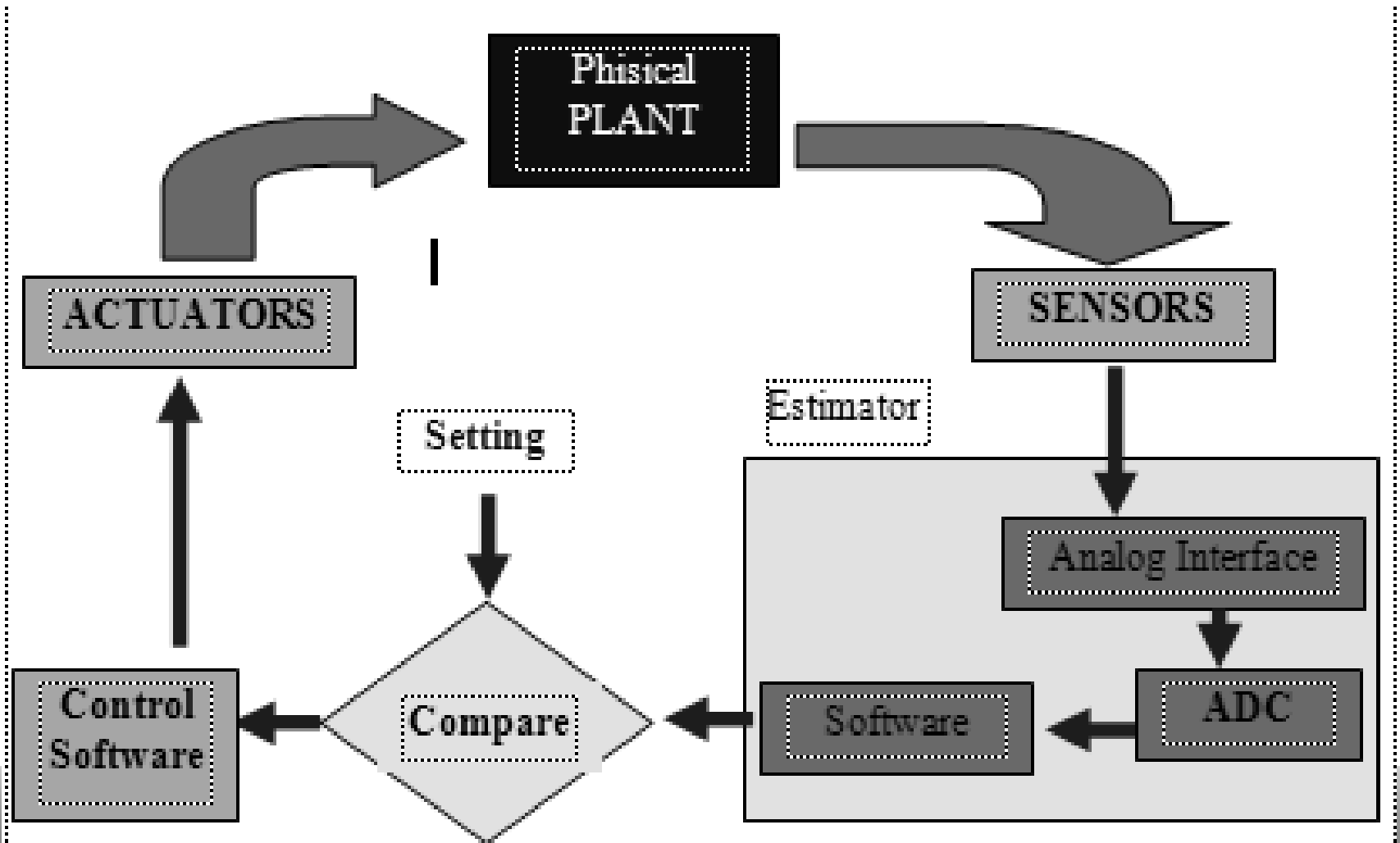




# ***SENSOR***

# RANCANGAN SENSOR DAN AKTUATOR



# PENDAHULUAN

- ❑ Perkembangan otomasi industri dari pekerjaan menggunakan tangan manusia, kemudian beralih menggunakan mesin, berikutnya dengan *electro-mechanic* (semi otomatis) dan sekarang sudah menggunakan robotic (*full automatic*) seperti penggunaan *Flexible Manufacturing Systems (FMS)* dan *Computerized Integrated Manufacture (CIM)*
- ❑ Model apapun yang digunakan dalam sistem otomasi di industri sangat tergantung kepada keandalan sistem kendali yang dipakai. Hasil penelitian menunjukkan secanggih apapun sistem kendali yang dipakai akan sangat tergantung kepada sensor maupun transduser yang digunakan.

# DEFINISI

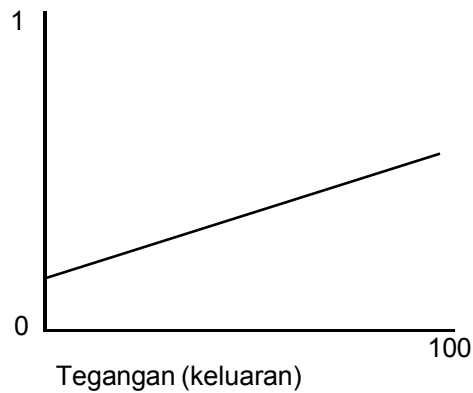
- ❑ D Sharon, dkk (1982), **sensor** adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik
- ❑ Contoh; Camera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya, dan lainnya.

# DEFINISI

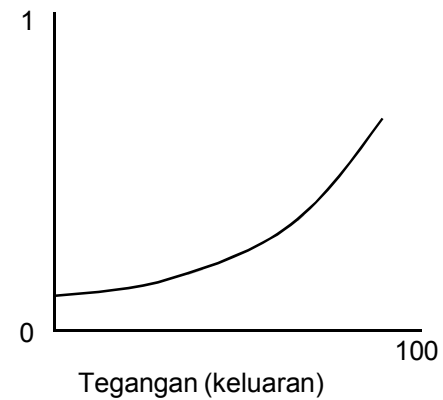
- ❑ William D.C, (1993), **transduser adalah sebuah alat yang bila digerakan oleh suatu energi di dalam sebuah sistem transmisi, akan menyalurkan energi tersebut dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk yang berlainan ke sistem transmisi berikutnya**”. Transmisi energi ini bisa berupa listrik, mekanik, kimia, optic (radiasi) atau thermal (panas).
- ❑ Contoh; generator adalah transduser yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik, motor adalah transduser yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik, dan sebagainya.

# *Peryaratan Umum Sensor dan Transduser*

## □ Linearitas



(a) Tangapan linier



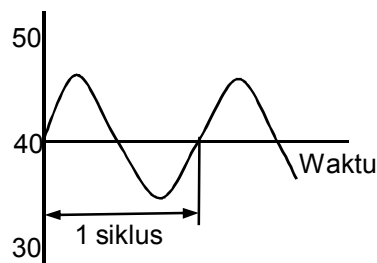
(b) Tangapan non linier

# Peryaratan Umum Sensor dan Transduser

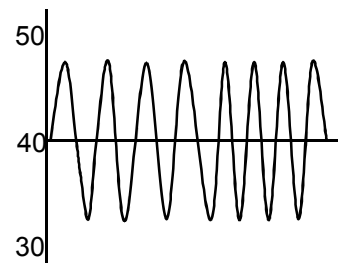
## □ Sensitivitas

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

## □ Respon waktu



(a) Perubahan lambat



(b) Perubahan cepat

## *ketentuan lain dalam memilih sensor yang tepat*

- ❑ Apakah ukuran fisik sensor cukup memenuhi untuk dipasang pada tempat yang diperlukan?
- ❑ Apakah ia cukup akurat?
- ❑ Apakah ia bekerja pada jangkauan yang sesuai?
- ❑ Apakah ia akan mempengaruhi kuantitas yang sedang diukur?.

Sebagai contoh, bila sebuah sensor panas yang besar dicelupkan kedalam jumlah air yang kecil, malah menimbulkan efek memanaskan air tersebut, bukan menyensornya.

- ❑ Apakah ia tidak mudah rusak dalam pemakaiannya?.
- ❑ Apakah ia dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya?
- ❑ Apakah biayanya terlalu mahal?



# *What is SENSOR ?*

- ❑ **PENGERTIAN SENSOR**
- ❑ **Sensor merupakan transducer yang digunakan untuk mendeteksi kondisi suatu proses. Yang dimaksud transducer yaitu perangkat keras untuk mengubah informasi suatu bentuk energi ke informasi bentuk energi yang lain secara proporsional. Contoh sensor untuk mengukur level BBM dalam tangki mobil, besaran level/posisi di konversikan ke sinyal transducer yang ada pada dashboard mobil menjadi besaran tahanan kemudian diubah ke besaran listrik untuk ditampilkan.**

# PERBANDINGAN

	Kepekaan	Ukuran	Ada tdk nya object
Detektor Transducer Sensor	√	√ √	√

# JENIS DAN MACAM-MACAM SENSOR

## ❑ **Sensor terdiri atas tiga jenis, yaitu :**

- ❑ Sensor Analog, : meliputi sensor LVDT (Linier variabel Differensial Transformer), sensor temperatur (thermokopel, RTD, thermistor, IC), Strain gage dan load cell, LDR dan lain-lain.
- ❑ Sensor Digital : meliputi rotary encoder,
- ❑ Sensor ON/OFF : meliputi sensor proximity (kapasitip, induktif dan infra red), limit switch dan lain-lain.

## ❑ **Macam-macam sensor meliputi :**

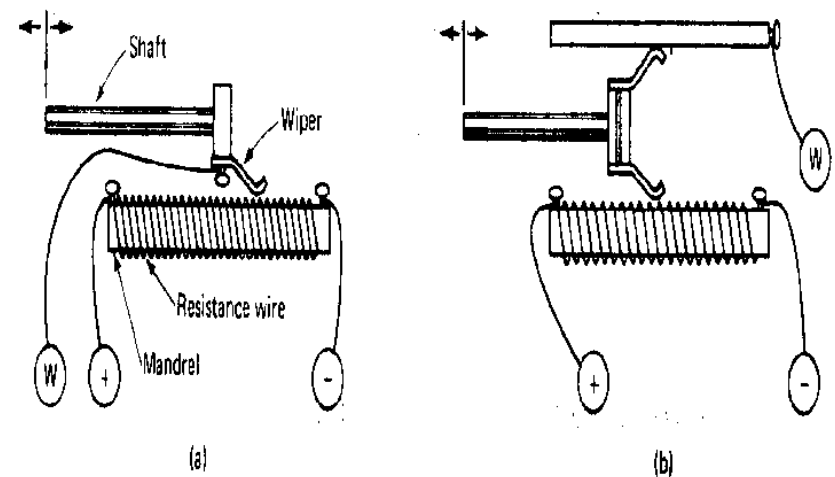
- ❑ sensor perpindahan dan posisi : potensiometer, LVDT dan RVDT, Linier Motion Variable Capacitor (LMVC).
- ❑ Sensor berat : LVDT, Strain gage, Load Cell
- ❑ Sensor fluida : Level dan tekanan (pengapung, LVDT, kapasitip, ultrasonic), aliran (magnetik)
- ❑ Sensor sistem Navigasi : Gyrostar
- ❑ Sensor monitoring lingkungan: CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, Kelembaban,dll

# Sensor posisi dan perpindahan

## ❑ Potensiometer

- ❑ Potensiometer yang digunakan adalah potensiometer jenis linier. Potensiometer ini terdiri dari slider yang dapat bergerak atau bergeser diatas elemen tahanan, sehingga keluaran dari sensor ini berupa perubahan tahanan yang sebanding dengan perubahan posisi gerakan slider.

## ❑ Gambar Potensiometer linier



# CONTOH-1

*Jika potensiometer digunakan untuk mengukur sebuah panel yang bergerak sejauh 0,8 meter, dengan diperlukan perubahan tahanan setiap 0,1 cm. Pada bagian mekanim panel mempunyai sudut putar poros sebesar  $250\ \Omega$  jika digerakkan dari posisi awal sampai ke posisi akhir. Kemudian untuk mendeteksi putaran panel ini digunakan potensiometer yang mempunyai rasio  $300\ \Omega$  pada putaran penuh dan mempunyai 1000 lilitan. Dapatkah hal ini dilakukan*

## **Penyelesaian :**

*Poros mempunyai jangkauan :  $250\ \Omega / 0,8\text{m}$   
 $= 0,3125\ \Omega / \text{m}$*

*Atau :  $3,125\ \Omega / \text{cm}$*

*Resolusi 0,1 cm pada panel adalah :  $0,1\text{ cm} \times 3,125\ \Omega / \text{cm} = 0,3125\ \Omega$*

*Potensiometer mempunyai resolusi sebesar :  $300\ \Omega / 1000 = 0,300\ \Omega$*

*Oleh karena itu potensiometer dapat mendeteksi setiap perubahan sebesar  $0,300\ \Omega$  yang lebih baik dari yang dikehendaki yaitu sebesar  $0,3125\ \Omega$*

# CONTOH-2

Potensiometer mempunyai rate  $150 \Omega/1 \text{ watt}$  (pada temperatur diatas  $65^\circ\text{C}$  terjadi kenaikan  $10 \text{ mW}/^\circ\text{C}$ ) dan mempunyai tahanan terhadap panas sebesar  $30^\circ\text{C}/\text{Watt}$ . Dapatkah potensiometer ini digunakan apabila dengan catu daya 10 volt yang dioperasikan pada temperatur ambang  $80^\circ\text{C}$

Penyelesaian :

Disipasi daya pada potensiometer adalah :

$$P = E^2/R = (10 \text{ V})^2/150 \Omega = 667 \text{ mW}$$

Temperatur pada potensiometer tergantung pada temperatur ambang dan kenaikan temperatur disebabkan oleh daya disipasi pada potensiometer, yaitu :

$$\begin{aligned} T_{\text{pot}} &= T_{\text{ambang}} + P\theta \\ &= 80^\circ\text{C} + (667 \text{ mW})(30^\circ\text{C}/\text{W}) \\ &= 100^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Daya disipasi yang diperbolehkan harus dikurangi dengan  $10 \text{ mW}$  tiap derajat diatas  $65^\circ\text{C}$ , yaitu :

$$\begin{aligned} P_{\text{boleh}} &= P_{\text{rate}} - (T_{\text{pot}} - 65^\circ\text{C})(10 \text{ mW}/^\circ\text{C}) \\ &= (1 \text{ W} - (100^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C})(10 \text{ mW}/^\circ\text{C})) \\ &= 650 \text{ mW} \end{aligned}$$

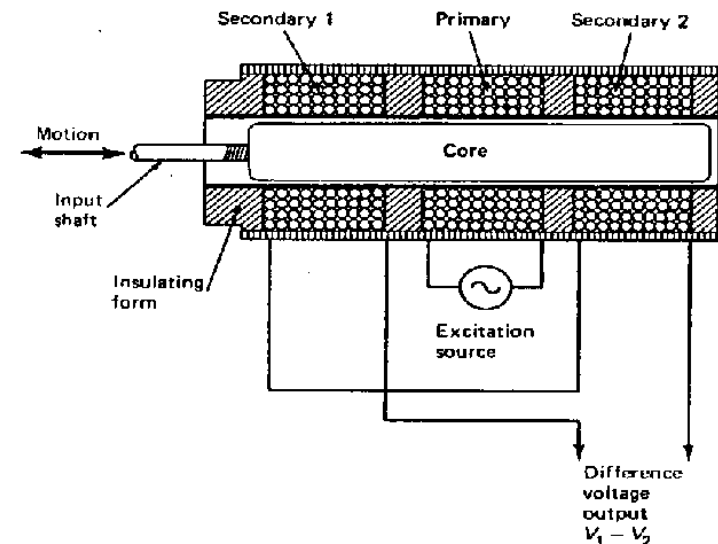
# Sensor posisi dan perpindahan

## ❑ LVDT dan RVDT

- ❑ Linier Variable Differensial Transformer (LVDT) mempunyai fungsi yang sama dengan potensiometer. LVDT terdiri atas lilitan (coil) dan inti (core)

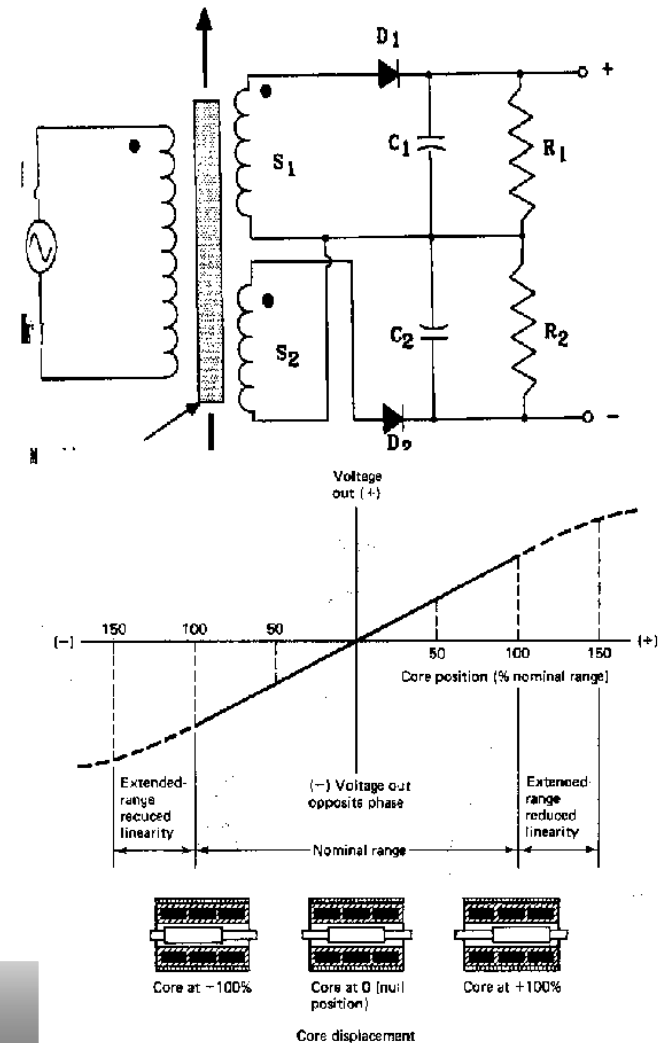
❑ Gambar LVDT

- ❑ Lilitan adalah bagian dari rangkaian osilator, dimana perubahan posisinya akan menyebabkan perubahan induktansinya. LVDT ini tidak terjadi pergeseran mekanis sehingga usia sensor ini menjadi lebih lama. Apabila dibandingkan dengan sistem potensiometer maka sensor ini mempunyai kelebihan yaitu tahan terhadap getaran mekanis, shock dan lain-lain.
- ❑ Apabila dilihat dari konstruksinya maka didapatkan beberapa keuntungan sebagai berikut :
  - ❑ Lebih sensitif terhadap gerakan,
  - ❑ Catu dayanya dapat berupa tegangan ac atau dc osilator,
  - ❑ Keluaranya (output) berupa tegangan, sehingga mudah untuk pengaturan proses selanjutnya.



# Cara kerja rangkaian LVDT

*Pada saat posisi inti di tengah, maka tegangan sekunder pada lilitan dengan resistor  $R_1$  dan  $R_2$ , (dengan harga  $R_1$  sama dengan  $R_2$ ) maka besarnya arus pada  $I_1$  sama dengan  $I_2$ , sehingga tegangan drop pada  $R_1$  sama dengan tegangan drop  $R_2$ . Jika inti berada di atas (pada posisi  $R_1$ ) maka tegangan drop pada  $R_1$  lebih besar dari pada  $R_2$ , demikian juga sebaliknya jika posisi inti di bawah maka tegangan drop pada  $R_2$  akan lebih besar.*





# Sensor Gaya dan Tekanan

Sensor gaya yang sering digunakan adalah Strain Gage, yang prinsip kerjanya didasarkan pada efek piezoresistive dari bahan semikonduktor, seperti silikon dan germanium. Sensor ini secara fisik bentuknya dibuat kecil. Sensor ini mempunyai keluaran yang sensitip terhadap perubahan temperatur , dan perubahan tahanannya sangat sensitif tetapi tidak linier. Perubahan tahanan dinyatakan dengan Gage Faktor (GF) yaitu perbandingan perubahan tahanan dan perubahan panjang (akibat terjadi regangan), yang dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} \quad \text{dan}$$

$$\varepsilon = \Delta L/L$$

$$\sigma = F/A$$

$$E = \sigma/\varepsilon$$

dimana :

$\sigma$  - tekanan

$\varepsilon$  - keregangan

$E$  - modulus elastisitas

# STRAIN GAGE

*Strain Gage juga sensitif terhadap perubahan temperatur. Oleh karena itu akan terjadi perubahan Gage Faktor jika temperaturnya berubah, seperti dinyatakan pada persamaan berikut :*

$$R_t = R_{t0} ( 1 + \alpha T )$$

*Dengan :*

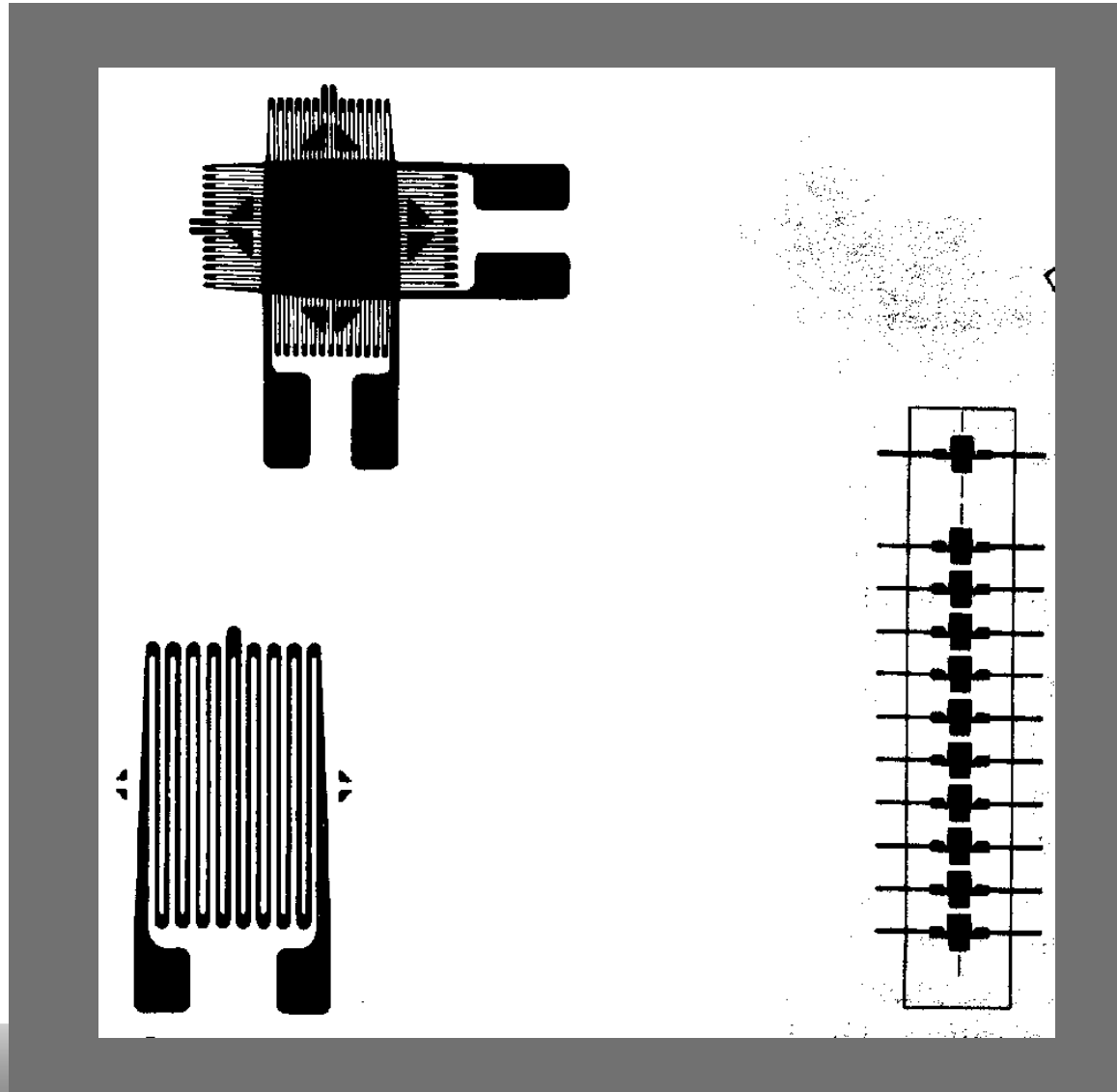
*$R_t$  – besarnya tahanan pada saat temperaturnya  $T$*

*$R_{t0}$  - besarnya tahanan pada saat temperaturnya  $T_0$*

*$\alpha$  - koefisien temperatur*

*$T$  - perubahan temperatur dari  $T_0$*

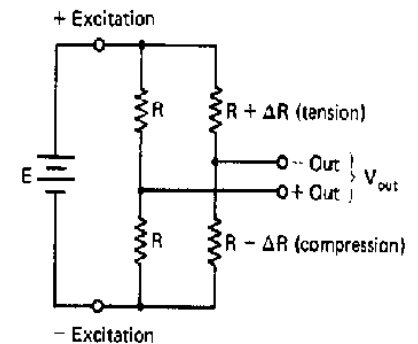
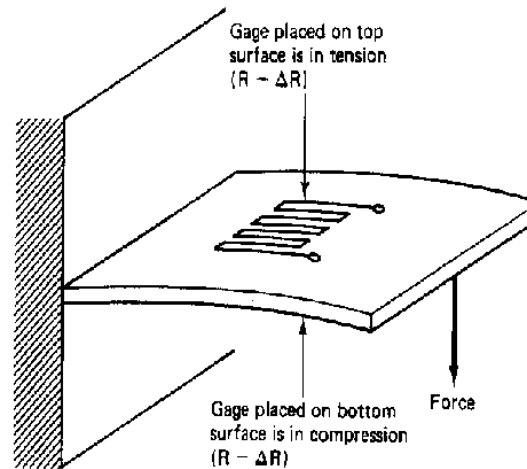
# STRAIN GAGE



Untuk mendapatkan sensitifitas yang tinggi maka menggunakan rangkaian jembatan Wheatstone.

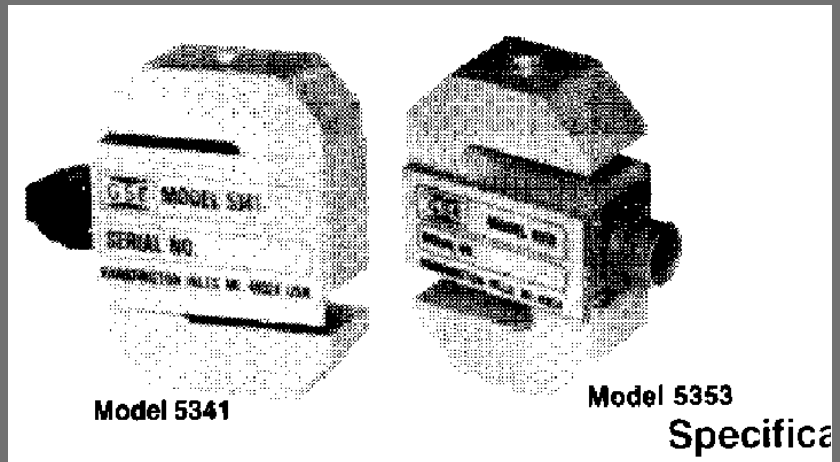
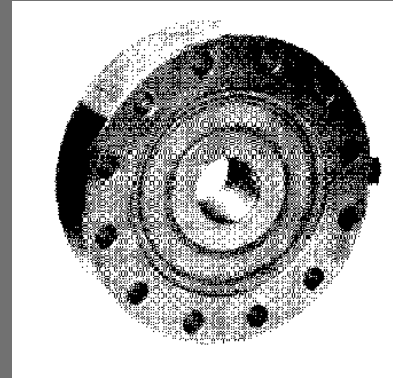
$$V_{out} = (\Delta R E)/2R$$

Pada saat tidak ada tekanan maka harga  $R = 0$ , keempat resistor mempunyai tahanan yang sama, maka  $+out = -out$ , sehingga  $V_{out} = 0$ . Jika diberikan tekanan maka akan terjadi perubahan tahanan ® pada Strain gage, maka



# LOAD CELL

Untuk realisasi sensor banyak menggunakan *Load Cell* karena sensor ini memang dirancang khusus untuk mengukur besarnya gaya. Load Cell dirancang dengan menggunakan Strain Gage (biasanya dengan empat Strain Gage). Contoh Load Cell



# *CONTOH APLIKASI*



# CONTOH

Strain Gage mempunyai panjang 10 cm dan luas penampangnya 4cm<sup>2</sup>. Modulus elastisitasnya 20,7x10<sup>10</sup> N/m<sup>2</sup>. Strain gage mempunyai tahanan nominal 240Ω dan Gage Faktornya 2,2. Jika diberikan beban maka akan terjadi perubahan tahanan 0,013. Hitung besarnya perubahan panjang dan besarnya gaya yang diberikan.

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$$

$$\begin{aligned}\Delta L &= (\Delta R/R)L/GF \\ &= \frac{0,0013\Omega}{240\Omega} \times \frac{0,1 \text{ m}}{2,2} \\ &= 2,46 \times 10^{-6} \text{ m}\end{aligned}$$

$$\varepsilon = \Delta L/L$$

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = \varepsilon E$$

$$F = E A (\Delta L/L)$$

$$A = 4 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ m}^2} = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}F &= 20,7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2 \times \frac{2,46 \times 10^{-6}}{0,1 \text{ m}} \times 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ &= 2,037 \times 10^3 \text{ N}\end{aligned}$$

# Sensor Fluida

*Sensor fluida dibagi dalam tiga kelompok yang sesuai dengan parameter yang diukur, yaitu tekanan, level, dan aliran. Didalam manufaktur harus dapat mengukur 1 atau lebih parameter. Dalam dunia industri sensor fluida sangat banyak digunakan.*

**Sensor Tekanan**  
**Sensor level**  
**Sensor aliran (Flow Sensor)**



# Sensor Tekanan

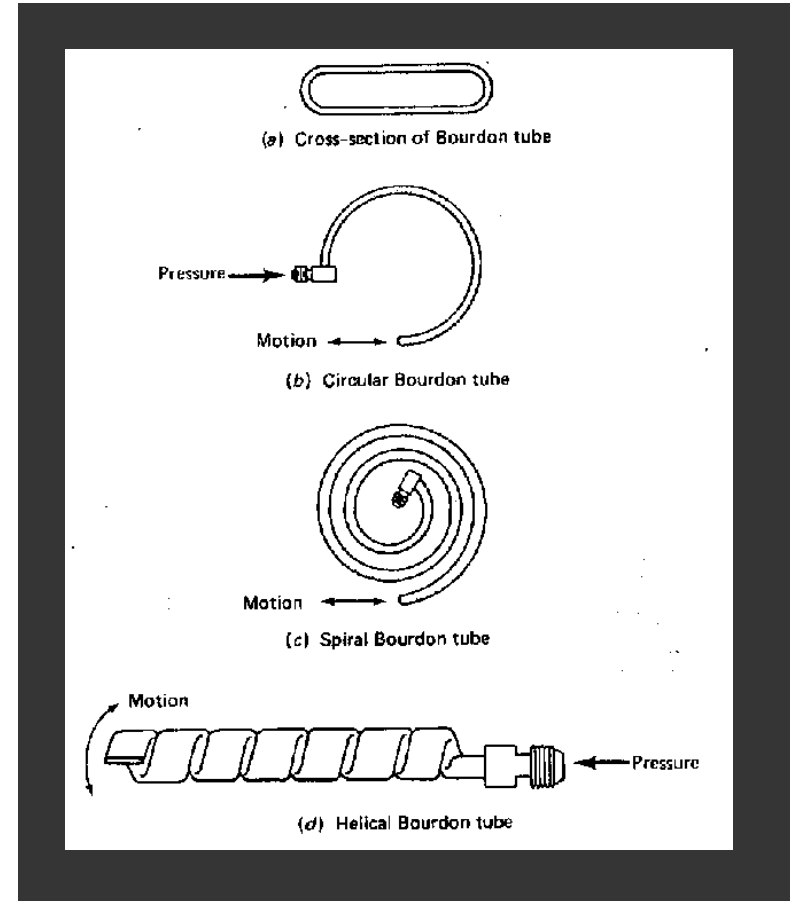
Tekanan didefinisikan sebagai gaya persatuan luas ( $F/A$ ). Tekanan yang diukur dengan menggunakan ruang hampa sebagai referensi, yang biasa disebut dengan tekanan absolut. Semua tekanan diukur dalam dua sisi yaitu satu sisi untuk pengukuran dan satu sisi yang lain untuk referensi. Tekanan dibawah kolom fluida tergantung pada ketinggian kolom dan kerapatan fluida yaitu :

$$p = f g h$$

Dengan :

$g$  = konstanta untuk mengubah  
massa atau berat,  $980,665 \text{ cm/dtk}^2$

$h$  = tinggi kolom



# CONTOH

*Jika sensor tekanan mempunyai spesifikasi berikut :*

*Tekanan input : 0 – 100 psi*

*Output skala penuh : 100 mV*

*Akurasi Nol : + 1 mV*

*Akurasi : 1% FS*

*Kesetimbangan Nol : 0,02%*

*FS/o F (pergeseran kesetimbangan 75o)*

*Pengaruh sensitifitas panas : 0,02% FS/oF, Hitunglah kesalahan akurasi, pengaruh panas dan sensitifitas pengaruh pd suhu 95 oF !*

*Penyelesaian :*

*Akurasi karena kesalahan adalah :  $\pm 0,01$  psi*

*Akurasi Nol adalah  $\pm 1$  mV atau  $\pm 1$ psi.*

*Sensor telah dikaliberasi pada keluaran Nol dengan 0 psi pada 75°F. Jika digunakan pada 75°F, maka akan menyebabkan pergeseran kesetimbangan Nol dan keluaran skala penuh yaitu :*

*Kesalahan*

$$= +0,0002/^{\circ}\text{F} \times 100 \text{ psi} \times (95^{\circ}\text{F} - 75^{\circ}\text{F})$$

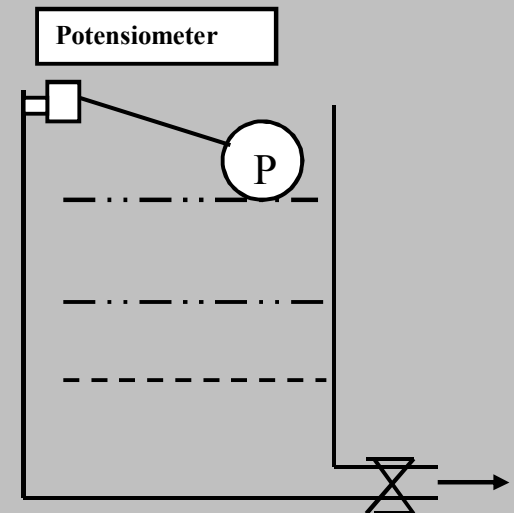
$$= 0,4 \text{ psi}$$

*Bila kita lihat secara keseluruhan secara bersama, maka kesalahan yang terjadi adalah  $\pm 1,4$  psi atau  $\pm 1,4$  mV.*

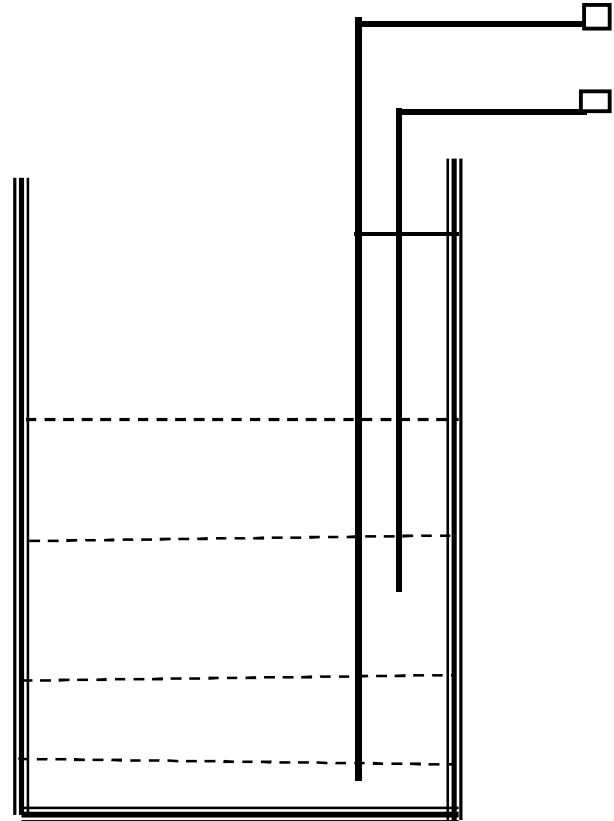
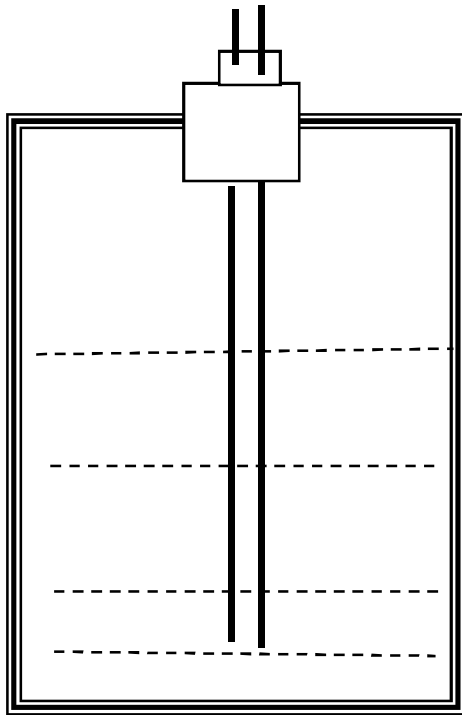
# Sensor Level

Ada beberapa metode dalam pengukuran level cairan ini, baik itu yang dilakukan secara kontinu maupun yang diskontinu. Kontinu artinya bahwa pengukur dan sensor bekerja secara terus menerus, sedangkan diskontinu sensor akan bekerja hanya bila diperlukan saja. Pengukuran level yang paling sederhana dan umum dilakukan dengan menggunakan float atau pengapung yang akan bergerak naik turun sesuai dengan level dari cairan yang diukur. Selain itu, pengapung ini dihubungkan langsung ke transduser yang perubahan secara proporsional terhadap level. Metode lain untuk pengukuran level ini ialah dengan menggunakan sensor tekanan yaitu memanfaatkan hubungan langsung antara level atau volume cairan dengan tekanan pada dasar tangki.

Jadi semakin tinggi level cairan semakin berat pula tekanan dalam tangki dan tekanan inilah yang diukur yang disesuaikan/dikalibrasi dengan level ketinggian cairan dalam tangki.



# *Sensor Level*



# Sensor Level

Masih banyak metode-metode yang lain diantaranya yaitu menggunakan konduktivitas (conductivity) dan kapasitas, cahaya (light), dan gelombang suara (sonic) seperti pada gambar 3.20.

Keuntungan sistem pengapung dan potensiometer mempunyai beberapa keuntungan yang lebih baik daripada sensor level yang lain. Pertama, sinyal keluaran mempunyai sinyal level tinggi (high level) tegangan DC. Oleh karena itu, tidak perlu pengkondisian sinyal dan mudah diinstalasi dengan pengendali untuk digunakan. Kedua, sistemnya adalah sederhana, harganya relatif murah dan mudah direalisasikan.

Disamping itu ada kerugiannya dari sistem pengapung dan potensiometer, yaitu mempunyai keterbatasan gerakan, sistem mekaniknya harus diinstalasi didalam tangki yang hal umumnya tidak mudah dilakukan.

Jika menggunakan sensor level kapasitif (lihat gambar 3.20), maka kapasitas suatu kapasitor plat sejajar dapat dihitung melalui :

$$C = \frac{A \cdot \epsilon}{d}$$

$C$  = kapasitas

$A$  = luas penampang plat

$\epsilon$  = konstanta dielektrik

$d$  = jarak antara 2 plat

# Sensor Ultrasonic

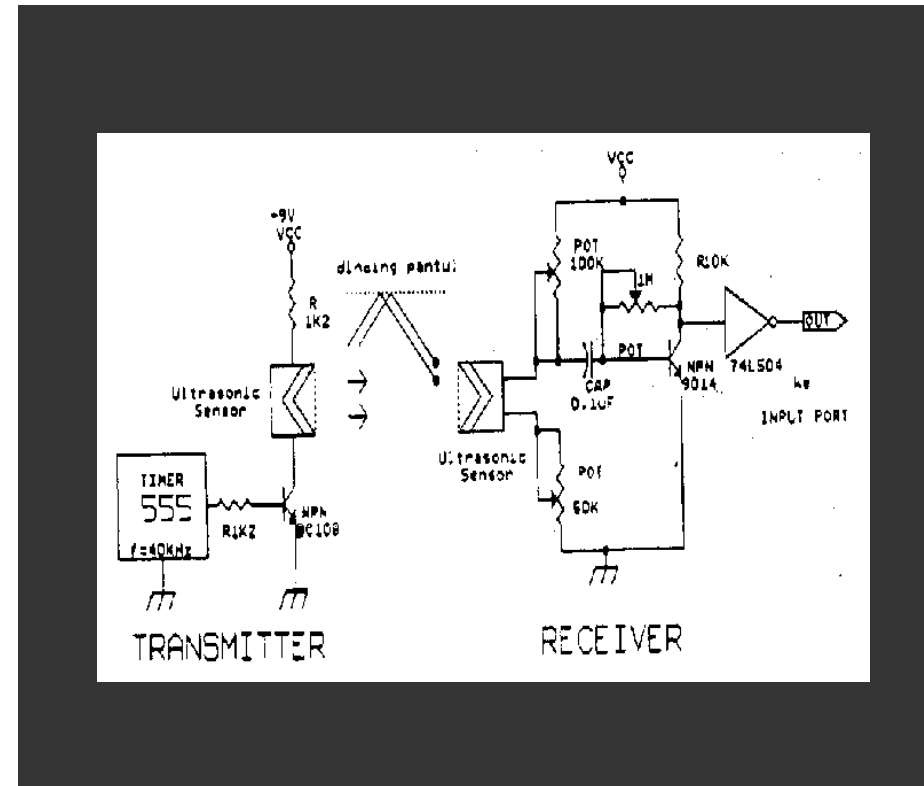
Jika kita menggunakan sensor ultrasonik, sinyal yang dipindahkan berdasarkan kecepatan suara, waktu pengiriman dan penerimaan diukur dari jarak jangkauan kepermukaan yang dituju. Jarak yang diukur berkisar antara 0,5 m – 10 m, dan pengukurannya mengikuti perumusan berikut :

$$d = 0,5 v.t$$

$d$  = jarak kepermukaan obyek

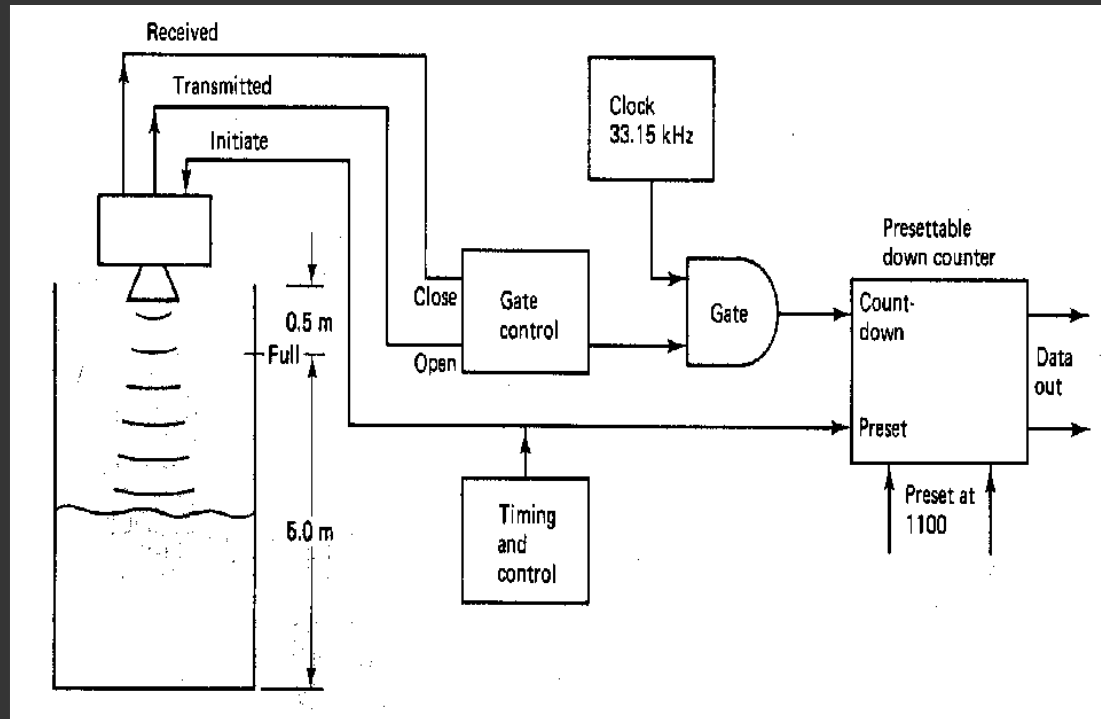
$v$  = kecepatan suara (331,5 m/detik)

$t$  = Total waktu (berangkat dan kembali)



# Contoh

*Buatlah blok diagram untuk menggunakan sensor ultrasonik dengan jangkauan detektor pada tangki ditentukan dengan kedalaman 5 m. Keluaran harus 0 saat tangki kosong dan 1000 pada saat tangki penuh.*



### **Penyelesaian :**

*Detektor ultrasonik ditempatkan pada jarak 0,5 diatas permukaan apabila tangki penuh, bila tangki kosong, maka jaraknya menjadi 5,5 mak*

*5,5m*

$$t \text{ kosong} = \frac{5,5m}{(0,5) (331,5 \text{ m/dtk})} = 33,183 \text{ mdetik}$$

*Bila tangki penuh, gelombang yang dipancarkan sejauh 0,5 m dan kembali, maka :*

*0,5m*

$$t \text{ penuh} = \frac{0,5m}{(0,5) (331,5 \text{ m/dtk})} = 3,017 \text{ mdetik}$$

*Perbedaan waktu antara kosong dan penuh adalah :*

$$\begin{aligned} t &= (33,183 - 3,017) \text{mdetik} \\ &= 30,166 \text{ mdetik.} \end{aligned}$$

*Jika perbedaan waktu yang dihitung dengan perbedaan counter 1000, maka waktu tiap counter adalah :*

$$\begin{aligned} t &= (\text{percounter}) = 30,166 \text{ mdetik} \\ &= 30,166 / 1000 \text{ mdetik} = 30,166 \mu\text{dtk.} \end{aligned}$$

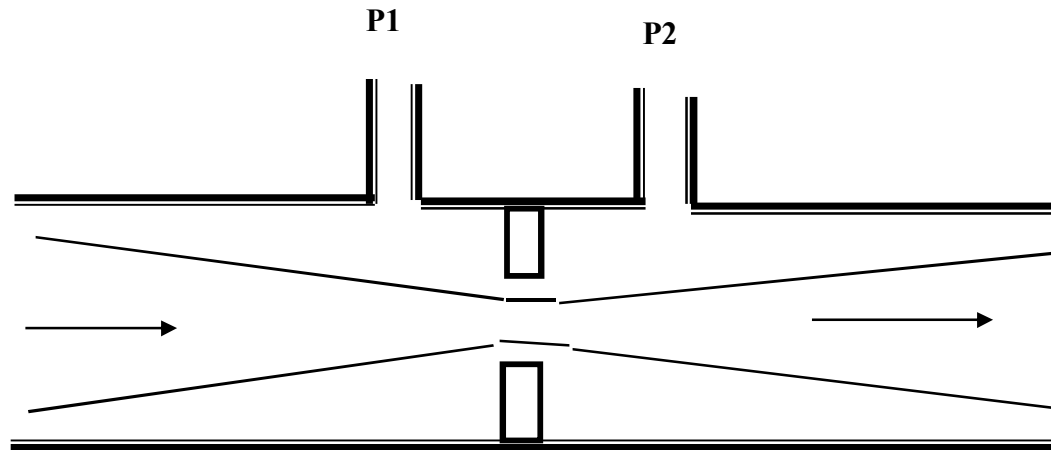
*Maka frekuensi counter adalah :*

$$\begin{aligned} f &= 1 / 30,166 \mu\text{dtk} \\ &= 33,15 \text{ KHz} \end{aligned}$$



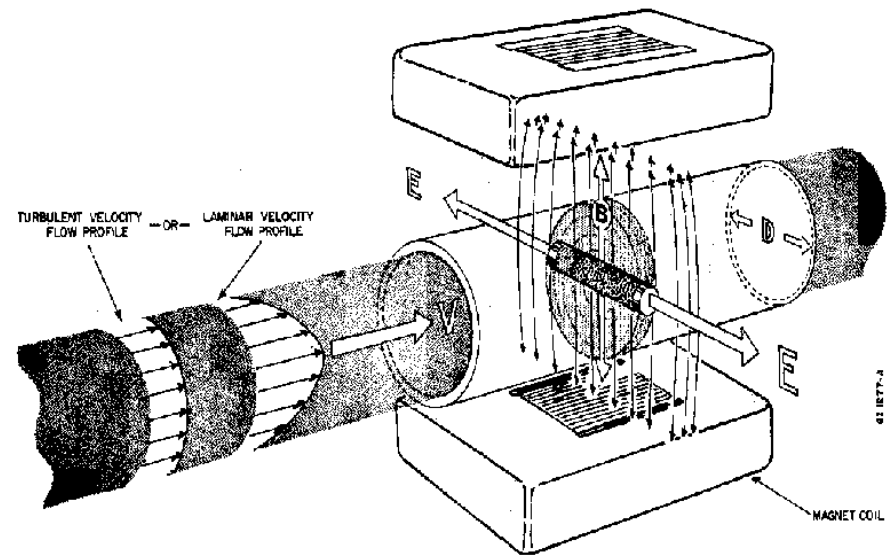
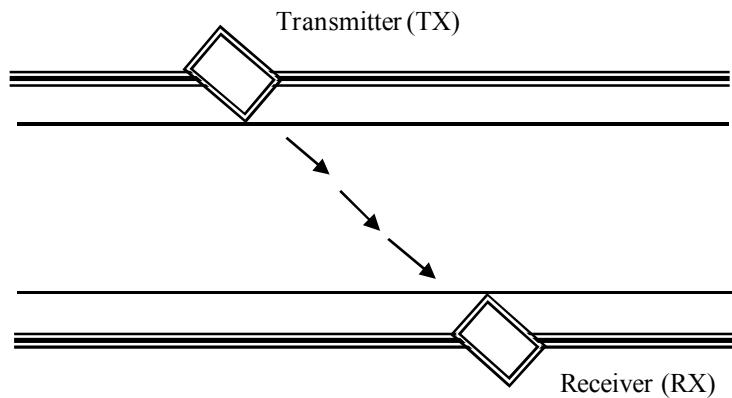
## Sensor aliran (Flow Sensor)

- Untuk mendeteksi adanya aliran fluida maupun mengukur kecepatan dari fluida dapat dilakukan dengan sensor aliran. Ada beberapa jenis dari sensor aliran baik secara mekanis maupun secara elektrik. Secara mekanis dapat dilakukan dengan sistem orifice plate yaitu mengukur perbedaan tekanan antara aliran yang masuk pada plate dan tekanan yang keluar dari plat, besar perbedaan inilah yang dikonversikan ke besarnya aliran.



# Sensor Aliran

Secara elektrik ada beberapa cara yang populer yaitu dengan menggunakan magnetik dan ultrasonik.



# *Sensor Temperatur*

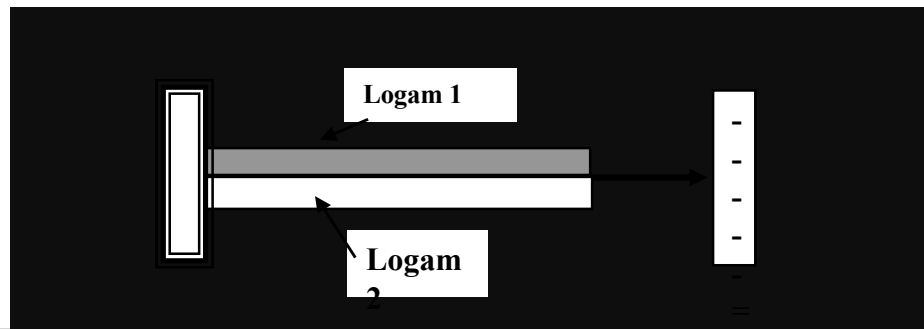
- ❑ Sensor temperatur banyak digunakan untuk berbagai keperluan : di industri, rumah tangga, kedokteran, dan lain-lain.
- ❑ **Mengapa disebut sensor temperatur bukan sensor panas?**  
Untuk itu harus dibedakan antara panas dan temperatur. Yang disebut temperatur ialah perubahan panas.
- ❑ Contoh : kita membayangkan suatu cairan yang ditekan menyebabkan aliran dengan cairan yang dipanaskan menyebabkan aliran panas yang disebut temperatur.

# *Prinsip sensor temperatur*

- ❑ ***Sistem pengisian termometer (Filled System Thermometers)***
- ❑ Tipe ini termasuk jenis yang paling tua, yang konstruksinya terdiri dari satu tabung gelas yang mempunyai pipa kapiler kecil yang berisi vacuum dan cairan serta reservoir cairan dan cairan ini biasanya berupa air raksa. Perubahan panas menyebabkan perubahan ekspansi dari cairan atau dikenal temperature to volumetric change kemudian volumetric change to level secara simultan. Perubahan level ini menyatakan perubahan panas atau temperatur. Ketelitian jenis ini tergantung dari rancangan atau ketelitian tabung, juga penyekalanya.

# Sensor temperatur dwi logam

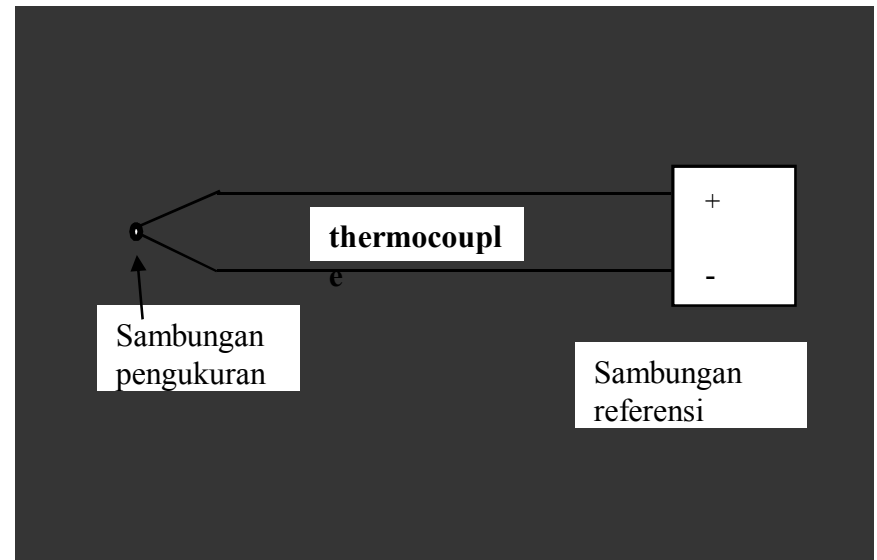
- ❖ *Jenis ini menggunakan logam untuk sensornya. Logam yang digunakan adalah 2 buah yang masing-masingnya mempunyai karakteristik titik leburnya yang berbeda.*
- ❖ *Bila logam dipanaskan maka logam akan memuai atau bertambah panjang. Karena karakteristik pemuaian dari kedua jenis logam pada dwi logam berbeda, maka ujung yang bebas dari logam akan membengkok.*
- ❖ **Penggunaan : thermostat**  
*electric toaster, coffe pot, dan setrika listrik. sistem pemutus rangkaian (circuit breaker)*



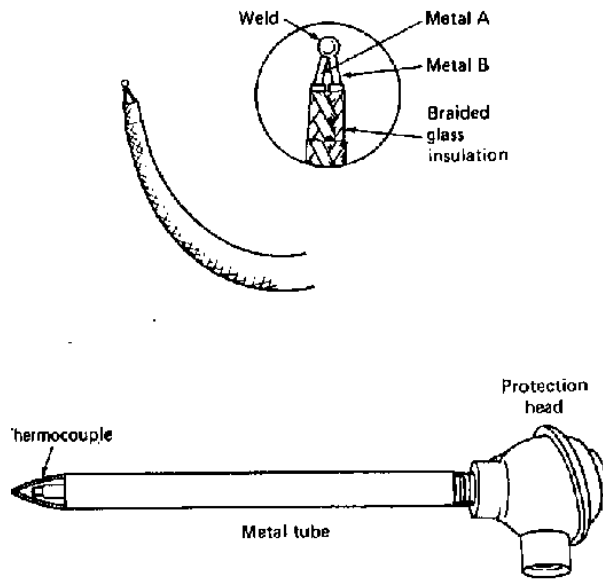
# Macam-macam sensor temperatur

## ❑ **Thermocouple**

Thermocouple disusun dari dua jenis logam yang hampir sejenis dan bila dipanaskan akan menghasilkan thermal electromotive force ketika sambungan bahan mempunyai temperatur yang berbeda.



# Sensor thermocouple



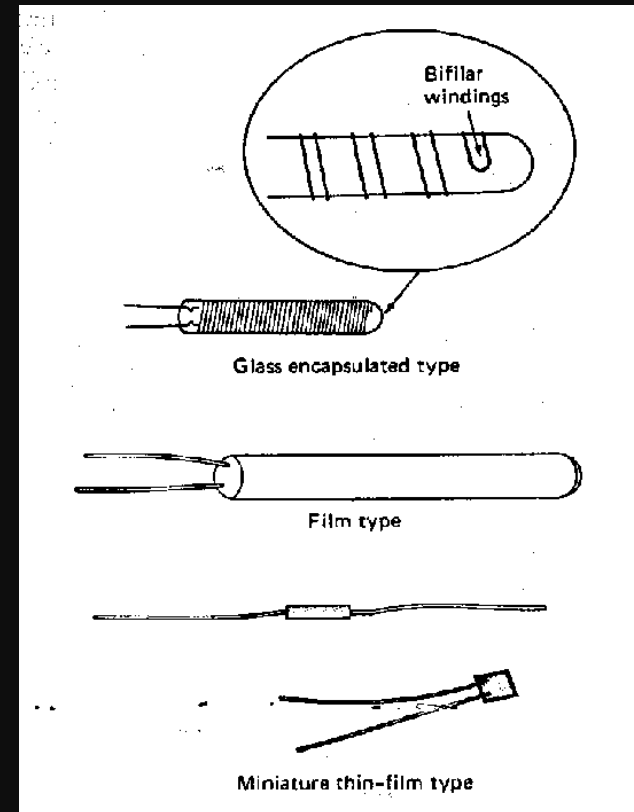
## Koefisien Seebeck dan sensitifitas DVM

Thermocouple	Koefisien Seebeck( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ )	Sensitifitas DVM untuk $0.1^\circ\text{C}$ ( $\mu\text{V}$ )
E	62	6.2
J	51	5.1
K	40	4.0
R	7	0.7
S	7	0.7
T	40	4.0

# Sensor RTD

**Penemu** : Seebeck yang kemudian dikembangkan oleh Sir William Siemens.

**Prinsip kerja** : sensor ini berdasarkan perubahan tahanan dari beberapa jenis logam apabila mendapatkan perubahan panas. Semua logam akan mengalami perubahan tahanan positif apabila terjadi perubahan temperatur yang positif.



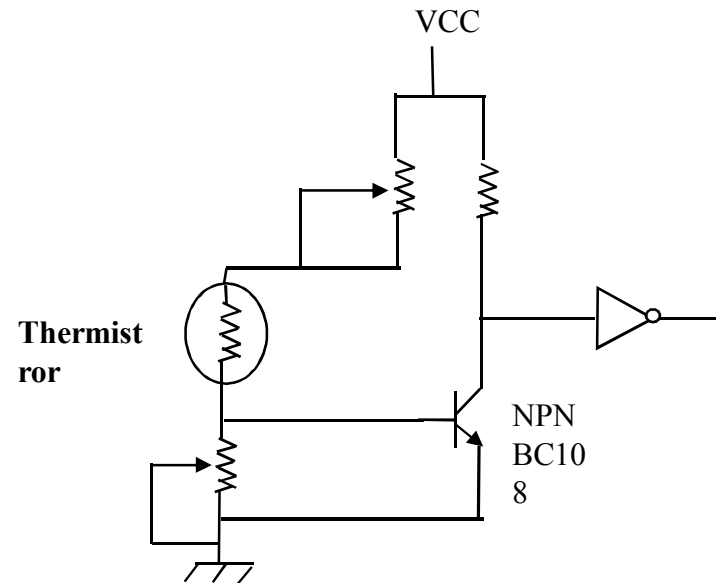


# Sensor temperatur RTD

- **Bahan** : untuk sensor ini antara lain platina, nikel, paduan nikel alloy, terutama tembaga karena mempunyai tahanan yang rendah dan perubahan tahanan yang linier
- Nilai tahanan untuk RTD platina mempunyai jarak dari 10 sampai dengan 100 ohm untuk model bird gage. Standar koefisien temperatur kawat platina (DIN 43760) adalah  $= 0.00385$ . Untuk kawat 100 adalah  $0.385/^{\circ}\text{C}$ . Nilai ini adalah rata-rata dari  $0^{\circ}\text{C}$  sampai  $100^{\circ}\text{C}$

# Sensor temperatur thermistor

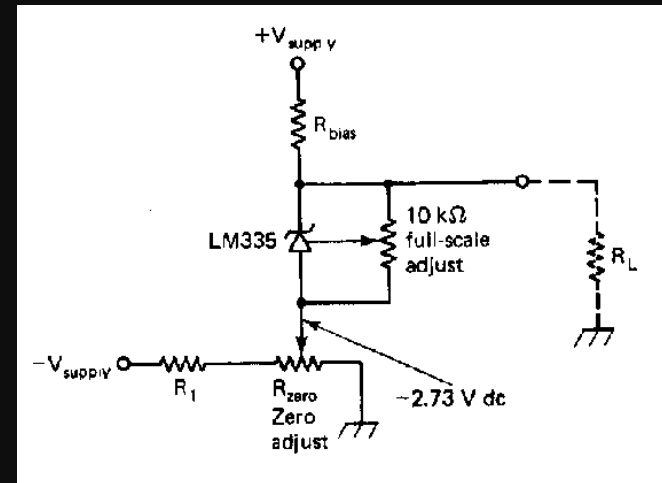
*Thermistor adalah juga resistor yang sensitif terhadap perubahan temperatur. Thermistor biasanya dibuat dari bahan semikonduktor. Thermistor umumnya mempunyai koefisien temperatur negatif (NTC), artinya apabila temperatur bertambah maka tahanannya akan berkurang, tetapi juga ada yang mempunyai koefisien temperatur positif (PTC).*



## ***Sensor temperatur dengan IC***

*Sensor dengan Integrated Circuit (IC) tipe LM335 keluarannya  $10\text{ mV}/^{\circ}\text{F}$  dan sensor yang lain tipe AD592 arus keluarannya  $1\text{ A}/^{\circ}\text{K}$ . IC tipe LM335 adalah sebagai zener diode yang sensitif terhadap temperatur.*

3 tipe IC yang mempunyai jarak dan penggunaan yang berbeda-beda. Apabila mendapat pembiasan balik pada daerah breakdown, maka keluarannya adalah

$$V_z = 2,73V + (10mV/^{\circ}C) T$$


Tipe	Range(°C)	Penggunaan
LM135	$-55 \leq t \leq 150$	Militer
LM235	$-40 \leq t \leq 125$	Industri
LM335	$-40 \leq t \leq 100$	Komersial

# Sensor temperatur dengan IC

*Untuk menentukan ukuran batasan besarnya tahanan tergantung dari besarnya tegangan suplai pada zener diode dan tegangan pada temperatur nominal, yaitu:*

$$R(\text{bias}) = \frac{V(\text{suplai}) - V(\text{nominal})}{I_z}$$

*Dalam manufaktur besarnya  $I_z = 1\text{mA}$*

*Bila nilainya adalah linier maka hal ini adalah penting, karena arus beban kecil maka dibandingkan dengan arus minimum yang melalui zener yaitu :*

$$\frac{V_{\text{mak}}}{R_L} \gg \frac{V(\text{suplai}) - V_{\text{mak}}}{R(\text{bias})}$$

# CONTOH

Jika rangkaian menggunakan IC LM335 yang mempunyai jarak – 100C sampai dengan +50°C pada temperatur nominal 20°C, menggunakan catu daya +5V hitung tahanan beban minimum yang diperbolehkan.

## Penyelesaian

Pada temperatur nominal maka outputnya :

$$V_z = 2,73 \text{ V} + (10\text{mV}/0\text{C}) (200\text{C}) = 2,93 \text{ V}$$

Tetapi, anode pada zener diode pada –2,73 V, maka tegangan keluarannya adalah :

$$V_{out} = V_z + V(\text{offset}) = (2,93 - 2,73) \text{ V} = 200 \text{ mV}$$

$$R(\text{bias}) = \frac{5\text{V} - 0,2\text{V}}{1\text{mA}} = 4,8 \text{ K}\Omega$$

Dipilih harga  $R(\text{bias})$  besarnya 4,7 K $\Omega$ .

Untuk menentukan nilai minimum harus ditentukan  $R(\text{zero})$  pada  $I(\text{bias})$ , sehingga harus dipilih harga  $R(\text{zero}) \ll R(\text{bias})$  dan dipilih  $R(\text{zero}) = 500\Omega$ .

Untuk koreksi besarnya tahanan beban digunakan persamaan berikut :

$V_{mak} \cdot R(\text{bias}) :$

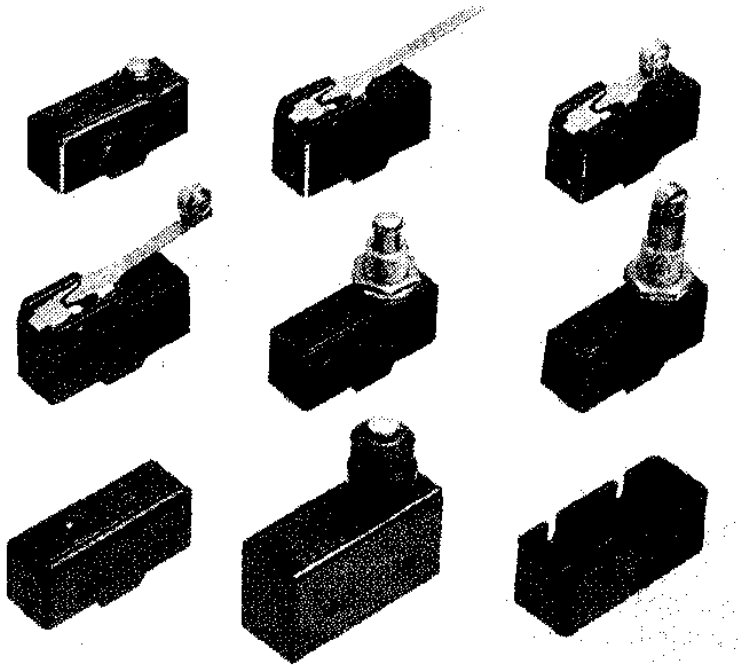
$$R_L \gg \frac{V_{mak} - R(\text{bias})}{V(\text{supply}) - V_{mak}}$$

$$V_z = 2,73 + (10)(50) = 3,23\text{V}$$

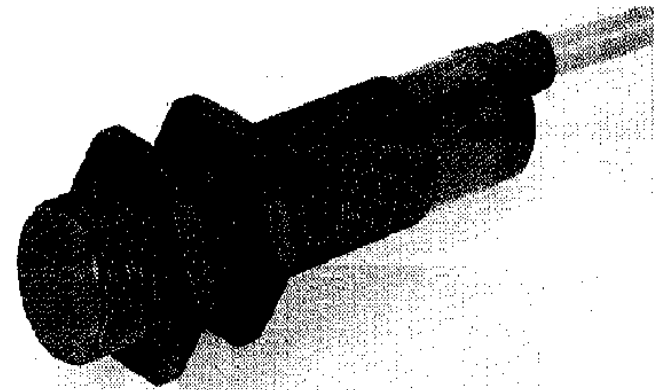
$$V_{mak} = 3,23\text{V} - 2,73\text{V} = 0,5\text{V}$$

$$R_L \gg \frac{(0,5\text{V}) - (4,7\text{K}\Omega)}{5\text{V} - 0,5\text{V}} = 522\Omega$$

# Sensor proximity dan limit switch

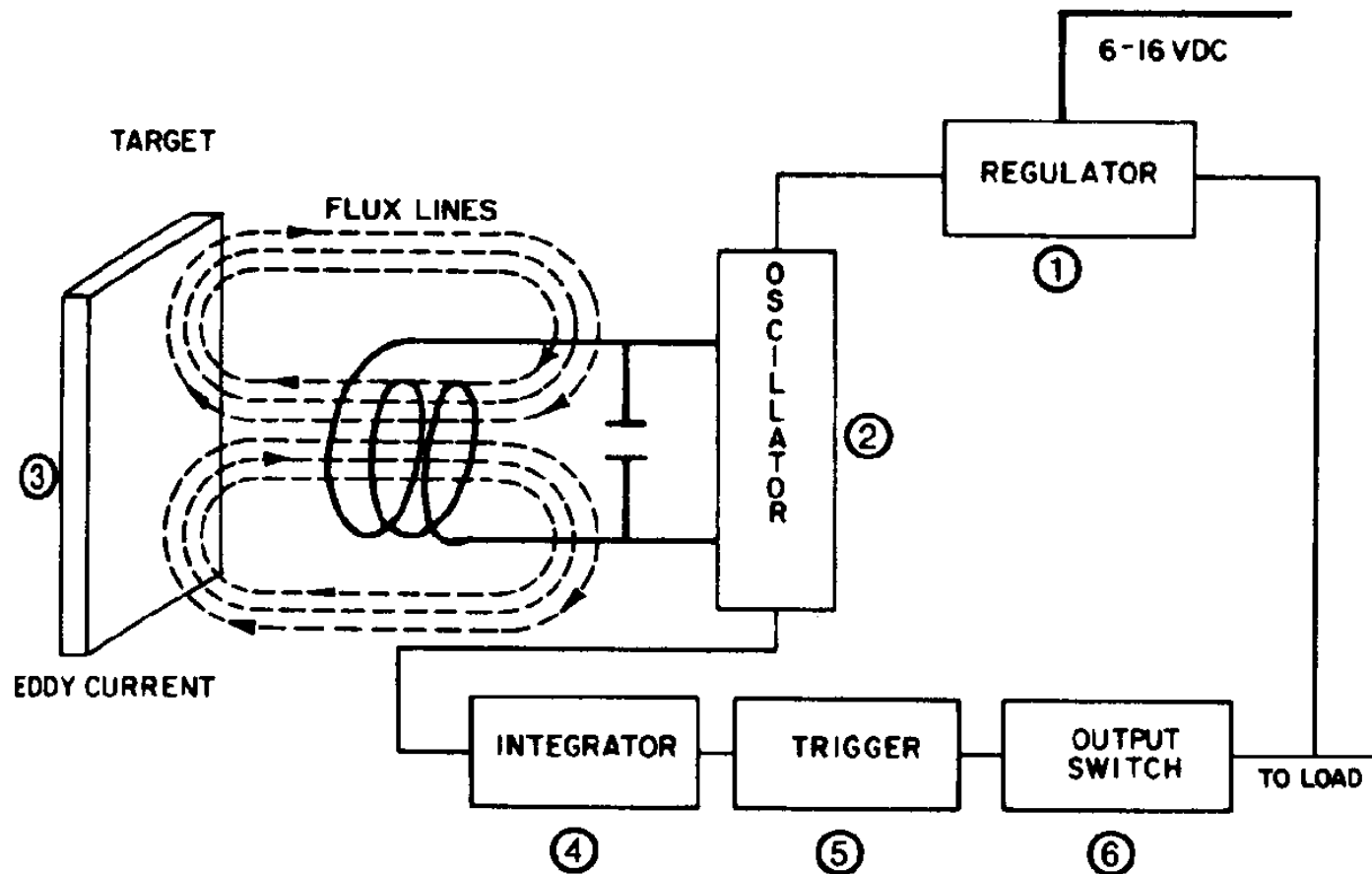


**M18 Adjustable Sensing Range**

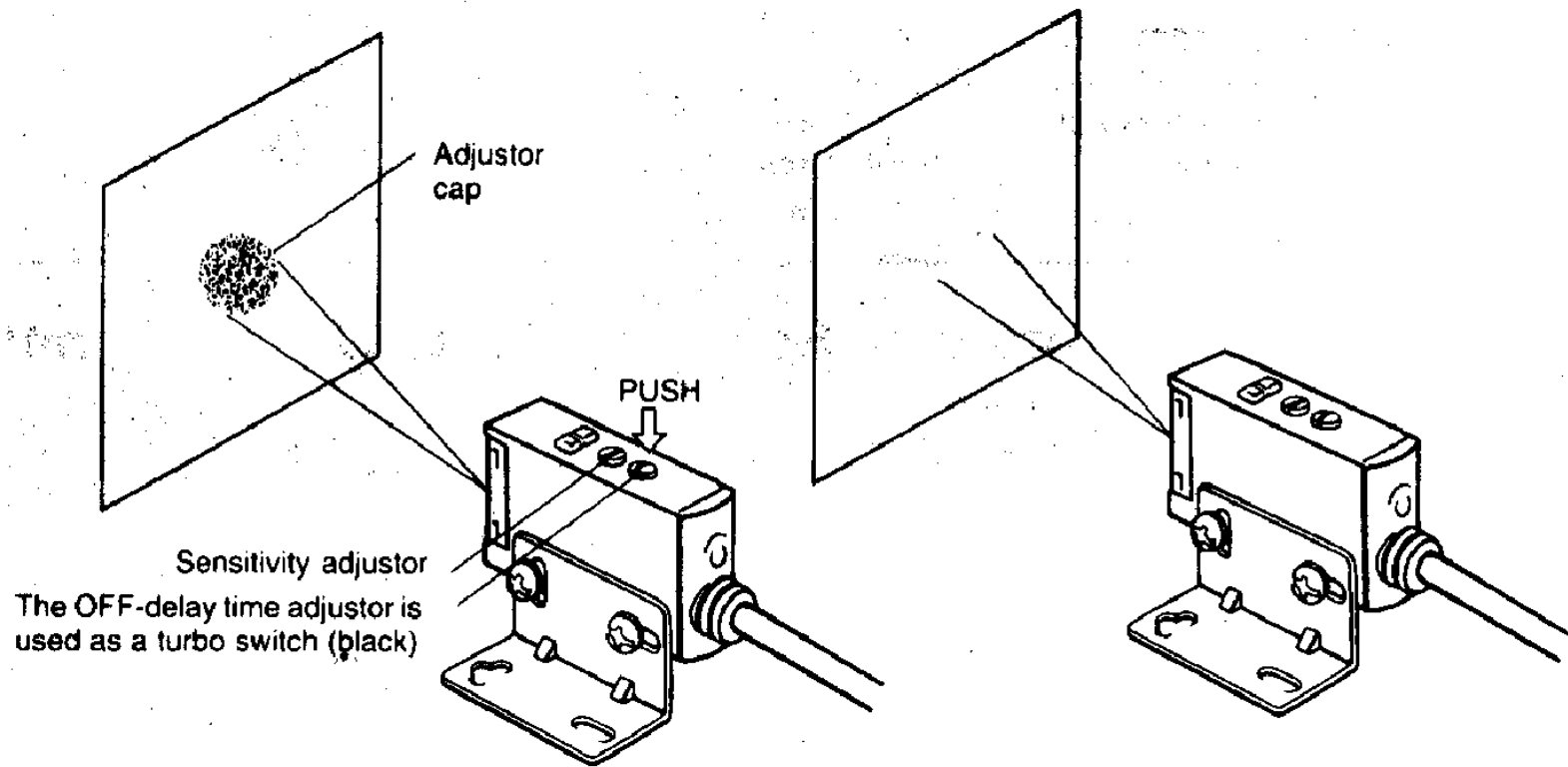


L (overall) 80  
Thread M18 × 1, L. 60

# Sensor Induktive proximity

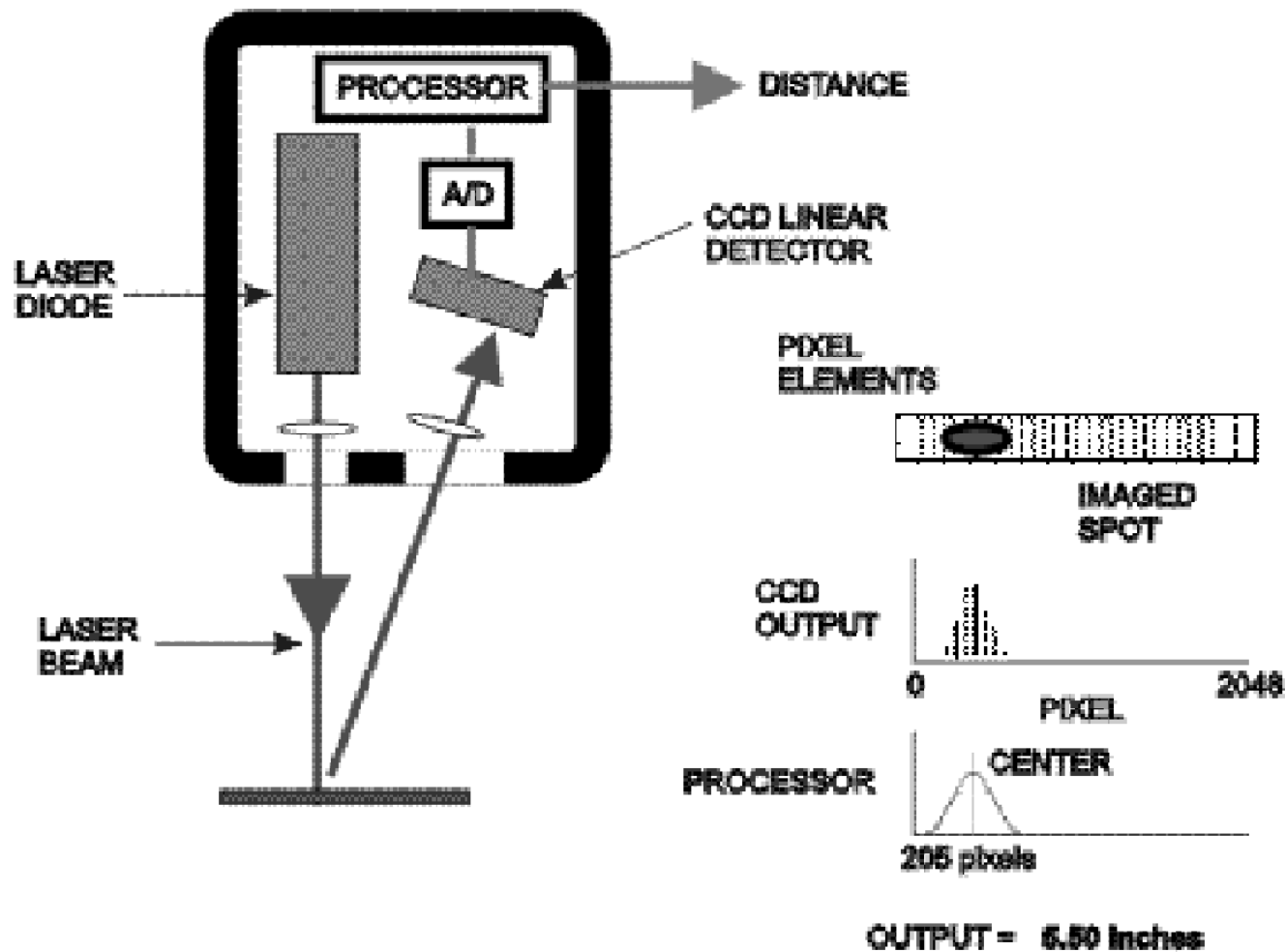


# Sensor photo electric proximity

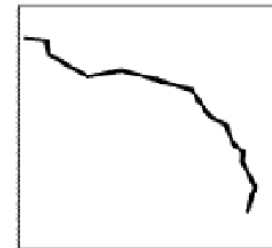
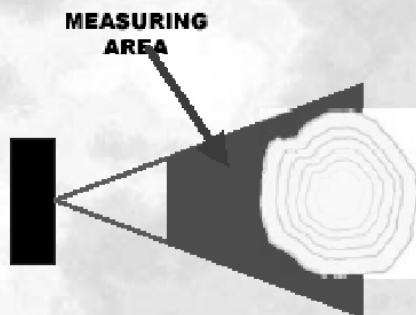
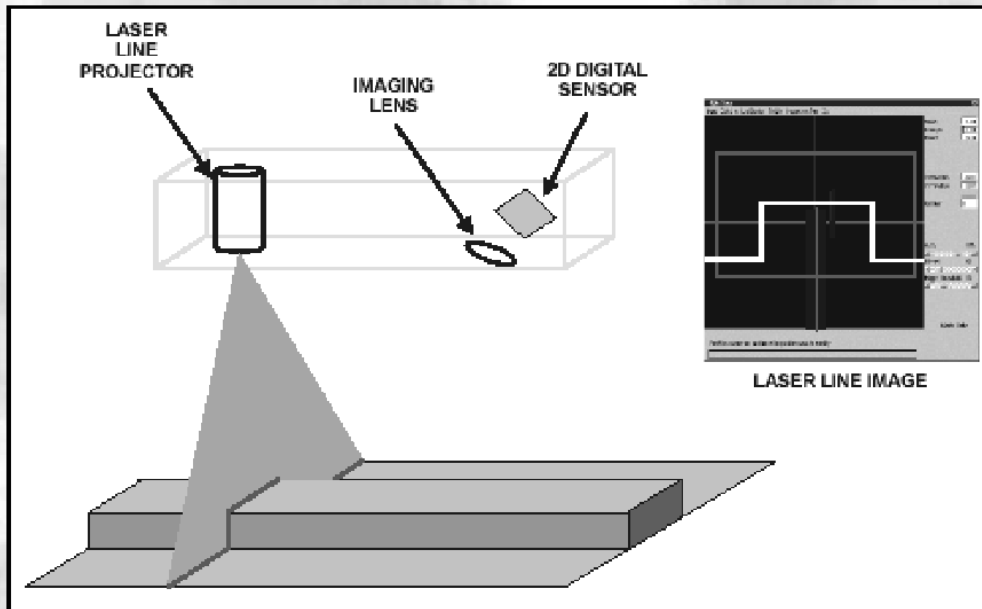




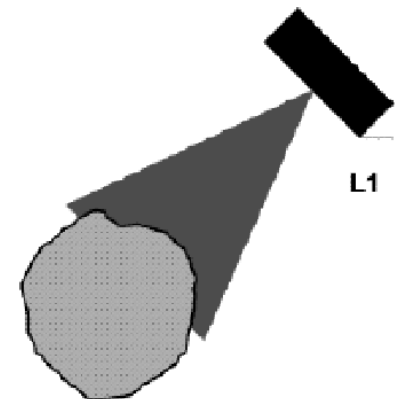
# Sensor 1-Dimensi



# Laser line operation 2-D

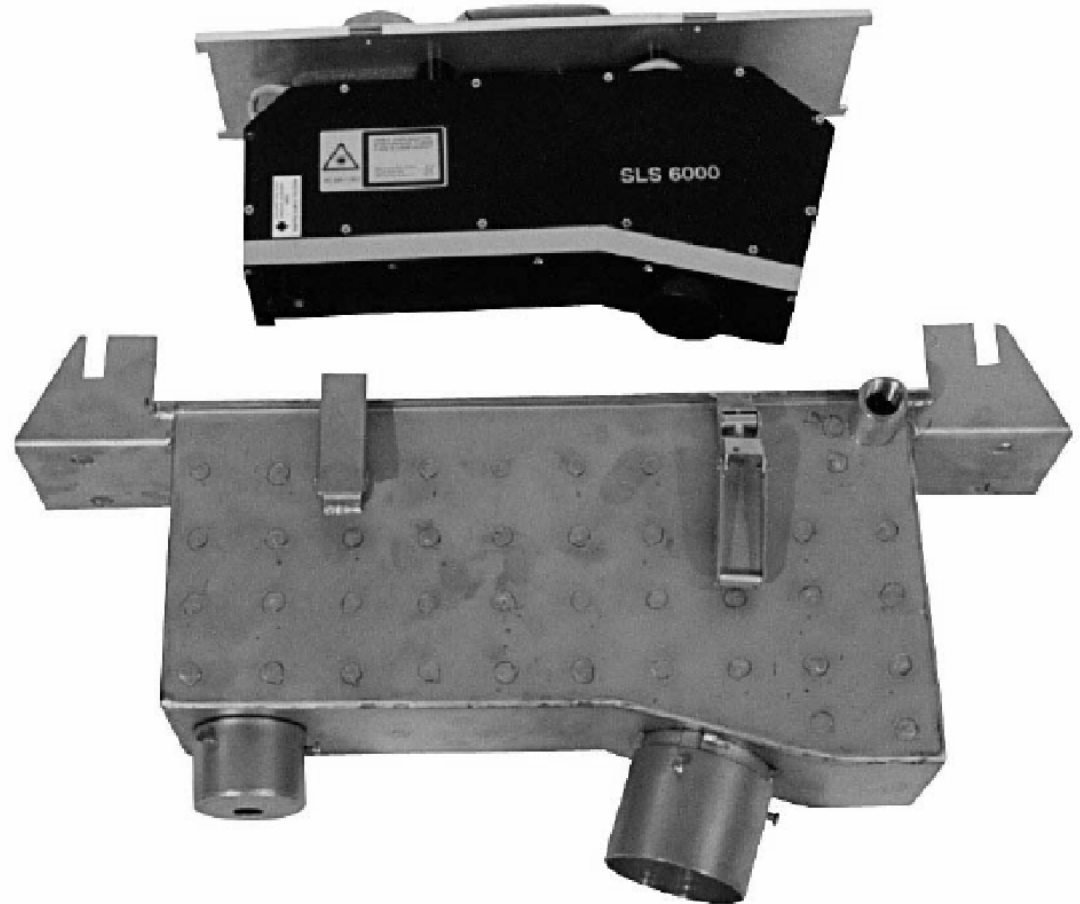


LASER LINE IMAGE

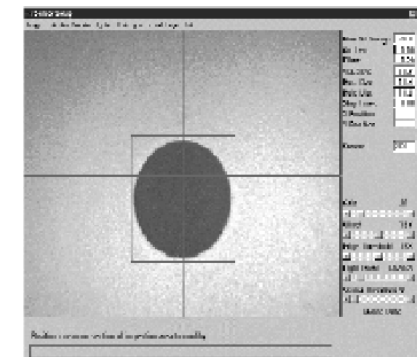
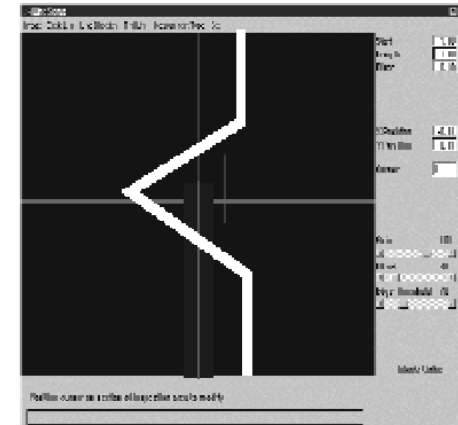
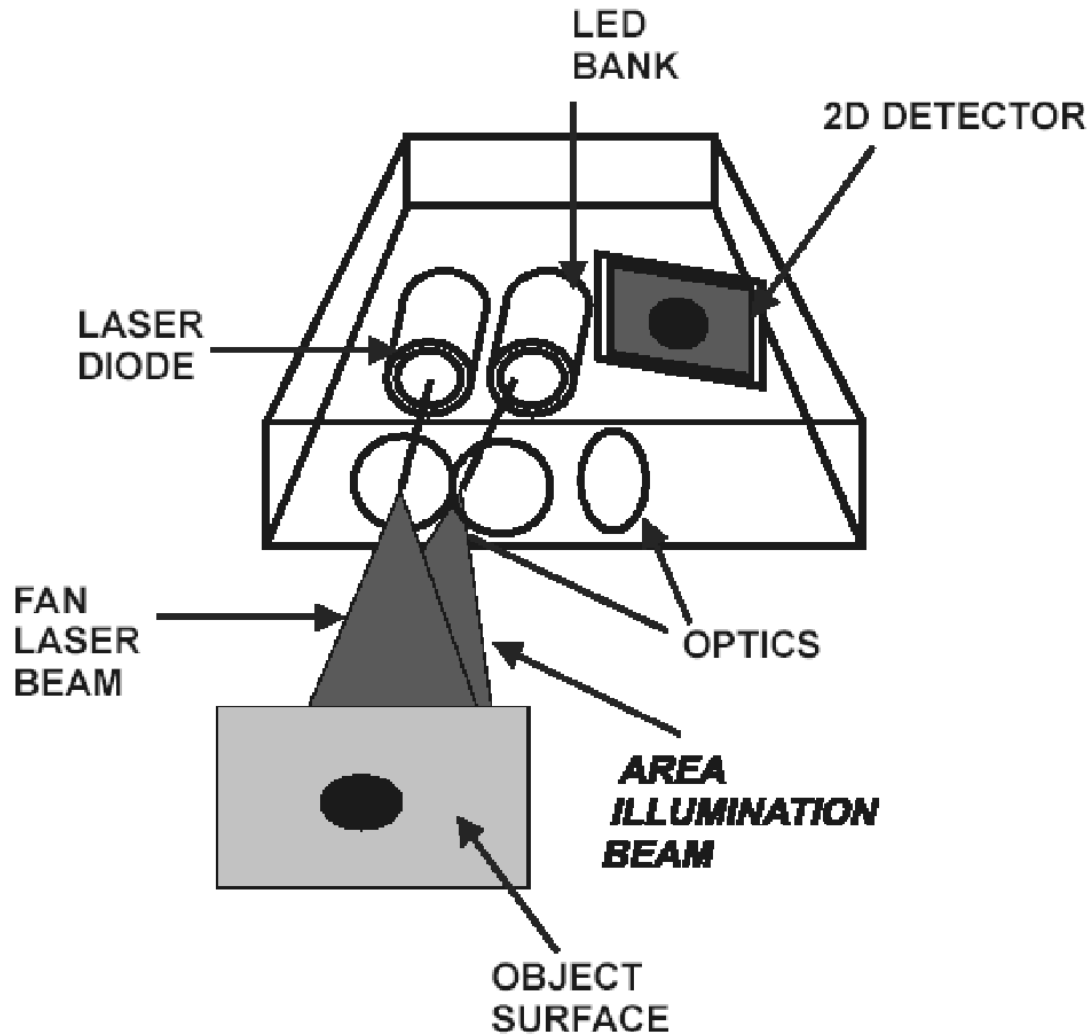


# SENSOR ISSUES - PACKAGING

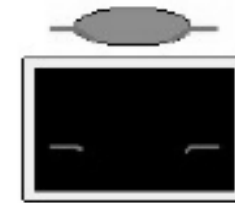
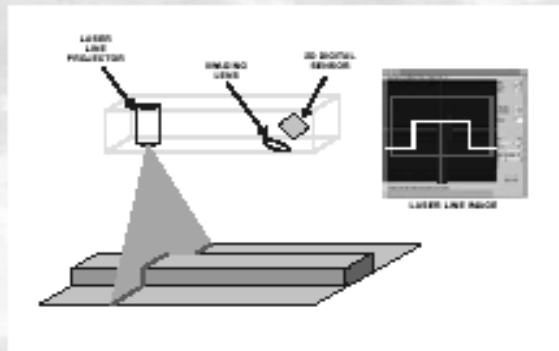
- Extra Rugged Housing
  - Water Cooling
  - Air Purging
  - Optical Filtering
  - Modulation
  - Larger Standoff
- 
- Mechanical
    - Controls Interfacing
    - Mechanical Stopper
    - Mould Positioning Control



# Sensor 3-D



# LASER LINE OPERATION – 2D



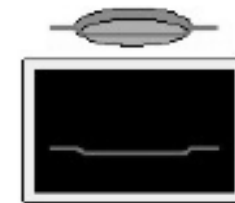
**NO IRON IN CUP**



**POUR STARTS**



**STREAM BROKEN  
(LINE STILL MEASURES LEVEL)**



**POUR COMPLETE**

# **Motor DC**