menuliskan perintah melalui jendela perintah dalam Matlab seperti berikut

```
sim('massa_pegas') % menjalankan model yang bernama massa_pegas
```

4.2.3 Model sistem massa-pegas



Gambar 4.3 Sistem massa-pegas beserta besaran-besaran yang terkait

Gambar 4.3 menunjukkan model fisis dari sistem massa-pegas. Pada sistem massa pegas, sistem akan mengamati perpindahan balok yang memiliki massa m sejauh $x(t)$ yang terikat dengan pegas dengan konstanta k dan koefisien gesek b . Dengan masukan dari sistem tersebut berupa gaya $F(t)$ pada massa tersebut, hubungan dari masukan dan luaran sistem dapat dinyatakan dalam persamaan diferensial berikut

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

Dengan transformasi laplace, sistem tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan laplace

$$s^2X(s) + \frac{b}{m}sX(s) + \frac{k}{m}X(s) = \frac{1}{m}F(s)$$

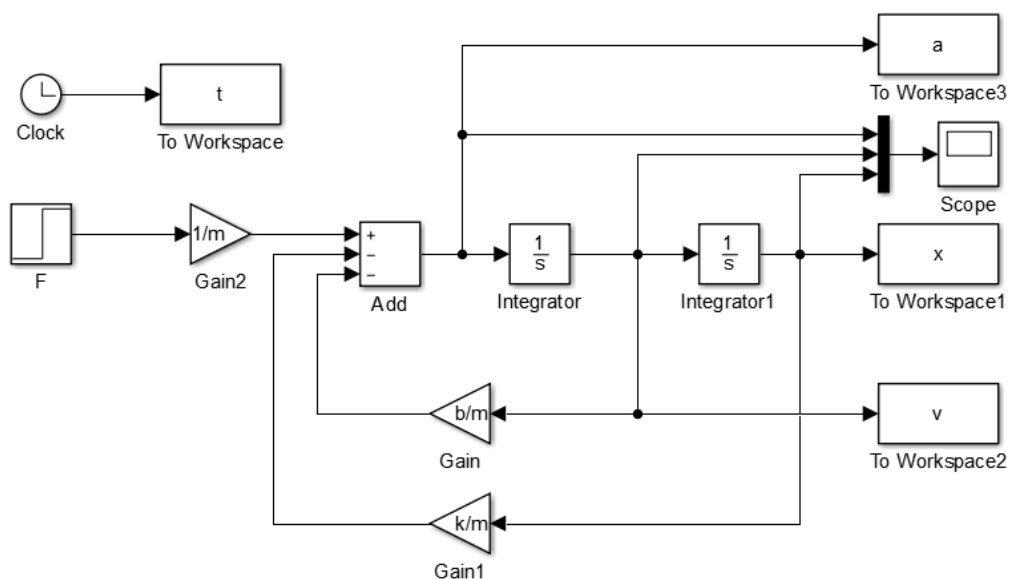
$$X(s) = \frac{1}{s^2} \left(\frac{1}{m}F(s) - \frac{k}{m}X(s) - \frac{b}{m}sX(s) \right)$$

Sesuai dengan persamaan di atas, blok-blok matematika yang digunakan antara lain adalah integrator ($\frac{1}{s}$), penguat (*gain*), dan penjumlah (*add* atau *sum*).

Sebagai contoh, anggap masing-masing parameter dari sistem tersebut adalah sebagai berikut:

- $m = 2$
- $b = 4$
- $k = 16$
- $F(t)$: fungsi langkah

Dalam simulink, dengan memanfaatkan blok-blok subsistem yang tersedia, sistem tersebut dapat disusun seperti pada Gambar 4.4. Seperti ditunjukkan pada gambar tersebut, masukan dari sistem berupa fungsi langkah $F(t)$ dalam blok *step*, dengan luaran sistem adalah simpangan $x(t)$. Hasil yang diamati dari sistem tersebut berupa luaran $x(t)$ beserta kedua turunannya, yaitu kecepatan simpangan $\dot{x}(t)$ atau $v(t)$ dan percepatan simpangan $\ddot{x}(t)$ atau $a(t)$ dalam blok *scope* setelah melalui *mux* untuk menghubungkan ketiga variabel dengan satu buah *scope*.

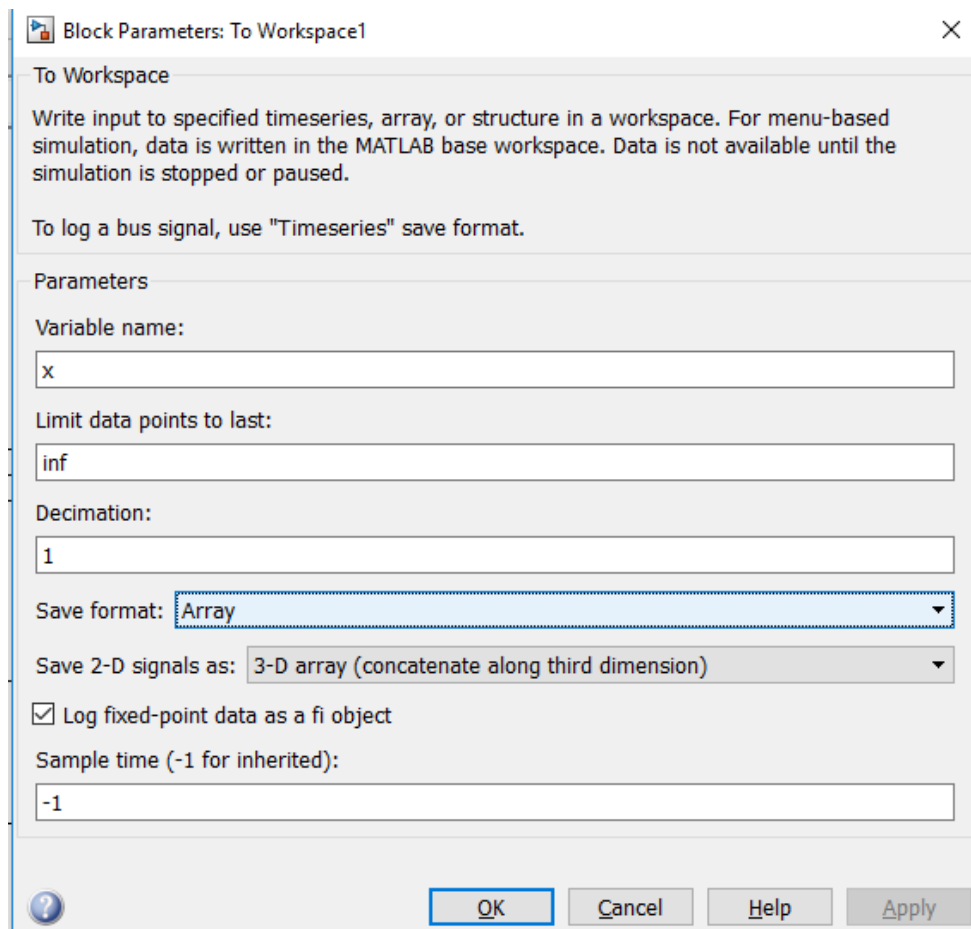


Gambar 4.4 Model sistem massa pegas dalam Simulink

Dalam Matlab, setiap variabel diinisiasi dengan nilai yang digunakan dan blok *to workspace* akan menyimpan setiap nilai dari besaran yang akan diamati.

```
m = 2          % massa balok
k = 16         % konstanta pegas
b = 4          % koefisien gesek
```

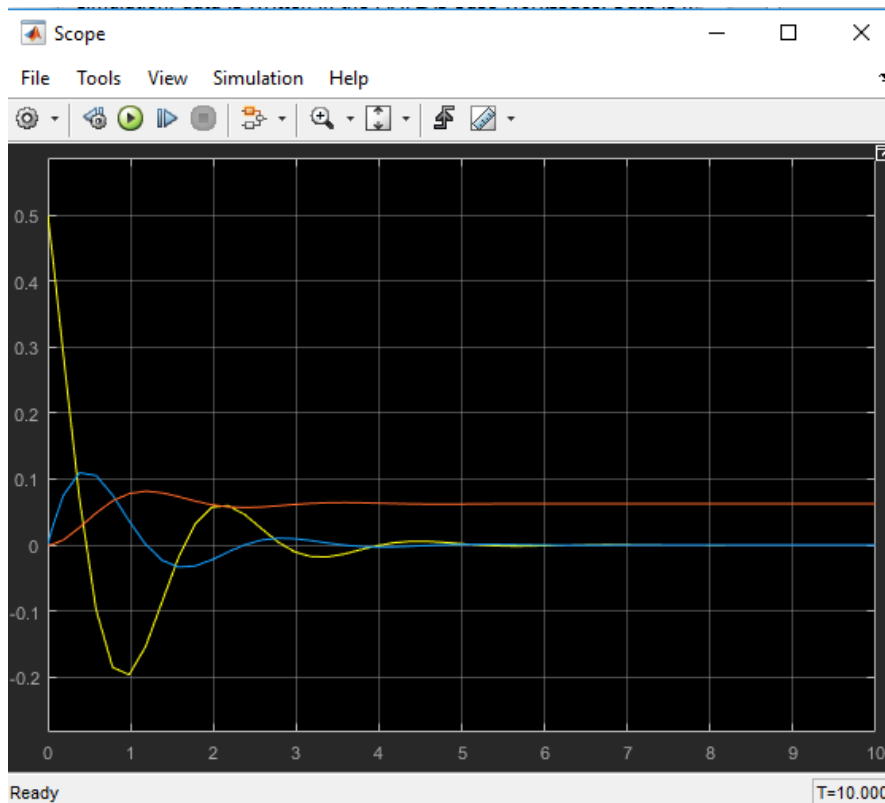
Untuk menyimpan nilai variabel dalam matlab, digunakan blok *to workspace*. Agar variabel yang tersimpan berbentuk larik yang pada umumnya digunakan untuk analisis dalam Matlab, parameter *save format* perlu diatur dalam mode *array* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Paramter blok *to workspace*

Sebagai penampil grafik dari besaran yang diamati, digunakan blok *scope* dimana jika akan ditampilkan beberapa nilai dalam satu grafik yang sama, perlu digunakan blok *mux* sehingga akan tampil grafik bersama seperti pada Gambar 4.6. Namun demikian, penggunaan plot pada Matlab juga dapat dilakukan setelah mendapatkan nilai variabel pengamatan yang telah disimpan melalui blok *to workspace*.

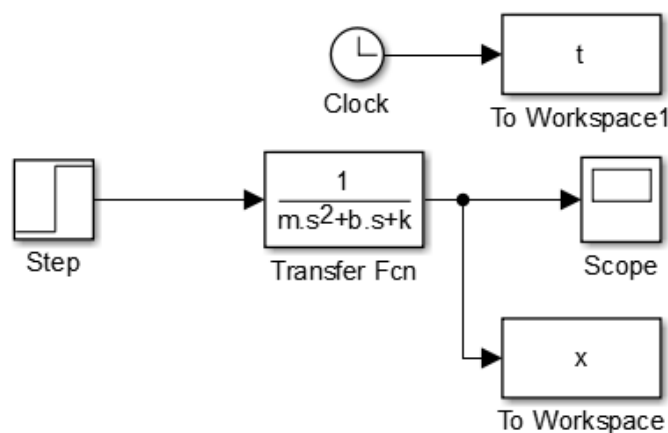
```
plot(t,x,t,v,t,a)          % grafik bersama
legend('simpangan','kecepatan simpangan','percepatan simpangan')
```



Gambar 4.6 Grafik pengamatan besaran dalam sistem melalui blok scope

Selain dalam bentuk blok diagram dari sistem kalang tertutup seperti pada persamaan sebelumnya, simulink juga menyediakan blok fungsi alih (*transfer function*) yang memungkinkan untuk menuliskan persamaan fungsi alih dalam suatu blok. Dalam contoh massa pegas ini, fungsi alih $H(s)$ didefinisikan dengan persamaan di bawah ini dan model dalam simulink ditunjukkan pada Gambar 4.7.

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



Gambar 4.7 Blok fungsi alih dalam simulink

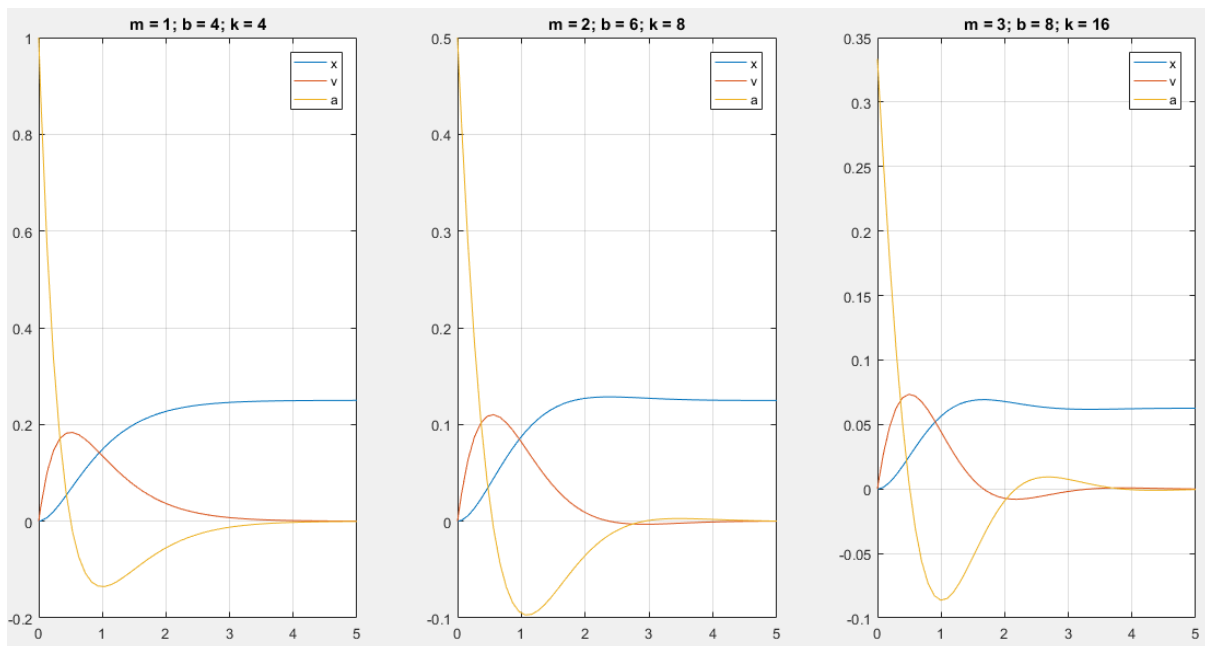
4.2.4 Simulasi model melalui jendela perintah atau berkas .m

Keuntungan dari menjalankan model melalui perintah pada jendela perintah Matlab adalah pengguna dapat melakukan simulasi beberapa variasi nilai besaran pada satu model yang sama. Perintah simulasi dapat dijalankan melalui jendela perintah sebagaimana halnya dengan perintah melalui berkas .m. Sebagai contoh, berikut adalah simulasi dari model sistem massa pegas dengan nilai konstanta m , b , dan k yang divariasi dengan luaran berupa variabel untuk besaran x , v , dan a dengan hasil berupa grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.

```
m_ = [1 2 3];           % variasi massa
b_ = [4 6 8];           % variasi konstanta b
k_ = [4 8 16];          % variasi konstanta k

for i=1:3                % tiga variasi simulasi
    m = m_(i);           % massa ke-i
    b = b_(i);           % b ke-i
    k = k_(i);           % k ke-i
    sim('massa_pegas')
    t_{i} = t';          % simpan luaran t dalam t_
    x_{i} = x';          % simpan luaran x dalam x_
    v_{i} = v';          % simpan luaran v dalam v_
    a_{i} = a';          % simpan luaran a dalam a_
end

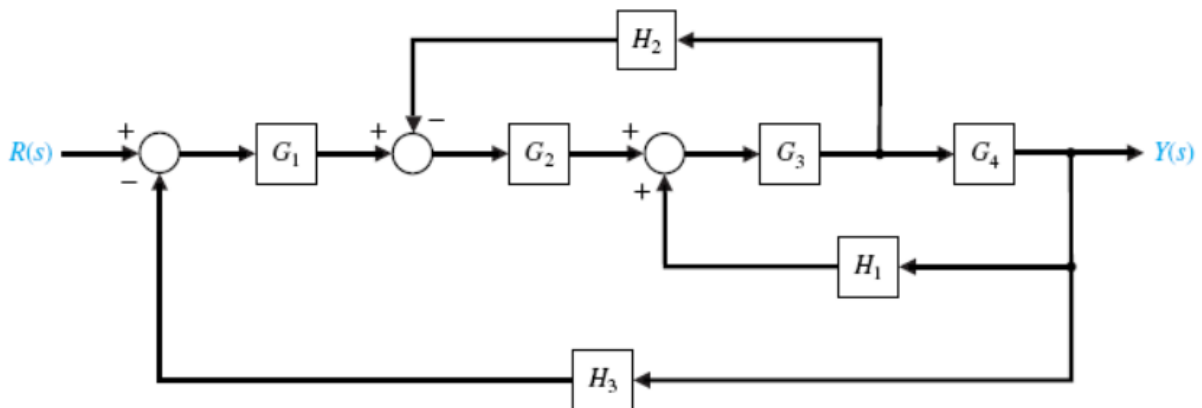
for i=1:3                % tampilkan grafik hasil simulasi ke-i
    subplot(1,3,i)
    plot(t_{i},x_{i},t_{i},v_{i},t_{i},a_{i})
    legend('x','v','a')
    title(sprintf('m = %d; b = %d; k = %d',m_(i),b_(i),k_(i)))
    grid
end
```



Gambar 4.8 Simulasi untuk tiga variasi nilai konstanta pada sistem massa pegas

4.3 Eksperimen

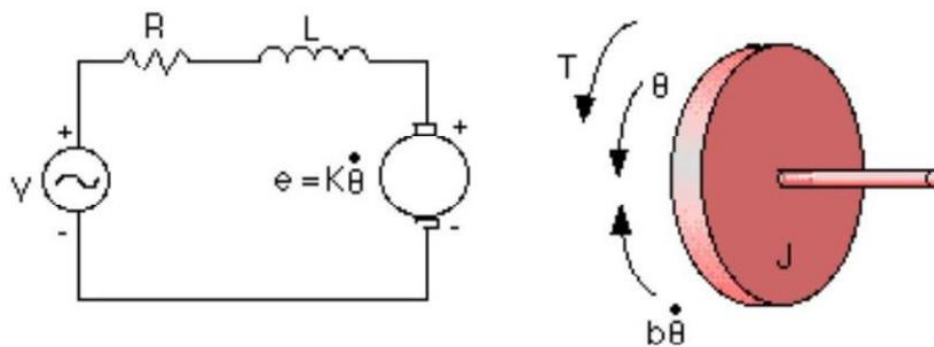
1. Perhatikan blok suatu sistem berikut



Jika diketahui blok umpan maju $G_1 = \frac{1}{s+10}$; $G_2 = \frac{1}{s+1}$; $G_3 = \frac{s+1}{s^2+4s+4}$; $G_4 = \frac{s+1}{s+6}$ dan blok umpan balik $H_1 = \frac{s+1}{s+2}$; $H_2 = 2$; $H_3 = 1$, maka

- a. Tentukan fungsi alih sistem $F(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$ dengan menggunakan konsep interkoneksi sistem dalam Matlab. (fungsi series, parallel, dan feedback)
Amati tanggap fungsi langkah dari fungsi alih $F(s)$.
- b. Rancang model sistem tersebut dalam simulink, kemudian amati grafik tanggap fungsi langkah dari $y(t)$.

2. Suatu sistem motor DC dapat digambarkan dalam model berikut



Dalam ranah Laplace, hubungan antara kecepatan putar $\dot{\theta}(t)$ dan tegangan masukan $v(t)$ dinyatakan dalam persamaan

$$\frac{\dot{\theta}}{V} = \frac{K}{(Js + b)(Ls + R) + K^2}$$

- a. Modelkan sistem tersebut dalam simulink. Amati putaran motor dalam besaran sudut $\theta(t)$ dan kecepatan sudut $\dot{\theta}(t)$
- b. Buatlah sebuah berkas .m untuk membantu melakukan simulasi motor DC tersebut jika digunakan dua variasi nilai berikut
Momen inersia $J = \{0.01, 0.03\}$
Rasio redaman $b = \{0.1, 0.5\}$

Konstanta gaya emf $K = \{0.01, 0.025\}$

Hambatan $R = \{5, 10\}$

Induktansi $H = \{1, 0.5\}$

Tegangan DC masukan $v = \{3, 5\}$

- c. Tampilkan grafik dari simulasi dengan kedua variasi nilai tersebut.