

## **Bab III SISTEM PENGUKURAN**

- III.1. Karakteristik Statis**
- III.2. Karakteristik Dinamis**
- III.3. Prinsip Dasar Pengukuran**

### **Sistem pengukuran**

- Sistem pengukuran merupakan bagian pertama dalam suatu sistem pengendalian
- Jika input sistem pengendalian salah, maka output salah
- Jika hasil pengukuran (input sistem pengendalian) salah, maka hasil pengendalian pasti salah, walaupun sebenarnya sistem pengendalian sangat baik

### **Karakteristik instrument pengukuran**

1. Karakteristik Statis  
→ karakter yang menggambarkan parameter instrument dalam keadaan steady
2. Karakter Dinamis  
→ karakter yang menggambarkan respon (tanggapan) dinamik (fungsi waktu)

### **III.1. Karakteristik Statis**

- **Akurasi**
- **Presisi**
- **Toleransi**
- **Range (span)**
- **Linieritas**
- **Hysterisis**

### **Akurasi (ketelitian)**

- Ketepatan alat ukur dalam memberikan hasil pengukuran
- Ada beberapa cara menyatakan akurasi
1. Dalam variabel pengukuran  
contoh ; Termometer skala 0°F – 100°F dengan akurasi 1 °F  
Artinya jika pengukuran menunjukkan 60 °F, maka nilai sebenarnya adalah 59°F – 61°F

2. Dalam presentase span  
contoh : pressure transmitter range 100 – 400 psi. akurasi 0,5 % span  
 $akurasi = 0,5 \% \times (400 - 100) = 1,5 \text{ psi}$   
Jika pengukuran menunjukkan 200 psi, maka sebenarnya adalah 198,5 – 201,5 psi
3. Dalam presentase skala maksimum  
contoh voltmeter skala maksimum 200 V dg akurasi 1% FS (full scale)  
 $akurasi = 1 \% \times 200 = 2 \text{ V}$

4. Dalam presentase pembacaan contoh Level transmitter mempunyai akurasi 5 % output  
 jika sinyal menunjukkan 40 %, maka akurasi adalah  $40 \times 5 \% = 2 \%$ , sehingga nilai sebenarnya 38 – 42 %  
 jika sinyal menunjukkan 60 %, maka akurasi adalah  $60 \times 5 \% = 3 \%$ , sehingga nilai sebenarnya 57 – 63 %

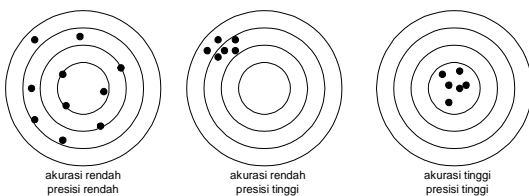
### Presisi / repeatability

- Kemampuan sistem pengukuran untuk menampilkan ulang output yang sama pada pengukuran berulang singkat

Contoh

voltmeter mempunyai repeatability 0,2 %.  
 jika pengukuran sebenarnya 100 v, maka ketika pengukuran diulang – ulang ( mis 20 kali) maka pembacaan akan berkisar 99,8 – 100,2 V

### Akurasi vs presisi



### Toleransi

- Menunjukkan kesalahan maksimum
- Contoh hidrometer mempunyai spesifikasi

Range 600 – 650 kg/m<sup>3</sup>  
 scale subdivision 1 kg/m<sup>3</sup>  
 tolerance 0,6 kg/m<sup>3</sup>

Alat ini untuk mengukur densitas 600 – 650 kg/m<sup>3</sup>, skala interval 1 kg/m<sup>3</sup>, dan kesalahan maksimum 0,6 kg/m<sup>3</sup>

### Range (span)

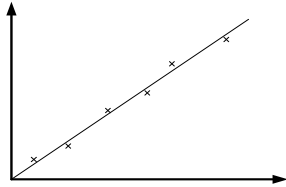
- Selisih nilai maksimum dan minimum yang dapat diukur oleh alat
- Contoh termometer  
 range and subdivision °C      maximum error °C  
 - 0,5 to + 40,5 x 0,1                      0,2  
 Artinya kisaran pengukuran – 0,5 sampai 40,5 °C, skala interval 0,1 °C dan kesalahan maksimum 0,2 °C

### Sensitivitas

- Perubahan output instrumen yang terjadi ketika kualitas pengukuran berubah
- Contoh timbangan  
 Capacity 250 g Sensitive to 1 mg
- Artinya timbangan dapat digunakan sampai 250 g dan perubahan massa yang dapat dideteksi sebesar 1 mg

## Linieritas

Pengukuran yang baik adalah jika input pengukuran (nilai sesungguhnya) memberikan output (nilai yang ditunjukkan alat ukur) yang sebanding lurus



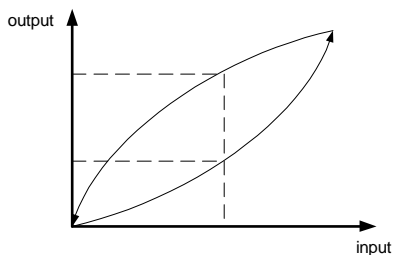
- Penyimpangan dari garis linier disebut linieritas
- Sebuah alat ukur mempunyai linieritas 1 % jika kurva hubungan input (keadaan sesungguhnya) dan output (yang ditunjukkan alat ukur) berkelok menyimpang selisih +/- 1 %

- Bentuk non linier : parabola, berkelok, lengkung
- Control valve linier pada 40 – 75 % bukaan, artinya jika hubungan sinyal input dengan aliran (flow) yang melalui control valve linier (lurus) pada 40 – 75 %.

## Hysterisis

Contoh : Suatu termometer digunakan untuk mengukur 60 °C, akan menunjukkan angka yang berbeda jika sebelumnya digunakan untuk mengukur fluida 20 °C dengan jika sebelumnya digunakan untuk mengukur fluida 100 °C

- Perbedaan (kesalahan) ini disebut hysteresis



## III.2. Karakteristik Dinamis

- Hubungan input (nilai sesungguhnya) dan output (nilai yang ditunjukkan alat ukur) sebagai fungsi waktu dapat dinyatakan dengan persamaan

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = bf(t)$$

$y$  → variabel output deviasi

$f$  → variabel input deviasi

Variabel deviasi = selisih nilai sesungguhnya dengan nilai keadaan steady

## Instrumen orde nol

$$a_0 y = b f(t)$$

$$y = b/a f(t)$$

## Instrumen orde satu

$$a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b f(t)$$

$$\tau_p \frac{dy}{dt} + y = K_p f(t)$$

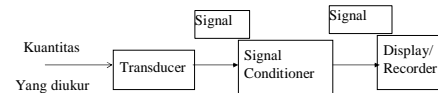
$$\tau_p = \frac{a_1}{a_0} \quad \text{disebut sebagai } \textit{time constant} \text{ (konstanta waktu)}$$

$$K_p = \frac{b}{a_0} \quad \text{disebut sebagai } \textit{steady-state gain} \text{ atau } \textit{static gain} \text{ atau } \textit{gain}$$

## contoh

Termometer mempunyai konstanta waktu 0,1 menit pada temperatur steady 90 °F. Pada  $t = 0$ , termometer ditempatkan pada cairan temperatur 100 °F. Tentukan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 98 °F. Static gain = 1.

## III.3. Prinsip Dasar Pengukuran



## **Transducer** atau elemen pendeteksi

- yaitu elemen sistem pengukuran yang berfungsi mengubah satu bentuk informasi (*signal*) menjadi bentuk informasi lain. Perubahan bentuk informasi ini dimaksudkan untuk mendapatkan bentuk informasi yang dapat diukur

## **Signal conditioner**

- yaitu elemen sistem pengukuran yang berfungsi mengkonversi informasi dari transducer menjadi bentuk informasi yang dapat ditampilkan (*display*). Elemen ini bertugas memperbesar informasi dari transducer agar dapat terbaca pada *display* alat pengukuran.

## ***Display***

- yaitu elemen sistem pengukuran yang berfungsi mengkonversi signal instrumen dari satu bentuk menjadi bentuk lain yang didesain untuk memberikan persepsi bagi pengamat (orang yang melakukan pengukuran)

## **Penempatan Display**

- Display lokal  
→ langsung di alat yang diukur, murah (tanpa transmisi dan sistem digital)
- Display panel lokal  
→ beberapa alat ditampilkan pada panel di sekitar peralatan
- Control room  
→ hasil pengukuran ditampilkan di ruang khusus
- Remote monitoring

