

# Materi-4

## SENSOR DAN TRANSDUSER

52150802 (2 SKS / TEORI)

SEMESTER 110 TA 2019/2020





# KARAKTERISTIK DAN JENIS SENSOR

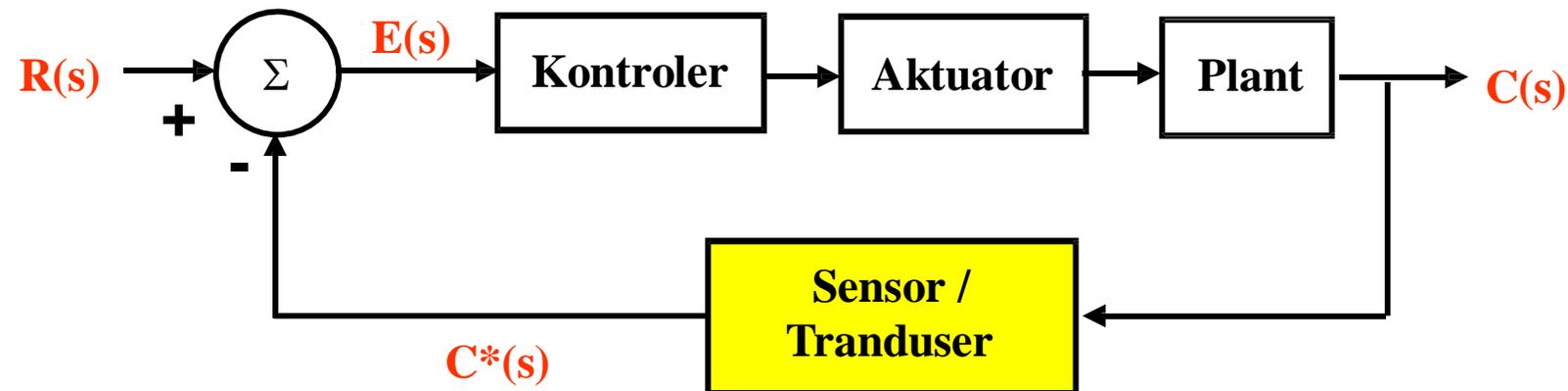
- Pada **sistem pengendalian loop tertutup**, terkadang bentuk energi dari sinyal keluaran plant tidak sama dengan bentuk energi dari sinyal masukan sehingga tidak dapat dibandingkan, oleh karena itu diperlukan sensor atau transduser untuk mengubah bentuk energi sinyal keluaran menjadi sama dengan bentuk energi sinyal masukan acuan.
- Pada bagian ini akan dijelaskan tentang sensor dan transduser termasuk fungsinya dalam **sistem pengendalian** dan klasifikasi transduser dan sensor berdasarkan bentuk energi sinyal terukur.

## Spesifikasi Teknis

- Menyatakan seberapa baik korelasi antara masukan dan keluaran transduser atau sensor
- Spesifikasi teknis terdiri dari :
  1. Akurasi
  2. Sensitivitas
  3. Resolusi
  4. Hysteresis
  5. Repeatability

## Fungsi

- Transduser mentransformasikan suatu sinyal dari bentuk energi yang satu menjadi bentuk energi yang lain atau dari besaran fisik yang satu menjadi besaran fisik yang lain.
- Keluaran transduser : sinyal listrik (arus, tegangan, resistansi, kapasitansi atau frekuensi)
- Pada dasarnya sensor juga merupakan transduser. Yang membedakan antara sensor dengan transduser adalah aplikasi dan penggunaannya.



## Respon Sensor dan Tranduser

- Bisa berupa sistem orde pertama atau orde kedua.
- Pada umumnya tranduser atau sensor merupakan sistem orde pertama, maka :

$$\frac{C^*(s)}{C(s)} = \frac{K}{\tau_t s + 1}$$

$C^*(s)$  dan  $C(s)$  : masukan dan keluaran tranduser ,

$K$  : Gain dan  $\tau_t$  : konstanta waktu tranduser atau sensor

## Respon Sensor dan Transduser

- Jika konstanta waktu transduser lebih cepat daripada konstanta waktu plant ( $\tau_t \ll \tau$ ) maka konstanta waktu transduser bisa diabaikan.
- Sehingga :

$$\frac{C^*(s)}{C(s)} = K$$

Contoh : tachogenerator (transduser kecepatan)

## **Spesifikasi Teknis**

- Menyatakan seberapa baik korelasi antara masukan dan keluaran transduser atau sensor
- Performansi sebuah sensor ditentukan oleh karakteristik statis dan dinamik

## **Karakteristik Statis**

- Karakteristik Statis terdiri dari :
  1. Akurasi
  2. Sensitivitas
  3. Resolusi
  4. Hysteresis
  5. Repeatability
  6. Linieritas

## Karakteristik Dinamik

- Menyatakan seberapa cepat perubahan keluaran yang terjadi terhadap perubahan masukan
- Spesifikasi dinamik terdiri dari :
  1. Rise time
  2. Time konstan
  3. Dead time
  4. Respon frekuensi
  5. Parameter orde kedua : rasio peredaman, frekuensi natural, settling time, dan maksimum overshoot.

## Klasifikasi

Berdasarkan bentuk energi/besaran sinyal masukan, transduser sensor dalam sistem pengendalian umumnya dapat diklasifikasikan menjadi :

### 1. Transduser atau sensor mekanik

- sensor perpindahan, lokasi atau posisi, sensor level, dan sensor gerakan
- banyak digunakan pada sistem servomekanik

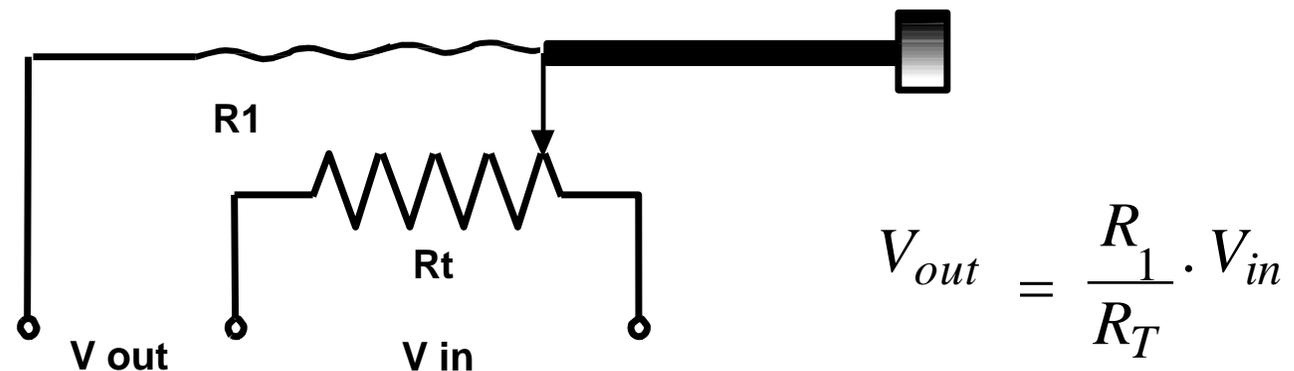
### 2. Transduser atau sensor temperatur

- banyak digunakan pada sistem pengendalian proses.

## Contoh Sensor Perpindahan

### 1. Potensiometer linier

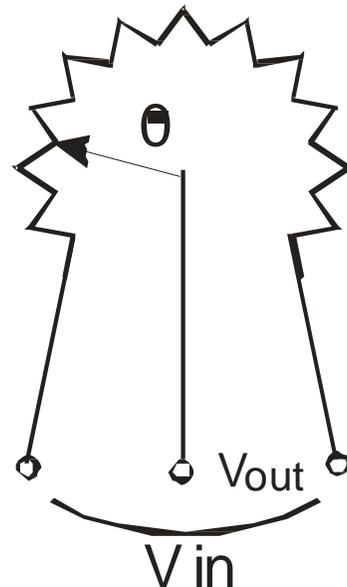
- mengubah gerakan linier ke dalam suatu resistansi variabel yang bisa diubah langsung ke sinyal tegangan dan/atau arus.



## Contoh Sensor Perpindahan

### 2. Potensiometer rotary

- mengubah gerakan anguler ke dalam suatu resistansi variabel yang bisa diubah langsung ke sinyal tegangan dan/atau arus.

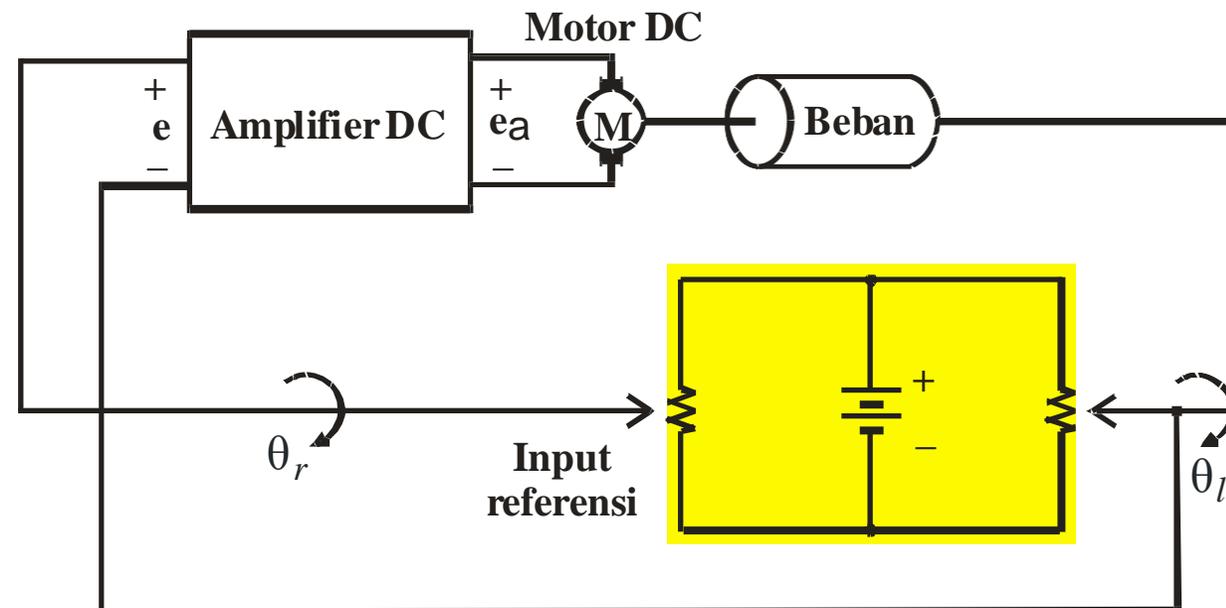


$$V_{out} = \frac{\theta}{360^0} \cdot V_{in}$$

## Contoh Sensor Perpindahan

### 2. Potensiometer rotary

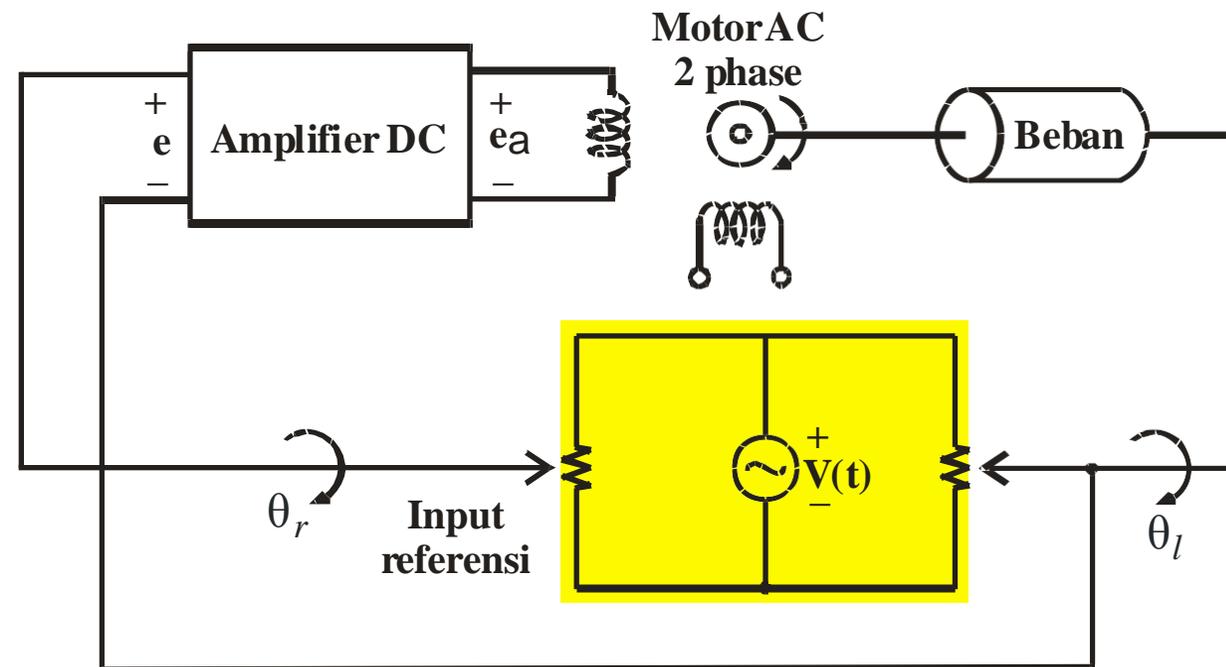
Penggunaan potensiometer rotary pada sistem pengendalian posisi motor DC



## Contoh Sensor Perpindahan

### 2. Potensiometer rotary

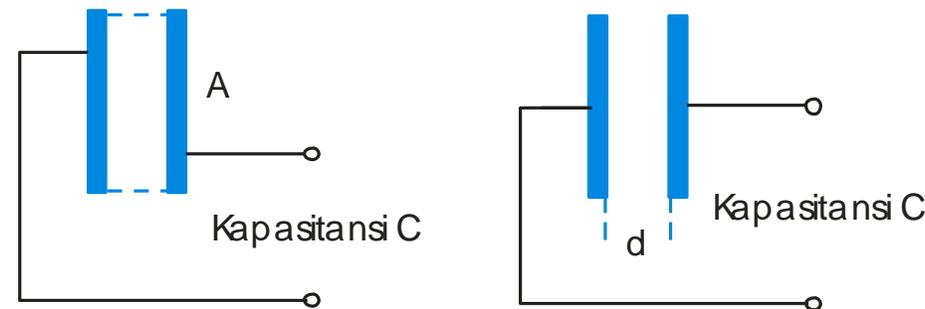
Penggunaan potensiometer rotary pada sistem pengendalian posisi motor AC 2 Fase



## Contoh Sensor Perpindahan

### 3. Sensor Kapasitif

Mengubah perubahan kapasitansi menjadi sinyal arus atau tegangan.



$$C = K \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

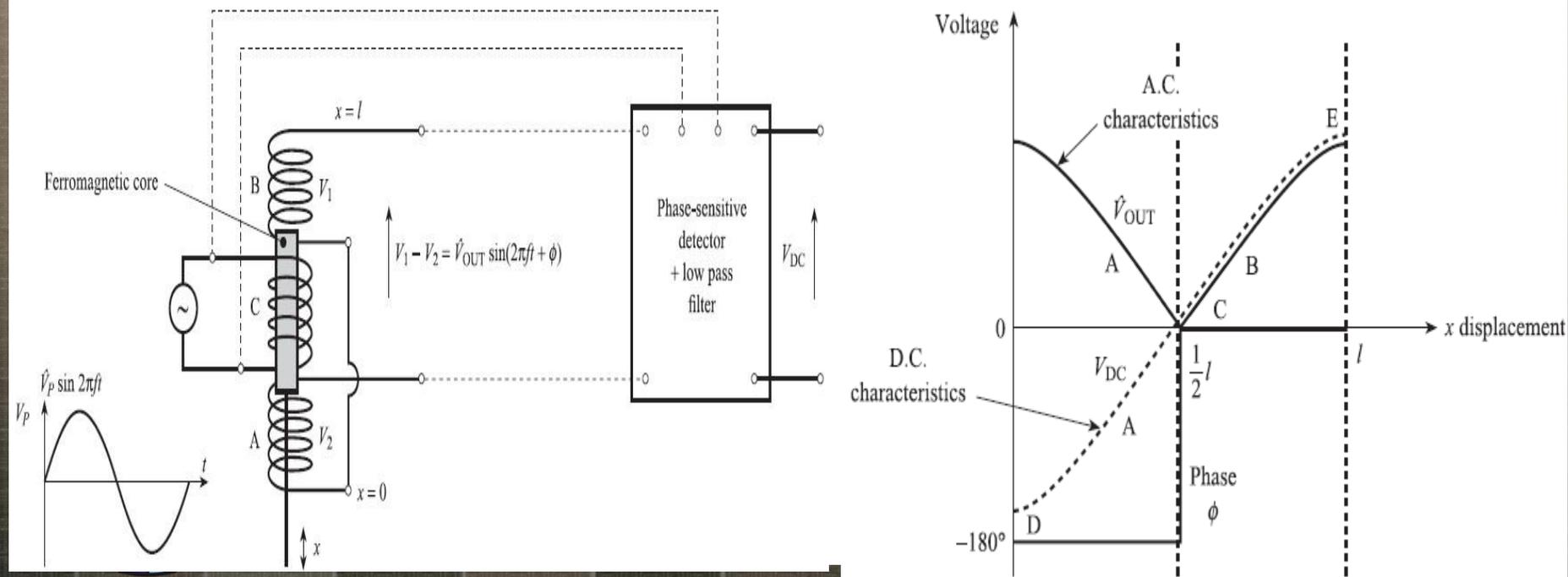
$K$  : konstanta dielektrik,  $\varepsilon_0$  : permitivitas = 8,85 pF/m,

$A$  : luas penampang plat,  $d$  : adalah jarak antar-plat

## Contoh Sensor Perpindahan

### 4. Sensor Induktif

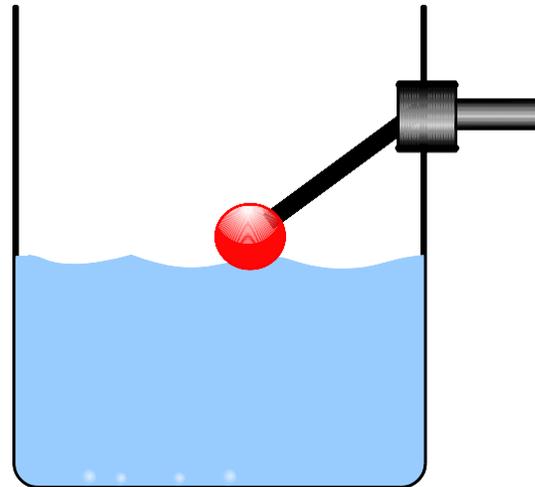
- Jika sebuah inti (core) permeable dimasukkan ke dalam suatu induktor, maka induktansi terkait akan naik.
- Tiap posisi baru dari inti menghasilkan induktansi yang berbeda
- Gabungan antara induktor dan movable core tersebut dapat digunakan sebagai sensor perpindahan.
- Dikenal sebagai sensor **Linear Variable Differential Transformer (LVDT)**



## Contoh Sensor Level

### 1. Pelampung

- Pelampung ini dihubungkan oleh linkage (penghubung) ke sistem pengukuran perpindahan sekunder seperti potensiometer



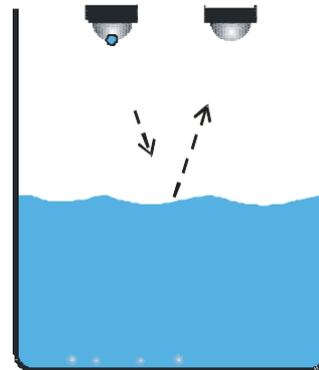
## Contoh Sensor Level

### 2. Ultrasonik

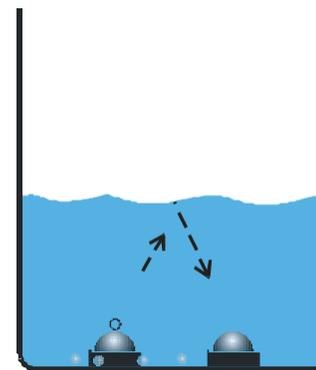
- Ada 2 teknik untuk mengukur level dengan menggunakan refleksi ultrasonik, yaitu :

**teknik eksternal** : untuk solid/liquid material

**teknik internal** : untuk liquid material



eksternal

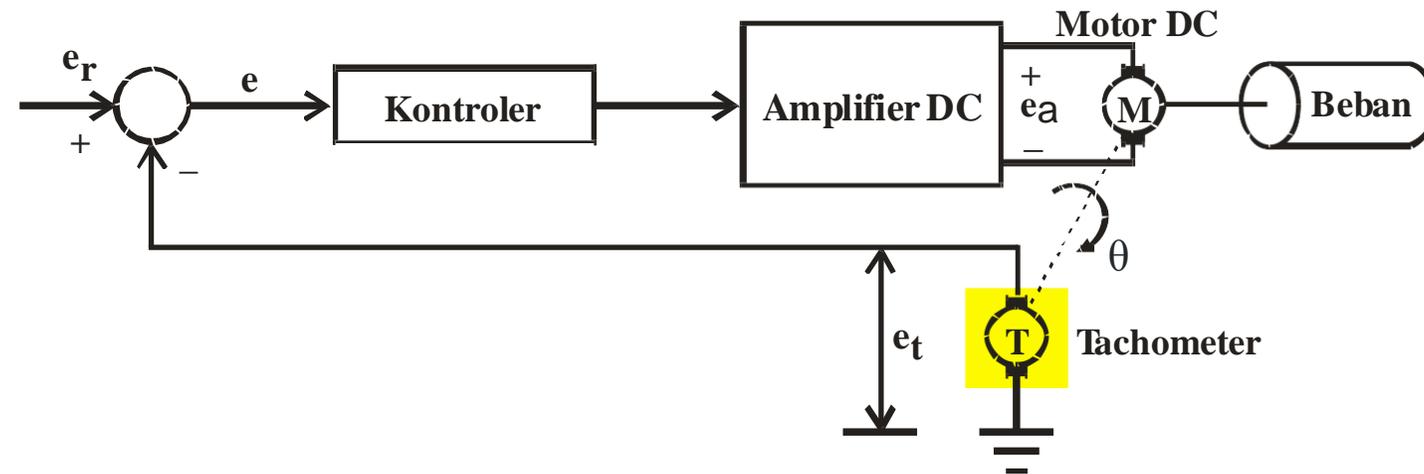


internal

## Contoh Sensor Kecepatan

### 1. Tachometer

- Transduser yang digunakan untuk mengubah sinyal kecepatan menjadi sinyal tegangan.
- Penggunaan tachometer pada sistem pengendalian kecepatan motor DC



## Contoh Sensor Temperatur

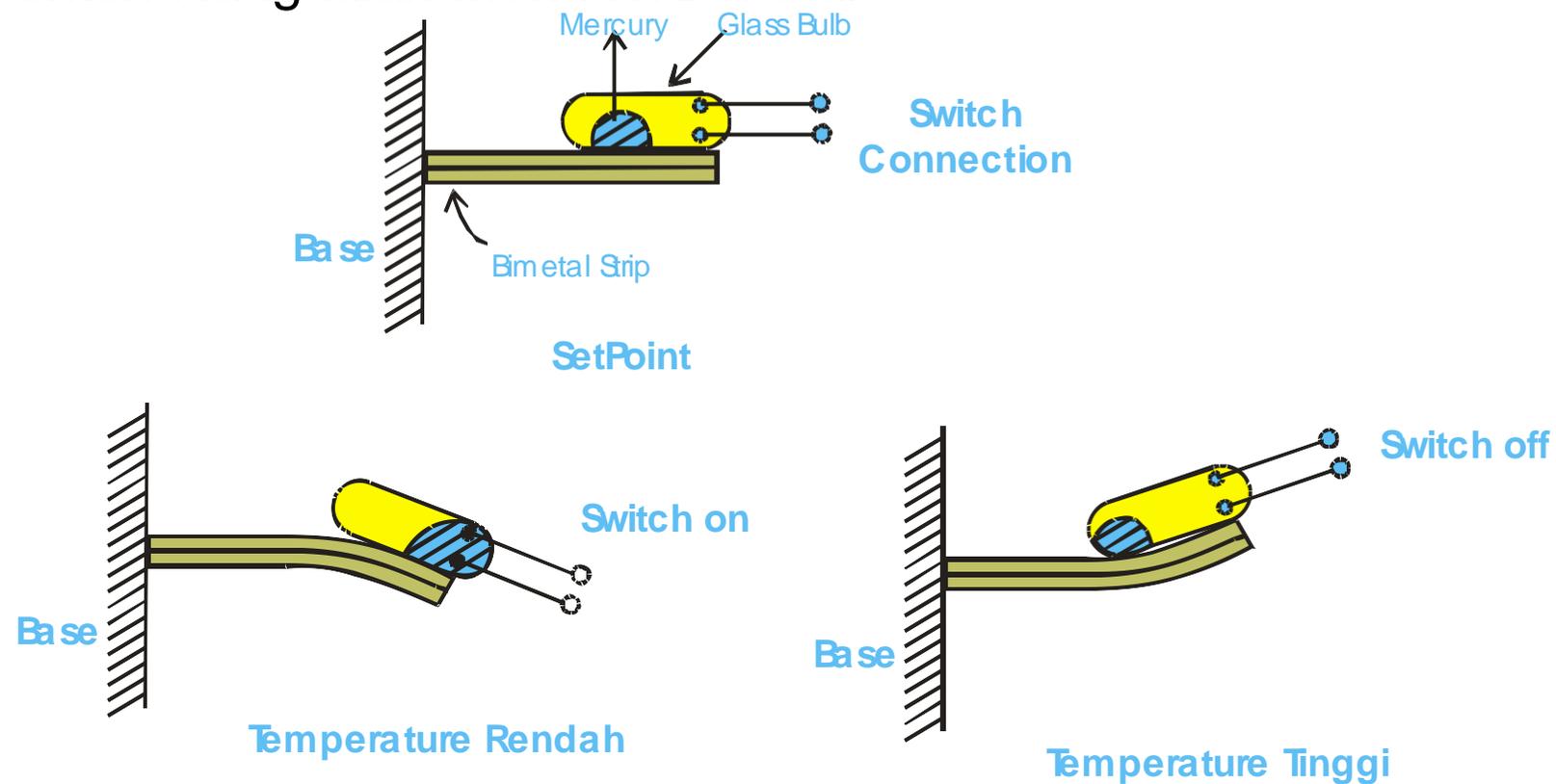
### 1. Bimetal

- Sensor yang mengubah perubahan nilai temperatur menjadi energi mekanik.
- Terdiri dari dua metal berbeda dengan koefisien ekspansi termal berbeda yang dilekatkan menjadi satu.
- Koefisien ekspansi termal yang tidak sama pada kedua metal akan mengakibatkan keping bimetal melengkung.

## Contoh Sensor Temperatur

### 1. Bimetal

- Contoh Rangkaian Mekanik Bimetal



## Contoh Sensor Temperatur

### 2. Resistance Temperature Detector (RTD)

- Transduser yang mengubah perubahan nilai temperatur menjadi nilai resistansi pada suatu logam.
- Hubungan antara temperatur dan resistansi :

$$R(T) = R(T_0) [1 + \alpha_1 \Delta T + \alpha_2 (\Delta T)^2]$$

Jika  $\Delta T \ll$  , maka :

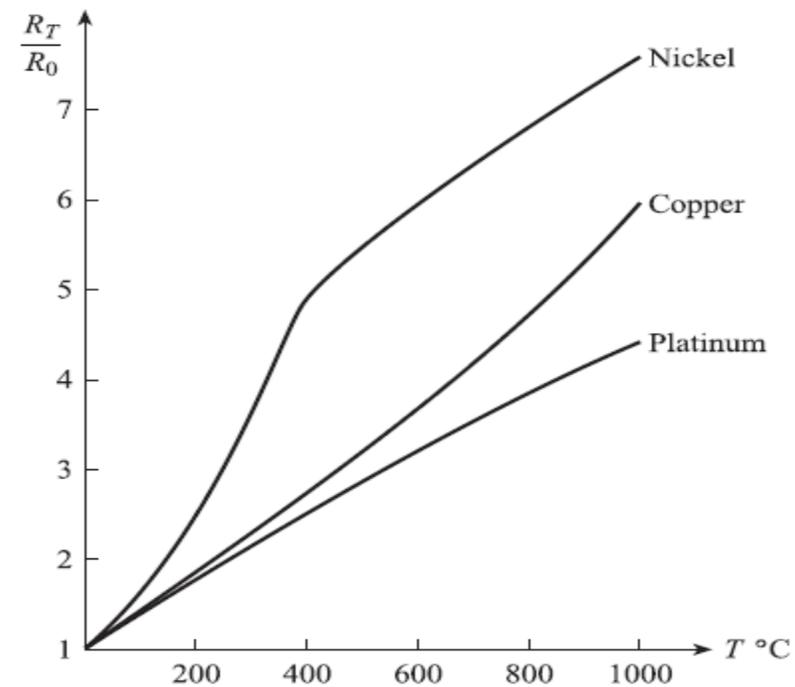
$$R(T) = R(T_0) [1 + \alpha_0 \Delta T]$$

→ *positive temperature coefficient (PTC)*

## Contoh Sensor Temperatur

### 2. Resistance Temperature Detector (RTD)

- Grafik Hubungan Tahanan dengan Suhu RTD



## Contoh Sensor Temperatur

### 3. Thermistor

- Transduser yang mengubah perubahan nilai temperatur menjadi nilai resistansi pada suatu semikonduktor.
- Hubungan antara temperatur dan resistansi :

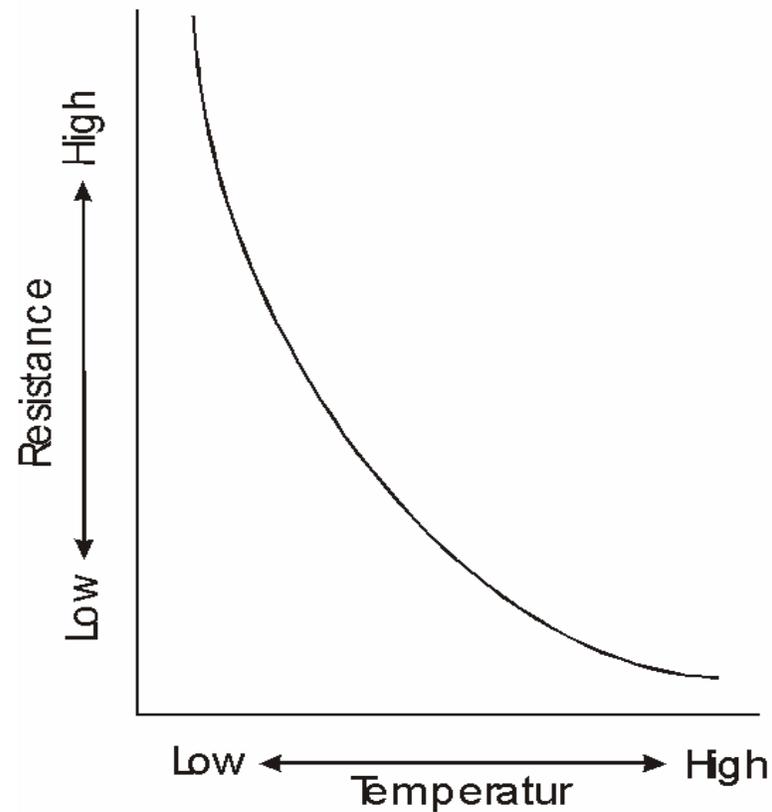
$$R(T) = R(T_0) e^{\beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

→ *negative temperature coefficient (NTC)*

## Contoh Sensor Temperatur

### 3. Thermistor

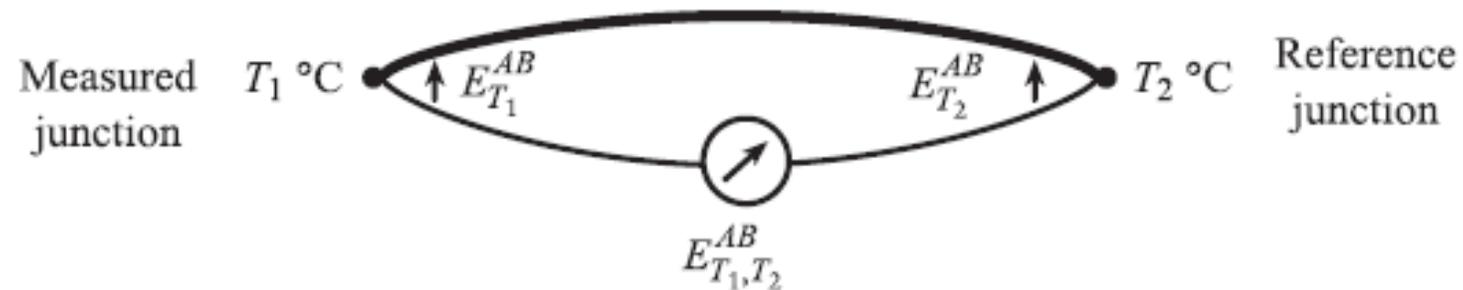
- Grafik Hubungan Tahanan dengan Suhu Thermistor



## Contoh Sensor Temperatur

### 4. Termokopel

- Transduser yang mengubah perubahan nilai temperatur menjadi emf



- Persamaan Termokopel

$$\begin{aligned} E_{T_1, T_2}^{AB} &= E_{T_1}^{AB} - E_{T_2}^{AB} \\ &= a_1(T_1 - T_2) + a_2(T_1^2 - T_2^2) + a_3(T_1^3 - T_2^3) + \dots \end{aligned}$$

## Contoh Sensor Temperatur

### 4. Termokopel

Tipe	Material	Range normal
J	Iron-constantan	-190°C s/d 760°C
T	Copper-constantan	-200°C s/d 371°C
K	Chromel-alumel	-190°C s/d 1260°C
E	Chromel-constantan	-100°C s/d 1260°C
S	90% Platinum + 10% rhodium-platinum	0°C s/d 1482°C
R	87% platinum + 13% rhodium-platinum	0°C s/d 1482°C

1. Pada sistem pengendalian, sensor atau transduser mengubah bentuk energi sinyal keluaran dari plant menjadi sama dengan bentuk energi sinyal masukan acuan.
2. Sensor mekanik banyak digunakan pada sistem servomekanik dan sensor temperatur banyak digunakan pada sistem pengendalian proses.