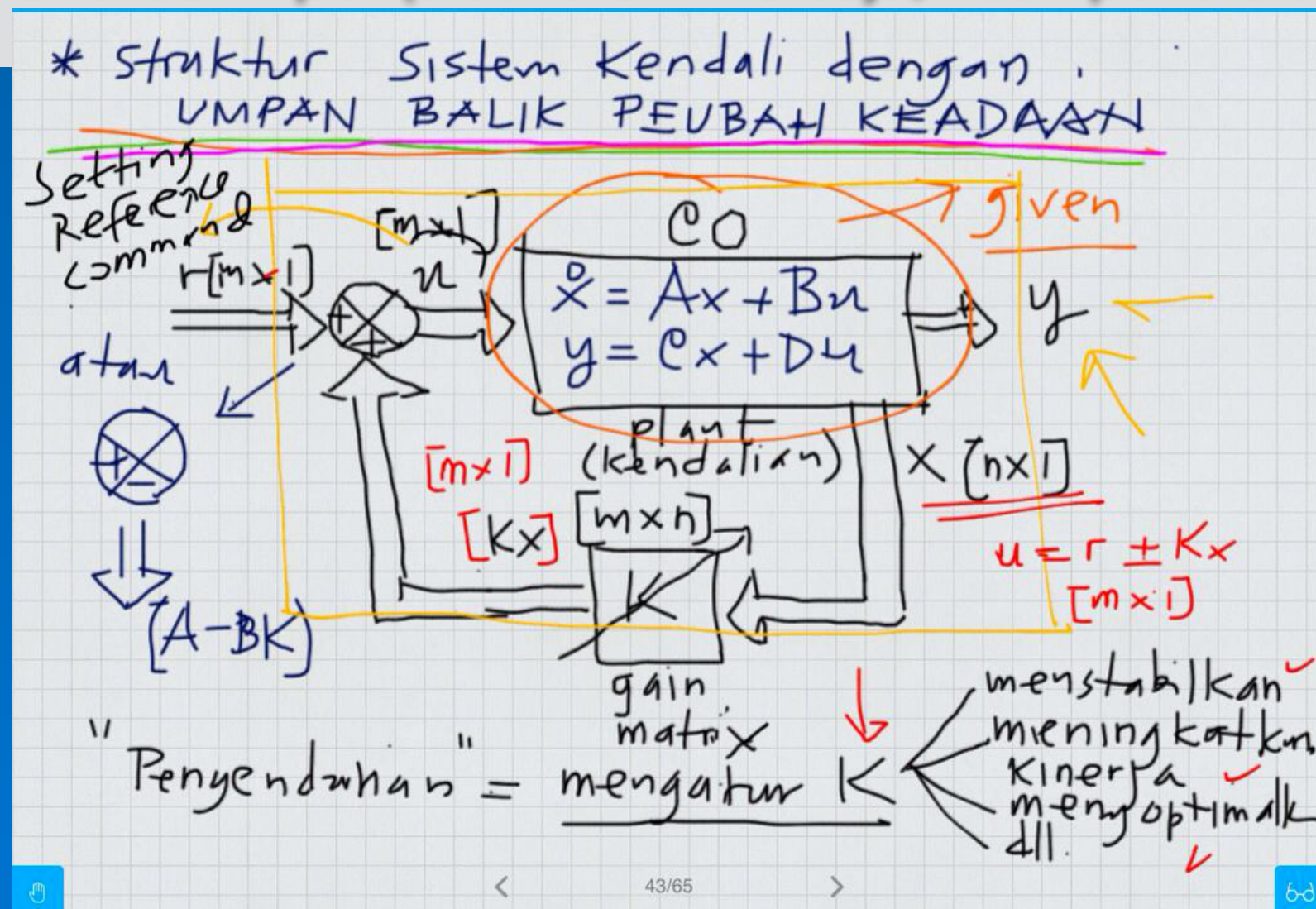


328D4103
Sistem Kendali + Praktikum
MODUL 07
UMPAN-BALIK PEUBAH-KEADAAN
(State-Variable Feedback)
(Semester Awal 2020-2021)

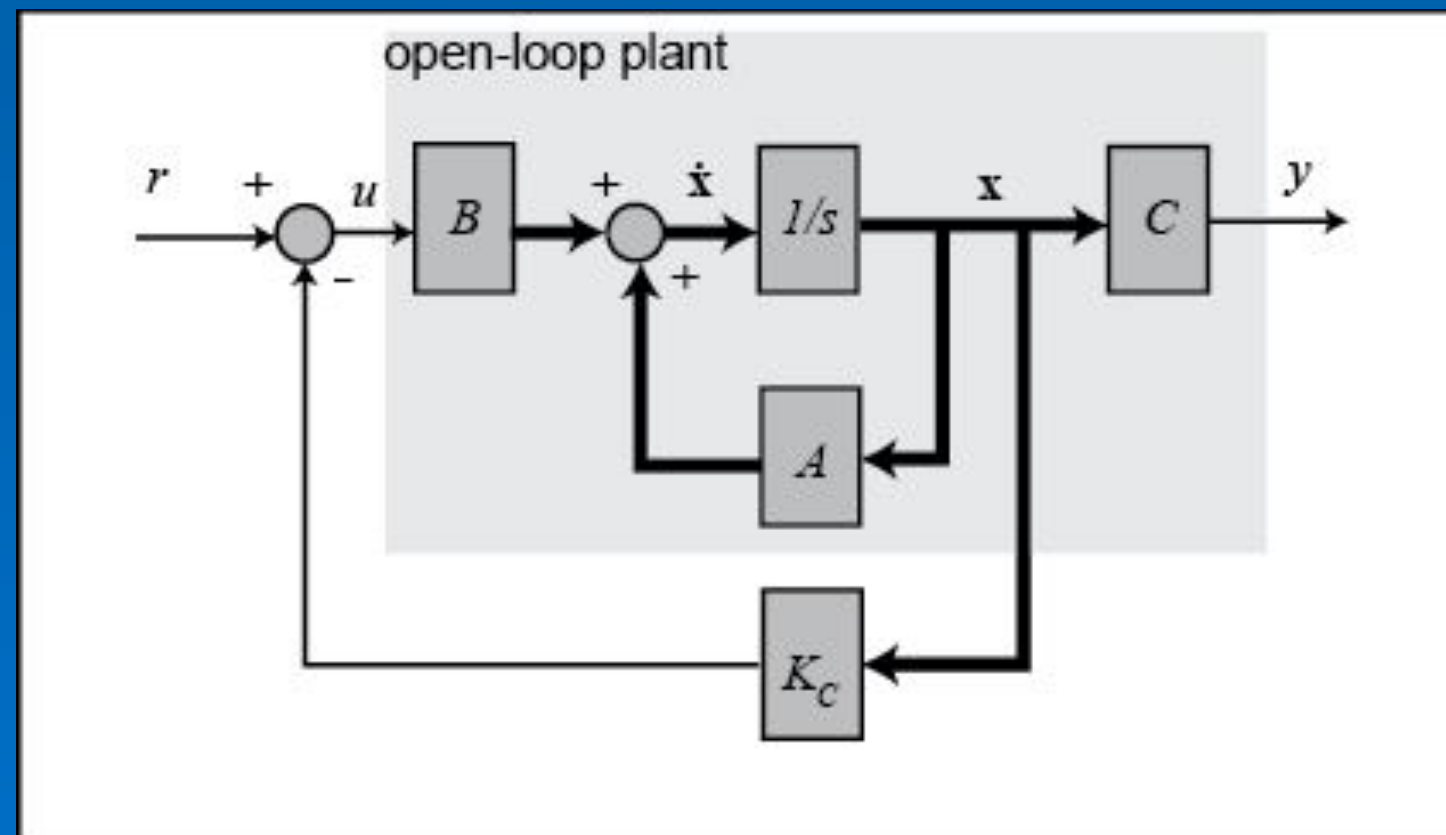
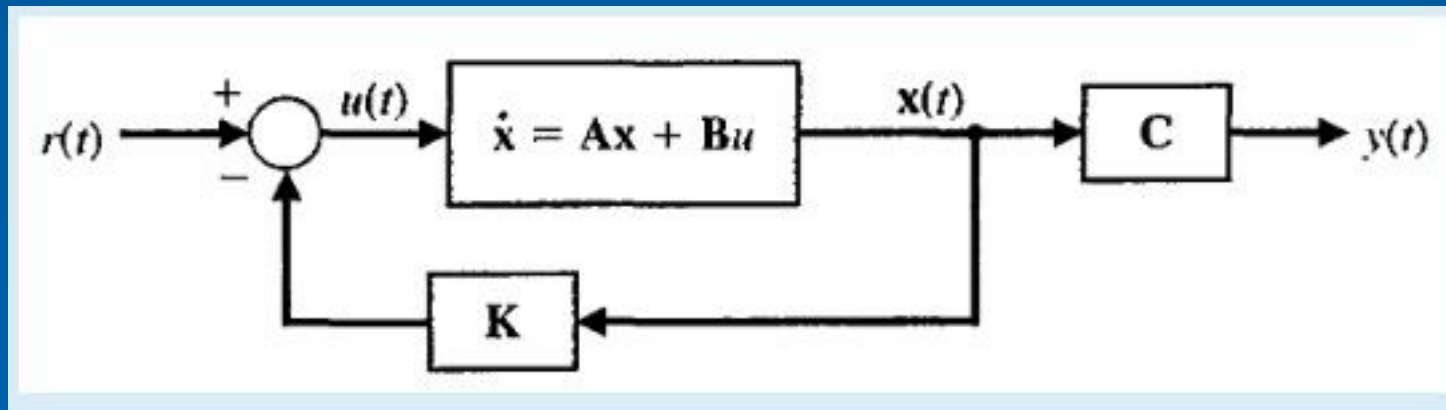


Umpan-Balik Peubah Keadaan

- Sumber pembelajaran: <https://web.unhas.ac.id/rhiza/arsip/kuliah/Sistem-Kendali/Catatan-Kuliah-2017/>
- Catatan Kuliah Lengkap 2016-2017: <https://web.unhas.ac.id/rhiza/arsip/kuliah/Sistem-Kendali/Catatan-Kuliah-Sistem-Kendali-2016-2017.pdf> (dibuka *on-line* saja, tidak perlu diunduh)



“PENGENDALIAN” = Mengatur GAIN (BATI) K



$$\bar{\mathbf{A}} = [\mathbf{A} + \mathbf{BK}]$$

Kendalian yang **sepenuhnya terkendali** dan **sepenuhnya teramati** dapat dikendalikan dengan **umpan-balik peubah keadaan**.

Dengan mengatur gain-matrix **K**:

- ✧ Kendalian yang tidak stabil dapat **di-stabil-kan**
- ✧ Kendalian bisa ditingkatkan **kinerja (performance)**-nya
- ✧ Kinerja sistem dapat di-**optimal**-kan
- ✧ Dan seterusnya.....

"Dominant Poles" dan "Pole Placement"

$$\bar{A} = [A + BK]$$

Model Kendalian yang karakteristiknya ditentukan oleh nilai-eigen matrix A, terutama nilai-eigen yang paling "dekat" dengan sumbu khayal, disebut "dominant poles".

Contoh: $m=2$ $n=3$ maka $K [2 \times 3]$ ada 6 buah pengunt (amplifier) redamir

gain (bati) $\uparrow$ (attenuator)

Model Kendalian yang karakteristiknya ditentukan oleh nilai-eigen matrix A, terutama nilai-eigen yang paling "dekat" dengan sumbu khayal, disebut "dominant poles".

Contoh: $m=2$ $n=3$ maka $K [2 \times 3]$ ada 6 buah pengunt (amplifier) redamir

gain (bati) $\uparrow$ (attenuator)

Model Kendalian yang karakteristiknya ditentukan oleh nilai-eigen matrix A, terutama nilai-eigen yang paling "dekat" dengan sumbu khayal, disebut "dominant poles".

Contoh: $m=2$ $n=3$ maka $K [2 \times 3]$ ada 6 buah pengunt (amplifier) redamir

gain (bati) $\uparrow$ (attenuator)

Model Kendalian yang karakteristiknya ditentukan oleh nilai-eigen matrix A, terutama nilai-eigen yang paling "dekat" dengan sumbu khayal, disebut "dominant poles".

Contoh: $m=2$ $n=3$ maka $K [2 \times 3]$ ada 6 buah pengunt (amplifier) redamir

gain (bati) $\uparrow$ (attenuator)

- ✦ **Karakteristik** suatu kendalian atau sistem kendali yang dimodelkan dengan Model Ruang Keadaan ditentukan oleh **nilai-nilai eigen matrix A**, terutama nilai-nilai eigen yang "**dekat**" dengan sumbu khayal dalam bidang kompleks, yang disebut "**dominant poles**".
- ✦ Dengan mengatur gain-matrix **K**, nilai-nilai eigen matrix **$\bar{A}$** dapat **ditempatkan** di mana saja dalam bidang kompleks agar karakteristik sistem kendali bisa sesuai dengan keinginan.
- ✦ Menempatkan **nilai-nilai eigen matrix $\bar{A}$** pada suatu tempat pada bidang kompleks disebut "**pole placement**".

CONTOH

MATLAB Command

`>>> place` → help place

$$[K] = \text{place}(A, B, \lambda)$$

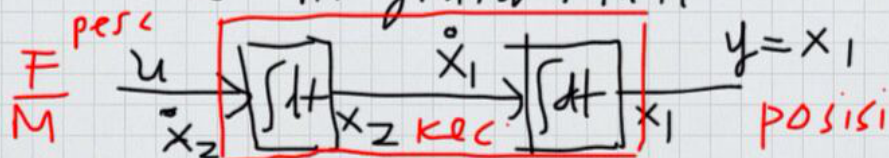
↑
given
↑
λ yang diinginkan
↑
`>>> eig([A+BK])`

Contoh:

"Double Integrator" Plant

$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = u$$



Model Ruang Keadaan:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix}$$

- unstable
- CO

Sebelum pengendalian

$$\det[\lambda I - A] = \det \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} = \det \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix}$$

$$= \det \begin{bmatrix} \lambda & -1 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} = \lambda^2 = 0 \rightarrow \lambda_1, \lambda_2 = 0 \text{ (unstable)}$$

Tunjukkan dengan matrix P dan Q
kendali ini CO → stabilizable

Tentukan gain matrix K sehingga nilai-eigen matrix $\bar{A} = A + BK$ berada di sebelah kiri sumbu khayal: $a \pm jb$, $\alpha < 0$

$$\bar{A} = [A + BK] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ k_1 & k_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ k_1 & k_2 \end{bmatrix}$$

- Ada perintah "`>>>place`" dalam **MATLAB**, bisa digunakan untuk menempatkan nilai-nilai eigen matrix $\bar{A}$ dengan mengatur gain-matrix **K**
- Sebagai contoh diperlihatkan bagaimana mengendalikan kendalian "**double integrator**" yang tidak stabil dengan umpan-balik peubah-keadaan.

$$\bar{A} = [A + BK]$$

$$K = [k_1 \quad k_2]$$

next

CONTOH (lanjutan)

$$\det [\lambda I - \bar{A}] = 0$$

$$\det \begin{bmatrix} \lambda & -1 \\ -k_1 & \lambda - k_2 \end{bmatrix} = 0$$

$$\lambda(\lambda - k_2) - k_1 = 0$$

$$\lambda^2 - k_2\lambda - k_1 = 0$$

$$-k_2 = -2a$$

$$k_2 = 2a < 0$$

$$-k_1 = a^2 + b^2$$

$$k_1 = -(a^2 + b^2) < 0$$

$$K = \begin{bmatrix} -(a^2 + b^2) & 2a \end{bmatrix}$$

↳ dapat ditentukan dengan menempatkan λ di mana saja dalam bidang kompleks

- ✦ Dengan gain-matrix

$$K [1 \times 2] = [- (a^2 + b^2) \quad 2a]$$

nilai-eigen matrix $\bar{A}$ sistem kendali dapat ditempatkan di mana saja pada bidang kompleks

- ✦ Karakteristik sistem kendali dapat ditentukan dengan mengatur gain-matrix K

TUGAS MANDIRI (tidak dikumpul)

- Coba tentukan *gain-matrix* **K** dari kendalian *double-integrator* yang dibahas dalam CONTOH sehingga nilai-nilai eigen matrix **A** merupakan **sepasang nilai-eigen kembar!**
- Kerjakan lagi soal di atas dengan menggunakan perintah MATLAB :
$$>>> \text{place}$$
- Pelajari: <http://www.unhas.ac.id/rhiza/arsip/arsip-macam2/eigenvalues.doc>

SELANJUTNYA

- MODUL 01: (Pengantar/Review) Model RUANG KEADAAN (*State Space*)
- MODUL 02: Konversi Model RUANG KEADAAN ke NISBAH ALIH (ss2tf)
- MODUL 03: Konversi Model NISBAH ALIH ke RUANG KEADAAN (tf2ss)
- MODUL 04: Transformasi SIMILARITAS
- MODUL 05: TANGGAPAN dan KESTABILAN
- MODUL 06: KETERKENDALIAN dan KETERAMATAN
- MODUL 07: UMPAN-BALIK PEUBAH KEADAAN

SELESAI KULIAH DARING

Selanjutnya me-**LURING** untuk:

- Persiapan **MIDTEST**
- **PRAKTIKUM INDIVIDU** (**MANDIRI**)
- **PRAKTIKUM KELOMPOK** (Model Sistem **MOTOR SERVO DC**)
- **UJIAN FINAL**

SELAMAT BELAJAR

Semoga SUKSES meraih PRESTASI!

