

# **SENSOR DAN TRANSDUSER**

**2SKS Teori**

**Dedi Nurcipto,MT**

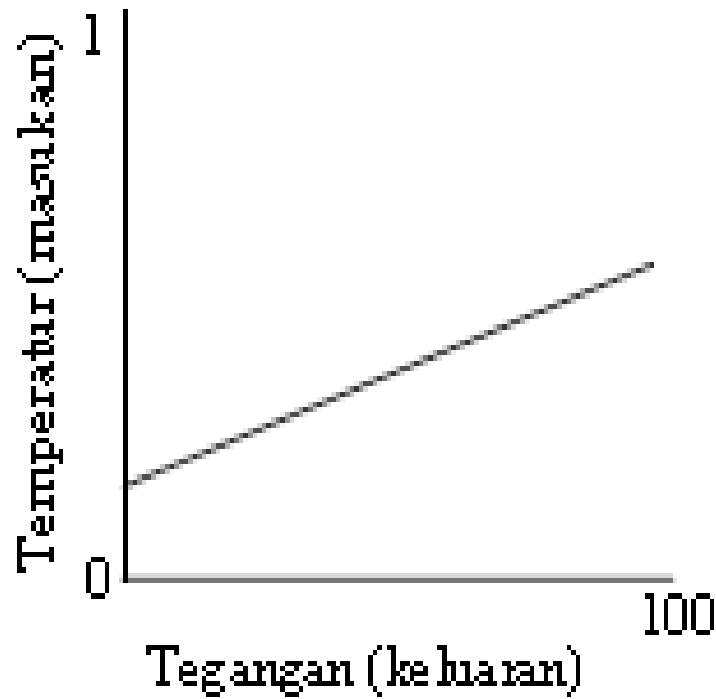
**Universitas Dian Nuswantoro  
Semarang**

# Peryaratan Umum Sensor dan Transduser

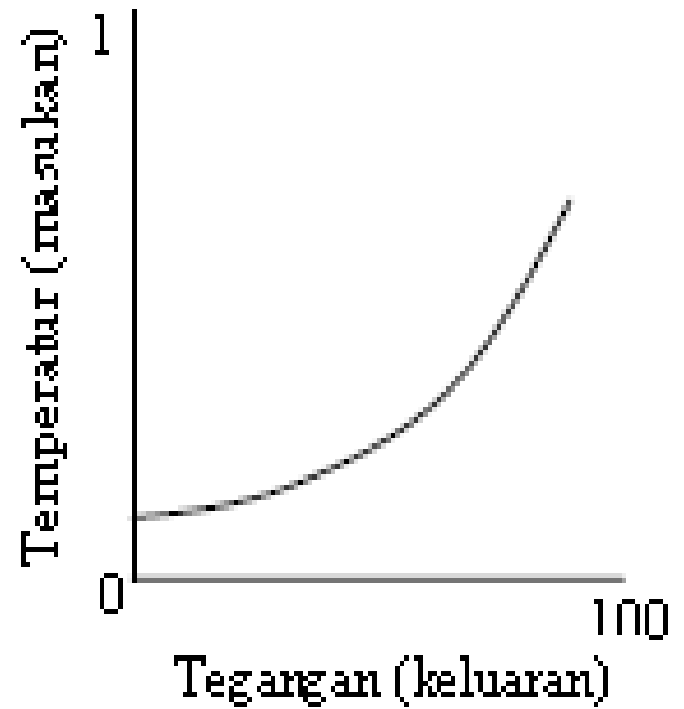
- ▣ Dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini :

## 1. Linearitas

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya.



(a) Tangapan linier



(b) Tangapan non linier

## 2. Sensitivitas

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur.

Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan”.

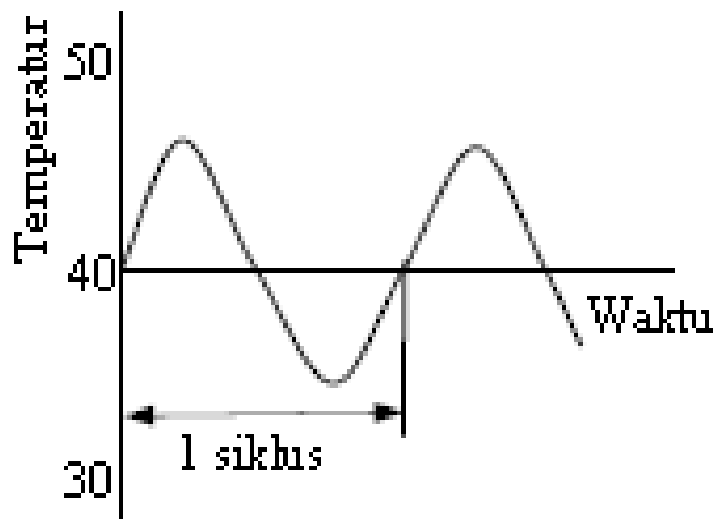
Beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan “satu volt per derajat”, yang berarti *perubahan* satu derajat pada masukan akan menghasilkan *perubahan* satu volt pada keluarannya.

- ▣ Sensor panas lainnya dapat saja memiliki kepekaan “dua volt per derajat”, yang berarti memiliki kepekaan dua kali dari sensor yang pertama.
- ▣ Linieritas sensor juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan.

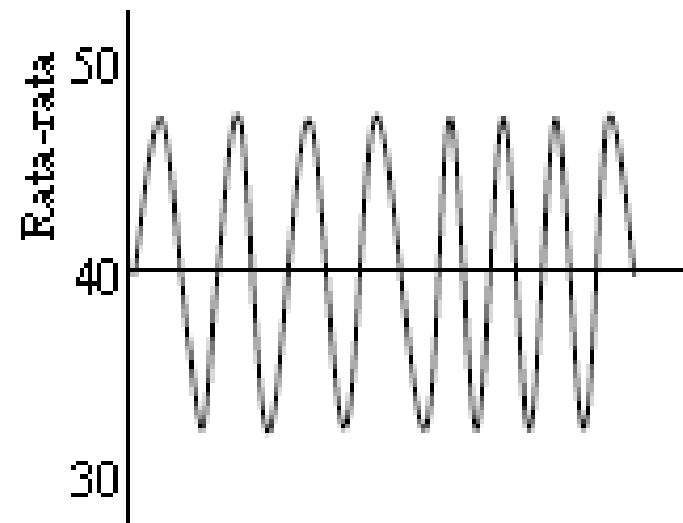
### 3. Tanggapan Waktu

- ▣ Tanggapan waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan.
- ▣ Sebagai contoh, instrumen dengan tanggapan frekuensi yang jelek adalah sebuah termometer merkuri. Masukannya adalah temperatur dan keluarannya adalah posisi merkuri. Misalkan perubahan temperatur terjadi sedikit demi sedikit dan kontinu terhadap waktu.

- ▣ Frekuensi adalah jumlah siklus dalam satu detik dan diberikan dalam satuan hertz (Hz). { 1 hertz berarti 1 siklus per detik, 1 kilohertz berarti 1000 siklus per detik}. Pada frekuensi rendah, yaitu pada saat temperatur berubah secara lambat, termometer akan mengikuti perubahan tersebut dengan “setia”.
- ▣ Tetapi apabila perubahan temperatur sangat cepat, maka tidak diharapkan akan melihat perubahan besar pada termometer merkuri, karena ia bersifat lamban dan hanya akan menunjukkan temperatur rata-rata.



(a) Perubahan lambat



(b) Perubahan cepat



# Klasifikasi Sensor

Secara umum berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu:

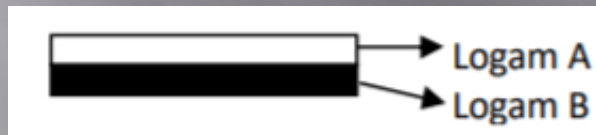
- a. sensor thermal (panas)
- b. sensor mekanis
- c. sensor optik (cahaya)

- ▣ **Sensor thermal** adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperature/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu.
- ▣ **Contohnya;** *bimetal, termistor, termokopel, RTD, photo transistor, photo dioda, photo multiplier, photovoltaik, infrared pyrometer, hygrometer, dsb.*

# Bimetal

- ▣ Bimetal adalah sensor suhu yang terbuat dari dua buah lempengan logam yang berbeda koefisien muainya ( $\alpha$ ) yang direkatkan menjadi satu. Bila suatu logam dipanaskan maka akan terjadi pemuaian, besarnya pemuaian tergantung dari jenis logam dan tingginya temperatur kerja logam tersebut.

- Dalam aplikasinya bimetal dapat dibentuk menjadi saklar Normally Closed (NC) atau Normally Open (NO)



Bimetal sebelum dipanaskan



Bimetal sesudah dipanaskan

Disini berlaku rumus pengukuran temperature dwi-logam yaitu

$$r = \frac{t \left[ 3(1+m)^2 + (1+mn) \left( m^2 + \frac{1}{mm} \right) \right]}{6(\alpha_1 + \alpha_2)(T - T_0)(1+m)^2}$$

$r$  = jari-jari pembengkokan

$t$  = tebal gabungan bilah terikat

$n$  = perbandingan modulus elastis, bahan ekspansi rendah dengan bahan ekspansi tinggi ( $E_B/E_A$ )

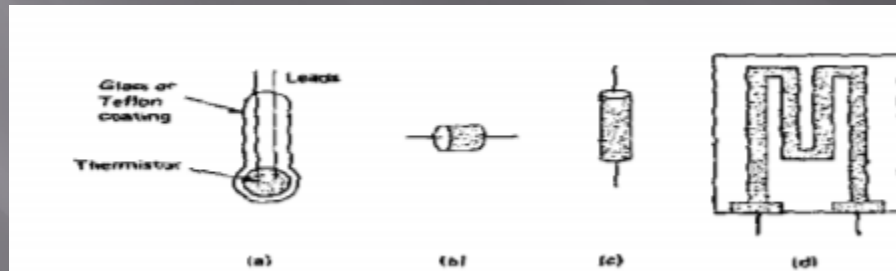
$m$  = perbandingan tebal bahan ekspansi muai rendah dengan yang ekspansi tinggi

$T - T_0$  = kenaikan temperature

$\alpha_1, \alpha_2$  = koefisien muai panas logam 1 dan logam 2

# Termistor

Termistor adalah alat semikonduktor yang berkelakuan sebagai tahanan dengan koefisien tahanan temperatur yang tinggi, yang biasanya negatif. Umumnya tahanan termistor pada temperatur ruang dapat berkurang 6% untuk setiap kenaikan temperatur sebesar 1 derajat C. sehingga termistor sangat sesuai untuk pengukuran, pengontrolan dan kompensasi temperatur secara presisi



Tahanan mengikuti perubahan eksponensial dengan suhu, dan bukan hubungan polinomial. Jadi untuk termistor

$$R = R_0 \exp \left[ \beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

Keterangan :

$R_0$  = tahanan pada suhu rujukan  $T_0$

$B$  = suatu konstanta yang ditentukan dengan eksperimen  
(antara  
3500 sampai 4600K)

Berdasarkan koefisien suhunya, thermistor dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

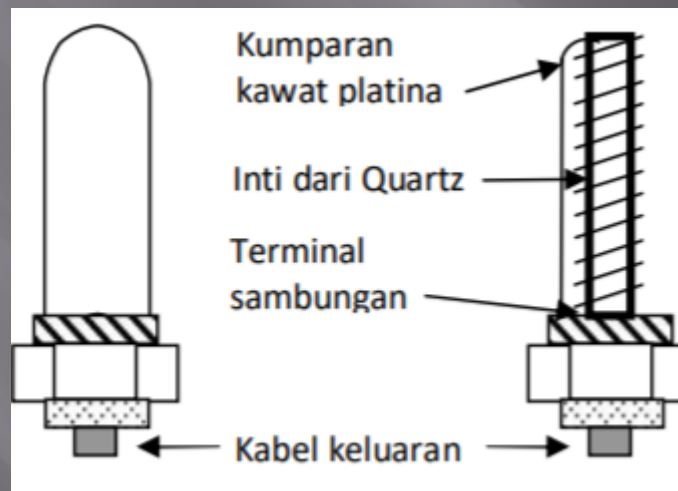
1. NTC (Negative Temperature Coefficient) Merupakan thermistor yang mempunyai koefisien negatif, artinya perbandingan antara suhu dengan resistansinya berbanding terbalik. jika resistansi meningkat maka suhu akan menurun dan sebaliknya.
2. PTC (Positive Temperature Coefficient) Merupakan Thermistor yang memiliki koefisien positif, yaitu antara suhu dengan resistansinya sebanding. Jika resistansinya naik maka suhunya juga akan mengalami kenaikan juga, begitupun sebaliknya



# Resistance Thermal Detector (RTD)

RTD berfungsi untuk mengubah suhu menjadi resistansi/hambatan listrik yang sebanding dengan perubahan suhu. Semakin tinggi suhu, resistansinya semakin besar.

RTD dibuat dari bahan kawat tahan korosi, kawat tersebut dililitkan pada bahan keramik isolator.



Resistance Thermal Detector (RTD) perubahan tahanannya lebih linear terhadap temperatur uji tetapi koefisien lebih rendah dari thermistor dan model matematis linier adalah:

$$R_T = R_0(1 + \alpha \Delta t)$$

Keterangan :

$R_0$  = tahanan konduktor pada temperature awal ( biasanya  $0^{\circ}\text{C}$  )

$R_T$  = tahanan konduktor pada temperatur  $t^{\circ}\text{C}$

$\alpha$  = koefisien temperatur tahanan

$\Delta t$  = selisih antara temperatur kerja dengan temperatur awal

# Thermokopel

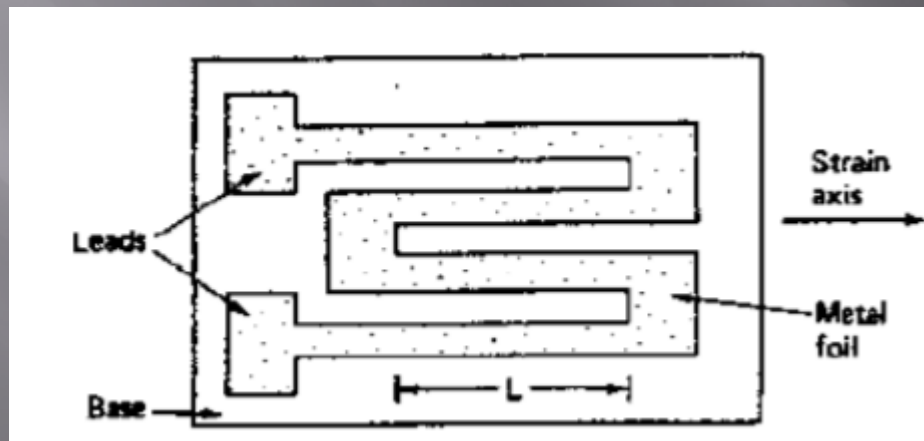
Berfungsi sebagai sensor suhu rendah dan tinggi, yaitu suhu serendah  $300^{\circ}\text{F}$  sampai dengan suhu tinggi yang digunakan pada proses industri baja, gelas dan keramik yang lebih dari  $3000^{\circ}\text{F}$  Thermokopel dibentuk dari dua buah penghantar yang berbeda jenisnya (besi dan Prinsip Kerja )



- ▣ **Sensor mekanis** adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, level dsb.
- ▣ **Contoh;** *strain gage, linear variable differential transformer (LVDT), proximity, potensiometer, load cell, bourdon tube, dsb.*

# Strain Gage (SG)

Strain gage adalah sebuah transduser yang mengubah suatu pergeseran mekanis menjadi perubahan tahanan. Strain gage merupakan sebuah alat seperti biskuit tipis, yang disatukan ke berbagai bahan guna mengukur renggangan yang diberikan padanya



Sensitivitas sebuah strain gage dijelaskan dengan suatu karakteristik yang disebut faktor gage (K) yang didefinisikan sebagai perubahan satuan tahanan dibagi dengan perubahan satuan panjang, atau

$$k = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l}$$

Keterangan :

K = faktor gage

R = tahanan gage nominal

$\Delta R$  = perubahan tahanan gage

L = panjang nominal bahan percobaan (kondisi tidak terganggu)

$\Delta l$  = perubahan panjang bahan percobaan

Suku  $\Delta l/l$  dalam penyebut persamaan adalah regangan  $\alpha$ , sehingga persamaan diatas dapat dituliskan sebagai

$$k = \frac{\Delta R/R}{\alpha}$$

- ▣ Sensor optic atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai benda atau ruangan.
- ▣ Contoh; *photo cell, photo transistor, photo diode, photo voltaic, photo multiplier, pyrometer optic, dsb.*

# Klasifikasi Transduser

- a. *Self generating transduser* (transduser pembangkit sendiri) *Self generating transduser* adalah transduser yang hanya memerlukan satu sumber energi.

Contoh: *piezo electric, termocouple, photovoltatic, termistor, dsb.*

Ciri transduser ini adalah dihasilkannya suatu energi listrik dari transduser secara langsung. Dalam hal ini transduser berperan sebagai sumber tegangan



- ▣ *External power transducer* (transduser daya dari luar) *External power transducer* adalah transduser yang memerlukan sejumlah energi dari luar untuk menghasilkan suatu keluaran.
- ▣ Contoh: RTD (*resistance thermal detector*), Strain gauge, LVDT (*linear variable differential transformer*), Potensiometer, NTC, dsb.

# Kelompok Transduser

Parameter listrik dan kelas transduser	Prinsip kerja dan sifat abt	Pemakaian alat
<b>Transduser Pasif</b>		
Potensiometer	Perubahan nilai tahanan karena posisikontak bergeser	Tekanan, pergeseran/posisi
Strain gage	Perubahan nilai tahanan akibat perubahan panjang kawat oleh tekanan dari luar	Gaya, torsi, posisi
Transformator selisih (LVDT)	Tegangan selisih dua kumparan primer akibat pergeseran inti trafo	Tekanan, gaya, pergeseran
Gage arus pusar	Perubahan induktansi kumparan akibat perubahan jarak plat	Pergeseran, ketebalan
<b>Transduser Aktif</b>		
Selfotemisif	Emisi elektron akibat radiasi yang masuk pada permukaan fotemisif	Cahaya dan radiasi
Photomultiplier	Emisi elektron sekunder akibat radiasi yang masuk ke katoda sensitif cahaya	Cahaya, radiasi dan relay sensitif cahaya
Termokopel	Pembangkitan ggl pada titik sambung dua logam yang berbeda akibat dipanasi	Temperatur, aliran panas, radiasi

Generator kumparan putar (tachogenerator)	Perputaran sebuah kumparan di dalam medan magnet yang membangkitkan tegangan	Kecepatan, getaran
Piezoelektrik	Pembangkitan ggl bahan kristal piezo akibat gaya dari luar	Suara, getaran, percepatan, tekanan
Selfototegangan	Terbangkitnya tegangan pada sel foto akibat rangsangan energi dari luar	Cahaya matahari
Termometer takaran (RTD)	Perubahan nilai takaran karwat akibat perubahan temperatur	Temperatur, paras
Hygrometer takaran	Takaran sebuah strip konduktif berubah terhadap kandungan uap air	Kelembaban relatif
Termistor (NTC)	Penurunan nilai takaran logam akibat kenaikan temperatur	Temperatur

Mikropon kapasitor	Tekanan suara mengubah nilai kapasitansi dua buah pht	Suara, musik, derau
Pengukuran reaktansi	Reaktansi rangkaian magnetik diubah dengan mengubah posisi inti besi sebuah kumparan	Tekanan, pergeseran, getaran, posisi