

Pertemuan-2

SENSOR DAN TRANSDUSER

52150802 (2 SKS / TEORI)

SEMESTER 110 TA 2018/2019



MATERI PERKULIAHAN

- ▶ Pengertian dan Fungsi Sensor dan Transduser
- ▶ **Persyaratan dan Klasifikasi Sensor**
- ▶ Berbagai Jenis Sensor :
 - Sensor temperatur (thermal).
 - Sensor pergeseran dan posisi (Position and Displacement).
 - Sensor tekanan,dan gaya (Force and Pressure).
 - Sensor akselerasi dan vibrasi. (Vibration and Acceleration)

- Sensor bioelektrik dan elektroda.
- Sensor proximity (proximity and presence sensors)
- Sensor flow dan level.
- Sensor Optical (Electro – Optical Sensors).
- Sensor chemical.

- ▶ Pemanfaatan Sensor dan Transduser di Industri dan Masyarakat

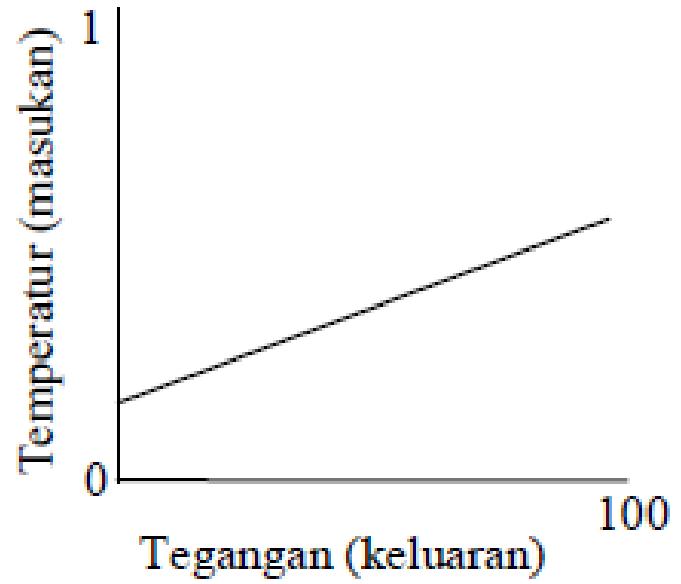
- 
1. LINEARITAS
 2. SENSITIVITAS
 3. TANGGAPAN WAKTU



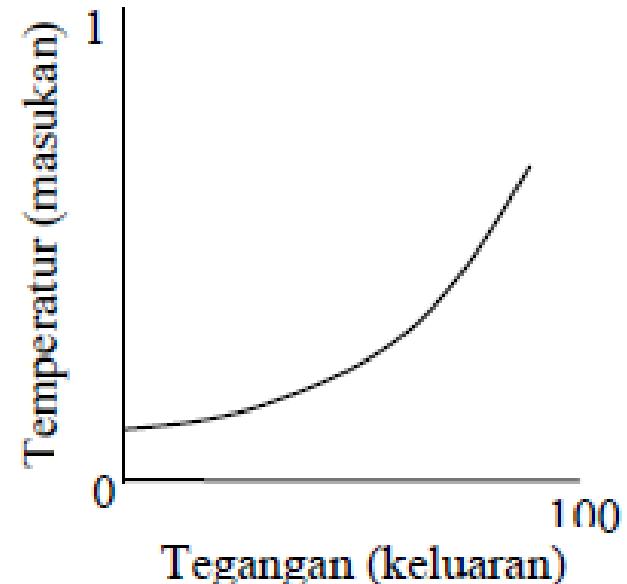
PERSYARATAN
UMUM SENSOR
TRANSDUSER

a. Linearitas

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinyu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya. Dalam kasus seperti ini, biasanya dapat diketahui secara tepat bagaimana perubahan keluaran dibandingkan dengan masukannya berupa sebuah grafik. Gambar 1.1 memperlihatkan hubungan dari dua buah sensor panas yang berbeda. Garis lurus pada gambar 1.1(a). memperlihatkan tanggapan linier, sedangkan pada gambar 1.1(b). adalah tanggapan non-linier.



(a) Tangapan linier



(b) Tangapan non linier

Gambar 1.1. Keluaran dari transduser panas (D Sharon dkk, 1982),

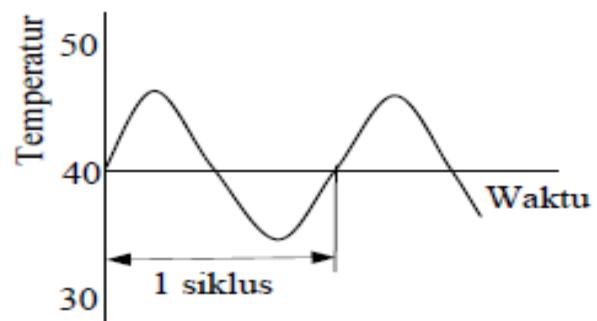
b. Sensitivitas

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukan “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

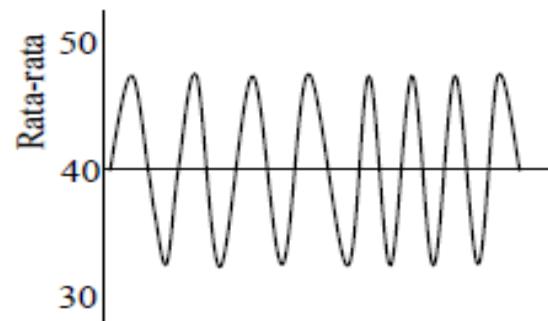
memiliki kepakaan dua kali dari sensor yang pertama. Linieritas sensor juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan. Sensor dengan tanggapan paga gambar 1.1(b) akan lebih peka pada temperatur yang tinggi dari pada temperatur yang rendah.

c. 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 kontinyu terhadap waktu, seperti tampak pada gambar 1.2(a).



(a) Perubahan lambat



(b) Perubahan cepat

Gambar 1.2 Temperatur berubah secara kontinyu (D. Sharon, dkk, 1982)

KLASIFIKASI SENSOR

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

a. Sensor thermal (panas)

Sensor thermal adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperature/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu.

b. Sensor mekanis

Sensor mekanis adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, level dsb.

c. Sensor optik (cahaya)

Sensor optic atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengernai benda atau ruangan.

- Self generating transduser, *Self generating transduser* adalah transduser yang mempunyai sumber energi dari dalam.

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

- External power transduser, *External power transduser* adalah transduser yang memerlukan sejumlah energi dari luar untuk menghasilkan suatu keluaran

Contoh: RTD (*resistance thermal detector*), Strain gauge, LVDT (*linier variable differential transformer*), Potensiometer, NTC, dsb.

KLASIFIKASI TRANSDUSER

Tabel Kelompok Transduser

| Parameter listrik dan kelas transduser | Prinsip kerja dan sifat alat | Pemakaian alat |
|--|---|-----------------------------------|
| Sensor Pasif | | |
| Potensiometer | Perubahan nilai tahanan karena posisi kontak 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 |
| | | |

| Sensor Aktif | | |
|---|--|---|
| 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 magnit yang membangkitkan tegangan | Kecepatan, getaran |
| Piezoelektrik | Pembangkitan ggl bahan kristal piezo akibat gaya dari luar | Suara, getaran, percepatan, tekanan |

| | | |
|--------------------------|---|---------------------|
| Sel foto tegangan | Terbangkitnya tegangan pada sel foto akibat rangsangan energi dari luar | Cahaya matahari |
| Termometer tahanan (RTD) | Perubahan nilai tahanan kawat akibat perubahan temperatur | Temperatur, panas |
| Hygrometer tahanan | Tahanan sebuah strip konduktif berubah terhadap kandungan uap air | Kelembaban relatif |
| Termistor (NTC) | Penurunan nilai tahanan logam akibat kenaikan temperatur | Temperatur |
| Mikropon kapasitor | Tekanan suara mengubah nilai kapasitansi dua buah plat | Suara, musik, derau |

SENSOR TERMINOLOGY

1. Sensitivity

the minimum input of physical parameter that will create a detectable output change.

For example, a typical blood pressure transducer may have a sensitivity rating of 10 uV/V/mm Hg; that is. there will be a 10-uV output voltage for each volt of excitation potential and each mm Hg of applied pressure

2. Range

The range of the sensor is **the maximum and minimum values** of applied parameter that can be measured.

For example, a given pressure sensor may have a range of -400 to +400 mm Hg

3. Precision

Exactly the same value were measured a number of times, an ideal sensor would output exactly the same value every time

For example, suppose a pressure of exactly 150 mm Hg is applied to a sensor.

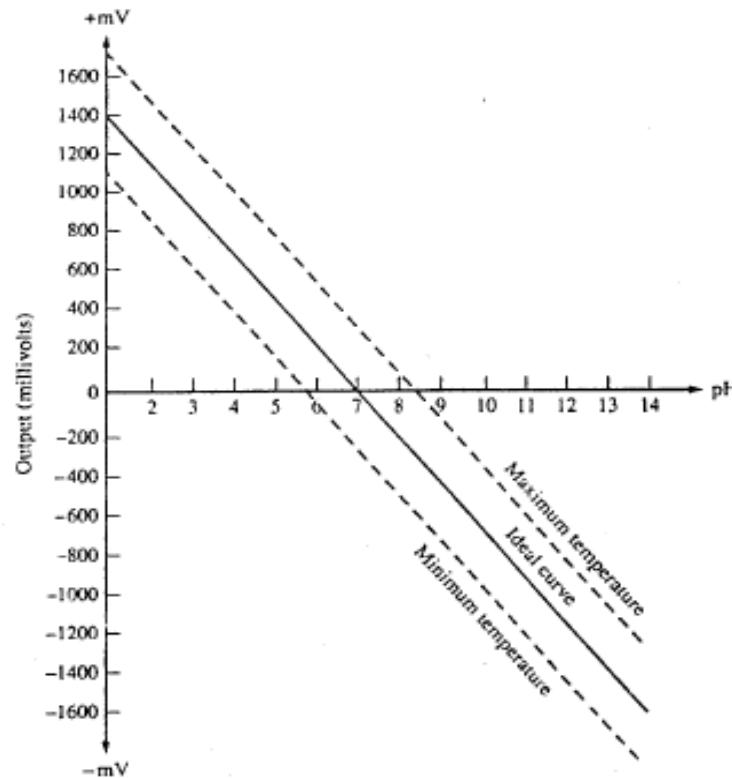
4. Resolution

This specification is the smallest detectable incremental change of input parameter that can be detected in the output signal

5. Accuracy

The accuracy of the sensor is the maximum difference that will exist between the actual value.

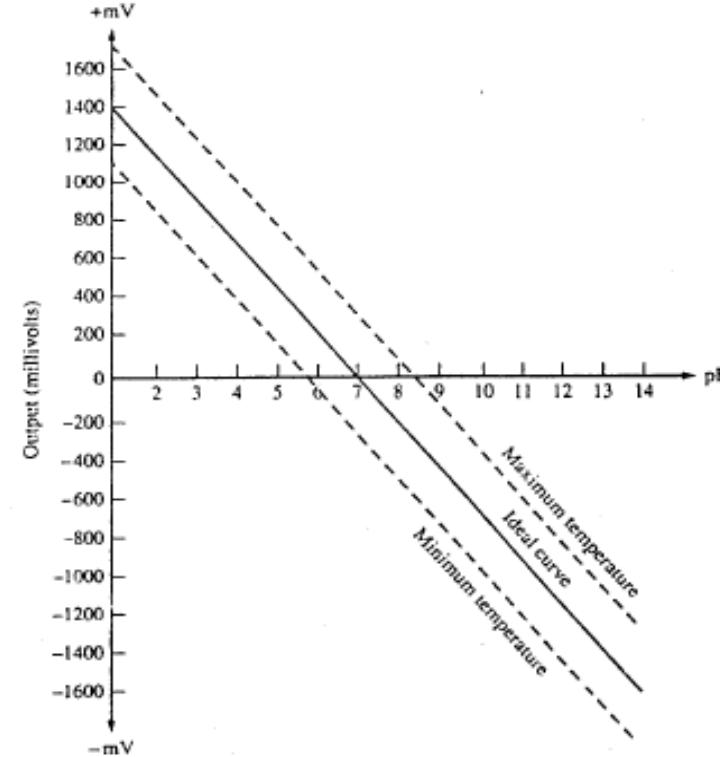
for example: incubator setting is 35 °C, sensor reading 35,2 °C



6. Offset

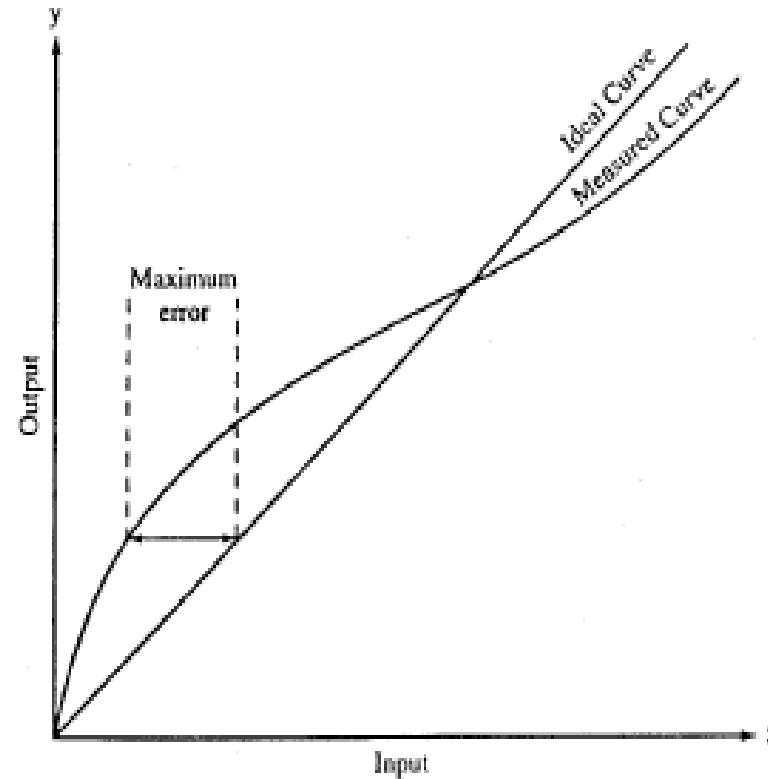
The offset error of a transducer is defined as the output that will exist when it should be zero.

An example of the other form of offset is seen in the characteristic curve of a pH electrode



7. Linearity

The linearity of the transducer is an expression of the extent to which the actual measured curve of a sensor departs from the ideal curve



Contoh 1:

A temperature sensor has a span of $20^{\circ}\text{--}250^{\circ}\text{C}$. A measurement results in a value of 55°C for the temperature. Specify the error if the accuracy is (a) $\pm 0.5\%$ FS, (b) $\pm 0.75\%$ of span, and (c) $\pm 0.8\%$ of reading. What is the possible temperature in each case?

Solution

Using the given definitions, we find

- a. Error = $(\pm 0.005)(250^{\circ}\text{C}) = \pm 1.25^{\circ}\text{C}$. Thus, the actual temperature is in the range of 53.75° to 56.25°C .
 - b. Error = $(\pm 0.0075)(250 - 20)^{\circ}\text{C} = \pm 1.725^{\circ}\text{C}$. Thus, the actual temperature is in the range of 53.275° to 56.725°C .
 - c. Error = $(\pm 0.008)(55^{\circ}\text{C}) = \pm 0.44^{\circ}\text{C}$. Thus, the temperature is in the range of 54.56° to 55.44°C .
-

Contoh 2:

A temperature sensor has a transfer function of $5 \text{ mV}/\text{C}$ with an accuracy of $\pm 1\%$. Find the possible range of the transfer function.

Solution

The transfer function range will be $(\pm 0.01)(5 \text{ mV}/\text{C}) = \pm 0.05 \text{ mV}/\text{C}$. Thus, the range is 4.95 to $5.05 \text{ mV}/\text{C}$.

Contoh 2:

Suppose a reading of 27.5 mV results from the sensor used in Example 1.9. Find the temperature that could provide this reading.

Solution

Because the range of transfer function is 4.95 to $5.05 \text{ mV}/\text{C}$, the possible temperatures that could be inferred from a reading of 27.5 mV are

$$(27.5 \text{ mV}) \left(\frac{1}{4.95 \text{ mV}/\text{C}} \right) = 5.56^\circ\text{C}$$

$$(27.5 \text{ mV}) \left(\frac{1}{5.05 \text{ mV}/\text{C}} \right) = 5.45^\circ\text{C}$$

Thus, we can be certain only that the temperature is between 5.45°C and 5.56°C .

Contoh 3:

A force sensor measures a range of 0 to 150 N with a resolution of 0.1% FS. Find the smallest change in force that can be measured.

Solution

Because the resolution is 0.1% FS, we have a resolution of $(0.001)(150 \text{ N}) = 0.15 \text{ N}$, which is the smallest measurable change in force.

Contoh 4:

A sensor has a transfer function of $5 \text{ mV}/\text{C}$. Find the required voltage resolution of the signal conditioning if a temperature resolution of 0.2°C is required.

Solution

A temperature change of 0.2°C will result in a voltage change of

$$\left(5 \frac{\text{mV}}{\text{C}}\right)(0.2^\circ\text{C}) = 1.0 \text{ mV}$$

Thus, the voltage system must be able to resolve 1.0 mV.

Contoh 5:

A sensor resistance changes linearly from 100 to 180Ω as temperature changes from 20° to 120°C . Find a linear equation relating resistance and temperature.

Solution

Using Equation (1.6) as a guide, the desired equation would be of the form

$$R = mT + R_0$$

To find the two constants, m and R_0 , we form two equations and two unknowns from the facts given:

$$100 \Omega = (20^\circ\text{C} m + R_0)$$

$$180 \Omega = (120^\circ\text{C} m + R_0)$$

Subtracting the first equation from the second gives

$$80 \Omega = (100^\circ\text{C})m \quad \text{or} \quad m = 0.8 \Omega/\text{C}$$

Then, from the first equation, we find

$$100 \Omega = (20^\circ\text{C})(0.8 \Omega/\text{C}) + R_0$$

from which

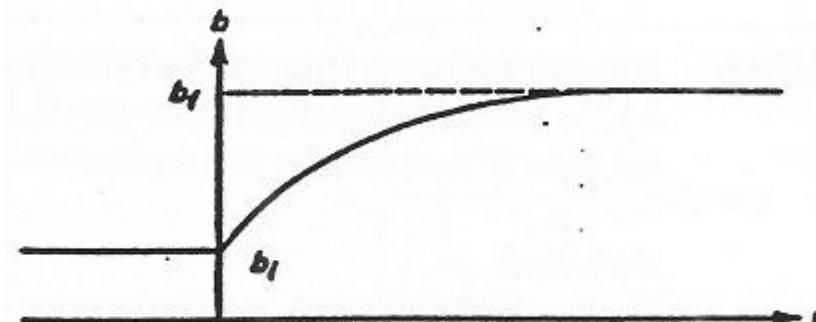
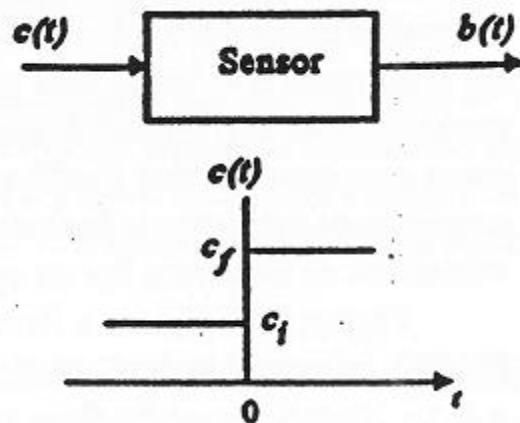
$$R_0 = 84 \Omega$$

The equation relating resistance and temperature is

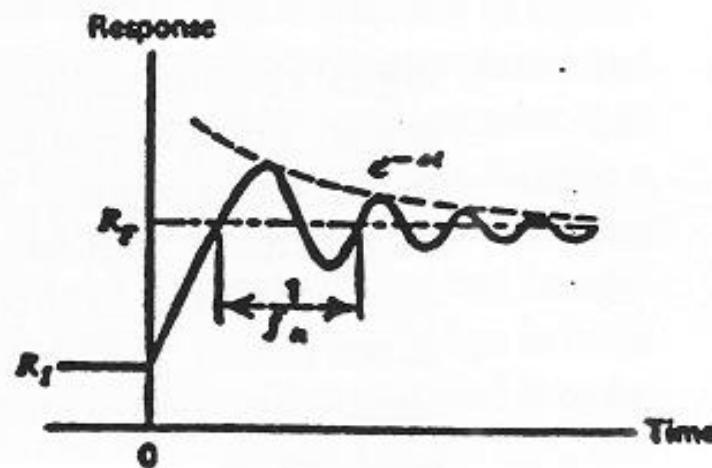
$$R = 0.8T + 84$$

1.3 SENSOR TIME RESPONSE

1. First Order Response



2. Second Order Response

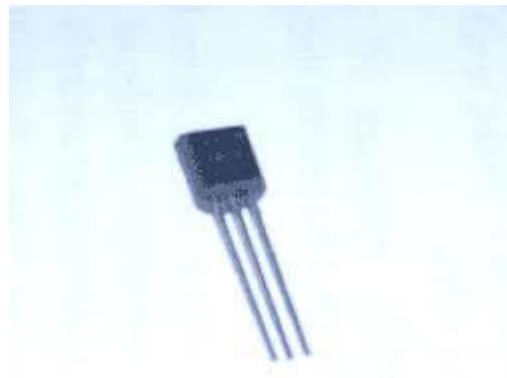


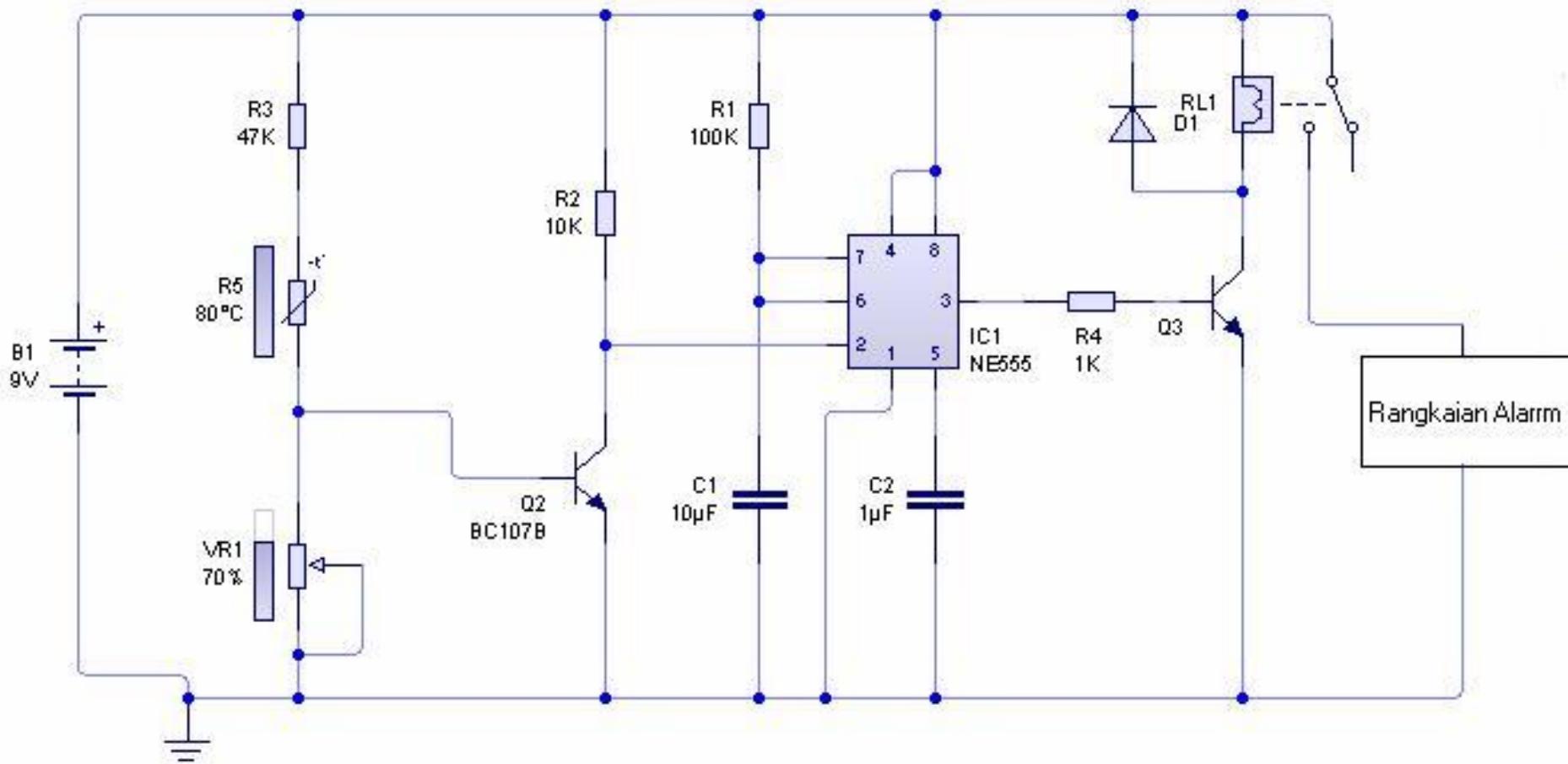
Klasifikasi Sensor

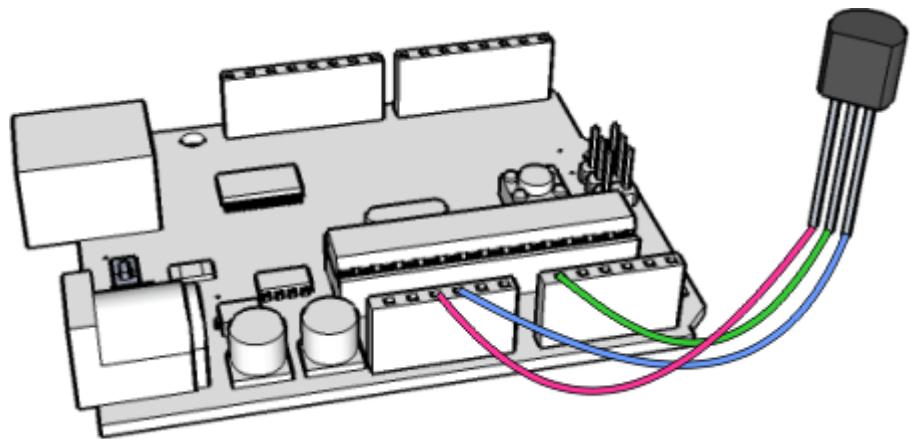
- a. sensor thermal (panas)
- b. sensor mekanis
- c. sensor optik (cahaya)

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, I rared pyrometer, hygrometer, dsb.*



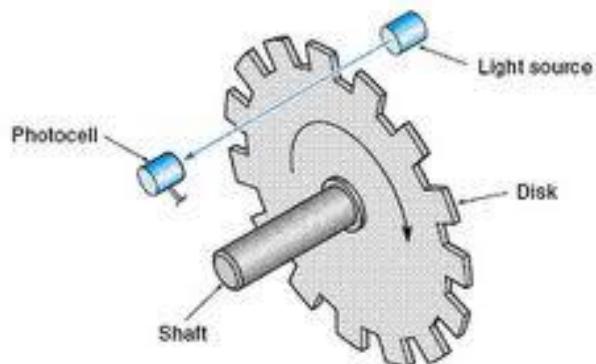




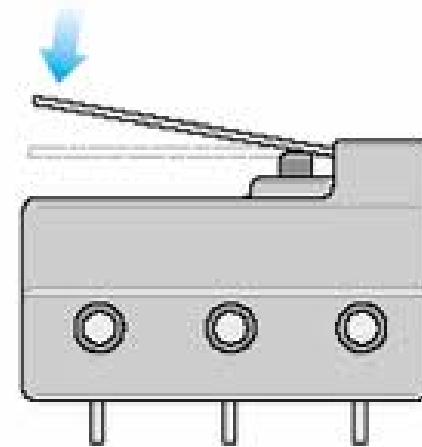


Sensor mekanis adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, level dsb.

Contoh; *strain gage*, *linear variable deferential transformer (LVDT)*, *proximity*, *potensiometer*, *load cell*, *bourdon tube*, dsb.



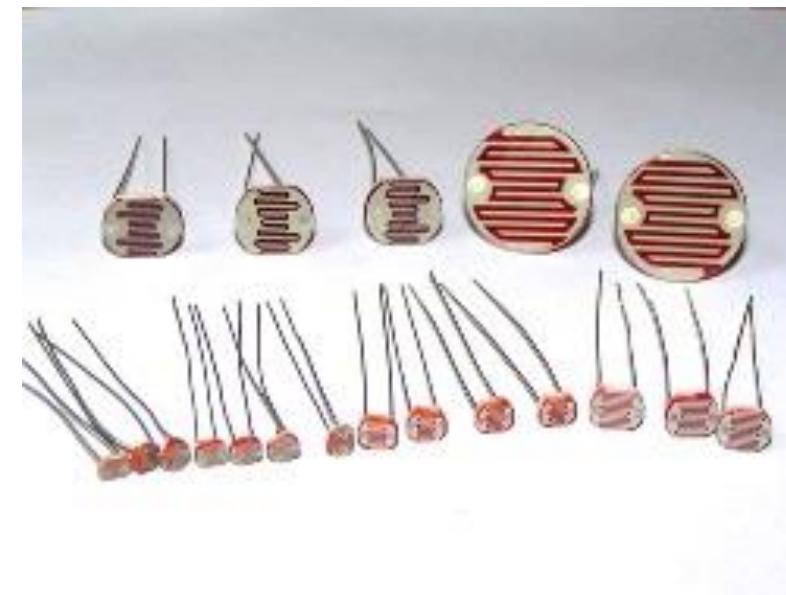
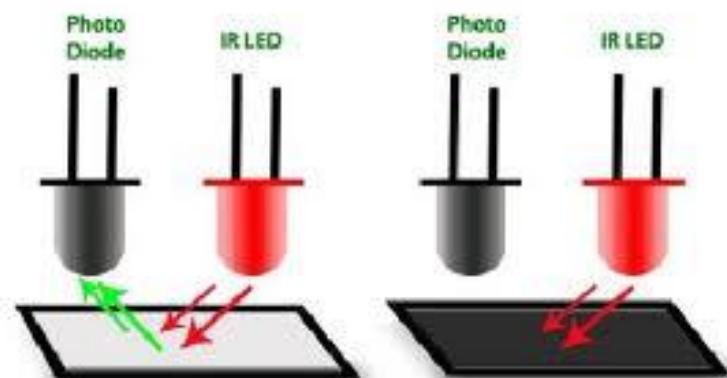
SPEED SENSOR

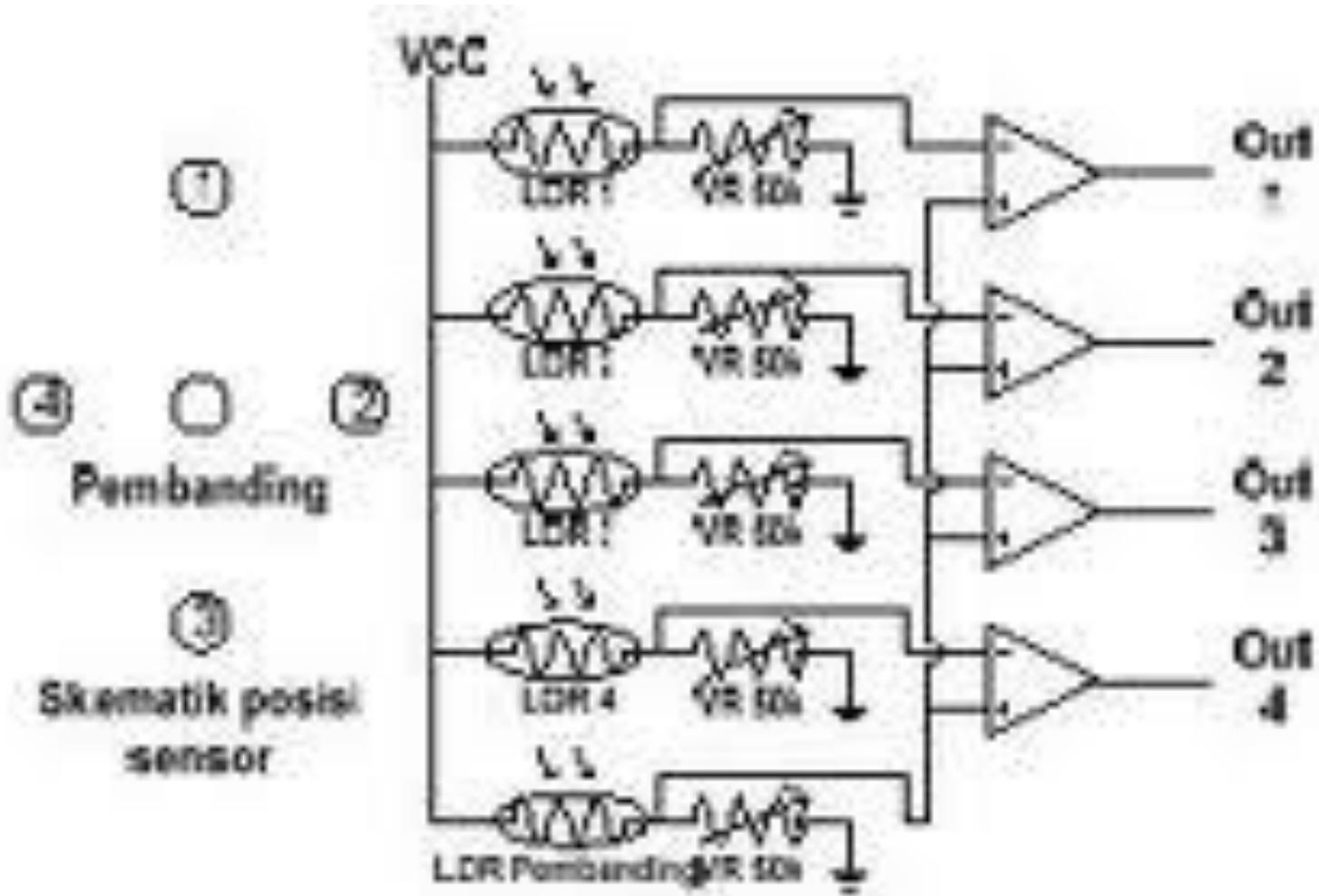




Sensor optic atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengernai benda atau ruangan.

Contoh; *photo cell, photo transistor, photo diode, photo voltaic, photo multiplier, pyrometer optic, dsb.*





①

②

Pembanding

③

Schematik posisi
sensor