

Matakuliah : Teknik Kendali  
Tahun : 2014  
Versi

# Kontroler pada sistem pengaturan

1

## Learning Outcomes

Pada akhir pertemuan ini, diharapkan mahasiswa akan mampu :

- menjelaskan konsep pengendalian sistem pengaturan dengan kontroler PID

2

## Outline Materi

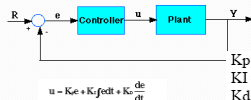
- Pemahaman aksi pengaturan dasar dengan melihat persamaan matematika, arti fisis dan respons yang ditimbulkan :
- time constant, rise time, delay time, settling time, overshoot
- Fungsi Kontroler di industri
- On-off
- Proportional
- Derivative
- Integral

3

## Kontroler otomatis

- Membandingkan nilai sebenarnya dari output PLANT dengan nilai yang diinginkan.
- Menentukan besarnya deviasi output yang diperbolehkan .
- Menghasilkan sinyal pengendali ke Plant untuk memperkecil deviasi sampai suatu nilai deviasi yang kecil ataupun nol.

4



$K_p$  = Proportional gain  
 $K_I$  = Integral gain  
 $K_d$  = Derivative gain

Plant adalah bagian yang dikendalikan

Fungsi kontroler sangat penting karena:

Kontroler menyediakan sinyal pengendali ke plant.

Kontroler didesain untuk mengendalikan perilaku sistem secara keseluruhan

5

## Beberapa macam kontroler di industri:

On / off controller (bang bang controller)

Proportional controller

Integral controller

Derivative controller

PI, PD controller

PID controller

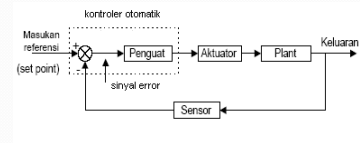
$K_p$  = Proportional gain  
 $K_I$  = Integral gain  
 $K_d$  = Derivative gain

6

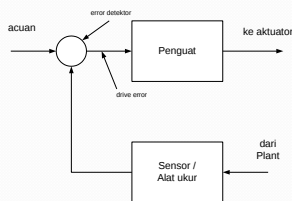
### The characteristics of P, I, and D controllers

| CL RESPONSE | RISE TIME    | OVERSHOOT | SETTLING TIME | S-S ERROR    |
|-------------|--------------|-----------|---------------|--------------|
| Kp          | Decrease     | Increase  | Small Change  | Decrease     |
| Ki          | Decrease     | Increase  | Increase      | Eliminate    |
| Kd          | Small Change | Decrease  | Decrease      | Small Change |

7



8



1. Kontroler otomatis mempunyai fungsi mendeteksi sinyal kesalahan penggerak (drive error), memperkuat sinyal tsb agar mempunyai daya yg cukup untuk menggerakkan aktuator.
2. Output kontroler dicatukan ke peralatan daya (power) seperti motor hidrolik, pneumatik ataupun valve atau motor listrik

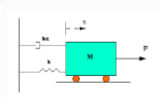
9

- Kontroler terdiri atas error detector dan penguat
- Alat ukur/sensor mengkonversi besaran variable output plant menjadi besaran fisis yang sesuai untuk dibandingkan misalnya temperatur, tekanan ataupun kecepatan putaran, menjadi sinyal listrik ataupun sinyal lainnya yg sesuai dengan sinyal dari acuan.
- Titik setel pada kontroler harus di-set sebagai acuan yg mempunyai besaran fisis dengan satuan yang sama dengan sinyal catu balik dari sensor yang berasal dari plant.
- sering dijumpai pada penguat dilengkapi dengan kemampuan untuk mendiferensiasikan dan atau mengintegrasikan sinyal error untuk menghasilkan sinyal kendali yang lebih baik.

10

- Aktuator adalah peralatan yang mengubah ataupun mengkonversi sinyal dari kontroler menjadi besaran fisis yang lain ke plant
- Sensor adalah peralatan yang berfungsi mengkonversi besaran fisis output dari plant menjadi besaran fisik yang sama/ sesuai dengan titik setel pada kontroler

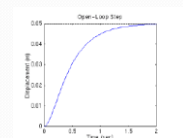
11



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

- $M = 1 \text{ kg}$
- $b = 10 \text{ N.s/m}$
- $k = 100 \text{ N/m}$
- $F(s) = 1$

Open-loop step response



$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{s^2 + 10s + 100}$$

12

Beberapa macam Aksi Pengaturan kontroler di industri:

On / off controller (bang bang controller)

Proporsional controller

Integral controller

Derivative controller

PI, PD controller

PID controller

$K_p$  = Proportional gain  
 $K_I$  = Integral gain  
 $K_d$  = Derivative gain

13

### On / off controller (bang bang controller)

- Merupakan pengatur 2 posisi → posisi ON dan posisi OFF
- Relatif sederhana
- Murah harganya → banyak digunakan di industri maupun rumah

#### Aksi Kontrol On-Off

➢ Mempunyai 2 posisi On dan Off.

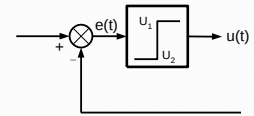
➢ Sederhana dan tidak mahal.

➢  $U(t) = U_1$  untuk  $e(t) > 0$

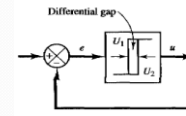
$U(t) = U_2$  untuk  $e(t) < 0$

➢ Ada efek histeresis, ada osilasi di titik sekitar set-point

➢ Differential gap untuk menghindari mekanisme on/off yg terlalu sering

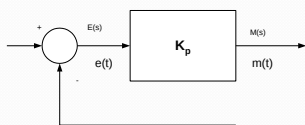


Kontroler On-Off



14

### Aksi Pengaturan proporsional



$$m(t) = K_p \cdot e(t)$$

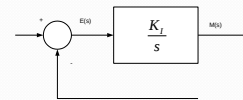
dalam domain Laplace

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p$$

- Timbul error offset jika beban berubah
- Untuk plant yg tidak banyak perubahan
- Pada kontroler elektronik perubahan penguatan berupa penguatan gain amplifier

15

### Aksi Pengaturan Integral



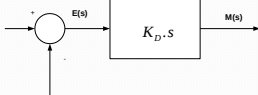
$$m(t) = K_i \int_0^t e(t) \cdot dt$$

$$\frac{M(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$

- Untuk error naik 2x maka laju perubahan m(t) naik 2x lebih cepat
- Untuk error konstan (tetap) maka m(t) akan tidak berubah

16

### Aksi Pengaturan Derivative

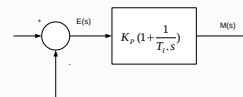


$$m(t) = T_d \cdot \frac{d}{dt} e(t)$$

$$\frac{M(s)}{E(s)} = T_d \cdot s$$

17

### Aksi Pengaturan Proporsional + Integral (PI)



$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) \cdot dt$$

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i \cdot s} \right)$$

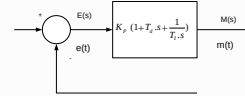
18

## Aksi Pengaturan Proporsional + derivative (PD)



19

## Aksi Pengaturan Proporsional + Integral + derivative (PID)



Aksi Pengaturan Kontroler PID

– Persamaan output kontroler

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{d}{dt} e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

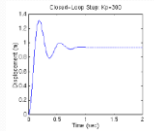
Fungsi alih kontroler

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + T_d s + \frac{1}{T_i s} \right)$$

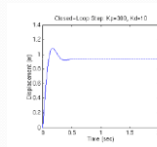
20

## Proportional control

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_p}{s^2 + 10s + (20 + K_p)}$$



## Proportional-Derivative control

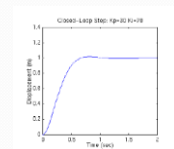


21

## Proportional-Integral control

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_p s + K_i}{s^3 + 10s^2 + (20 + K_p)s + K_i}$$

```
Kp=10;
Ki=10;
num=[Kp Ki];
den=[1 10 20+Kp Ki];
t=0:0.01:2;
step(num,den,t)
```

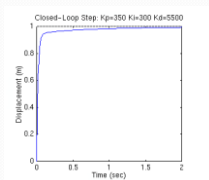


22

## Proportional-Integral-Derivative control

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_p s^2 + K_i s + K_d}{s^3 + (10 + K_d)s^2 + (20 + K_p)s + K_i}$$

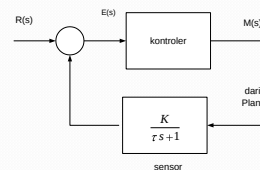
```
Kp=100;
Ki=100;
Kd=50;
num=[Kd Kp Ki];
den=[1 10+Kd 20+Kp Ki];
t=0:0.01:2;
step(num,den,t)
```



23

## Pengaruh sensor / alat ukur terhadap kinerja sistem

- Sensor/ alat ukur yg terpasang di bagian feedback sistem.
- Karakteristik statik maupun dinamik sensor /alat ukur mempengaruhi penunjukan sebenarnya dari variable output sistem.
- Jika time constant sensor / alat ukur lebih kecil dari time constant komponen lain pada sistem → fungsi alih sensor konstanta

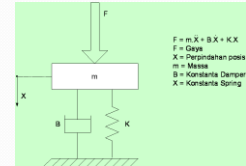


24

### Kontroler Pneumatik

- Kontroler dengan tekanan angin yg relatif rendah sering dijumpai di industri
- Alasan dipakainya secara luas di industri → tidak berbahaya/ meledak, sederhana, mudah perawatannya.
- Komponen :
  - Nozzle flapper,
  - relay,
  - pneumatic control valve

25



26