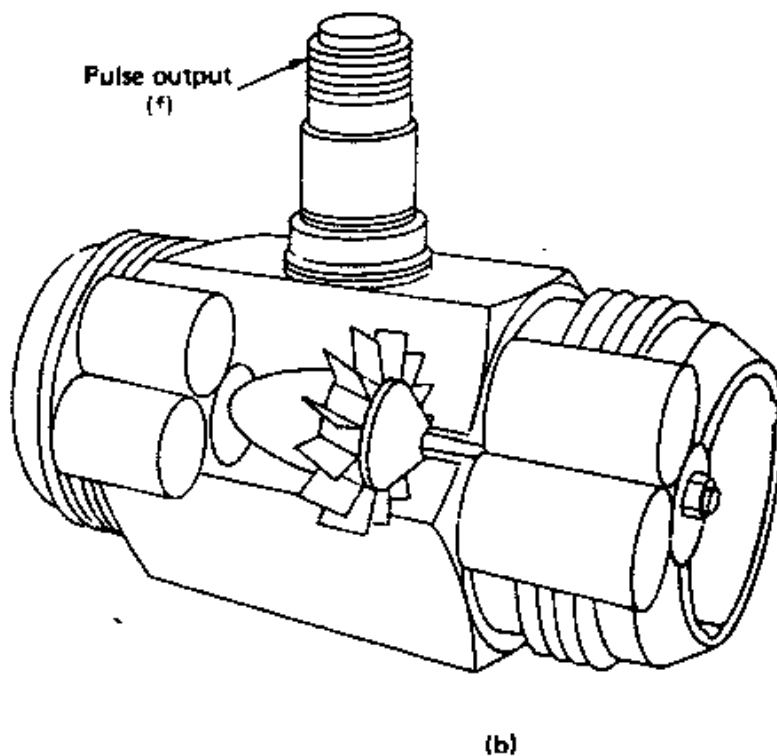
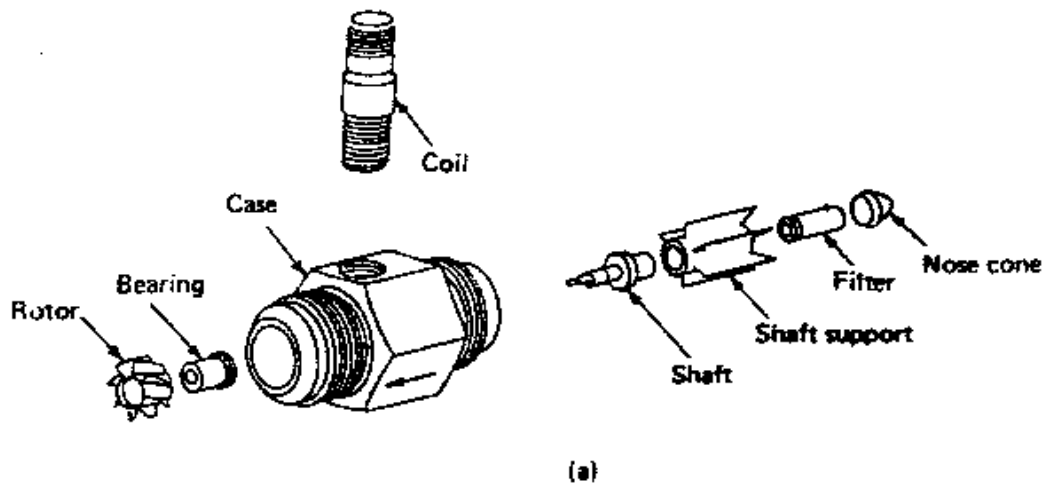


Flowmeter dan Sensor Pengukuran Fluida (Part-2 Chp-8)

- Flowmeter berdasarkan Drop Tekanan
 - turbin yang ditempatkan pada aliran fluida
 - rotasi sebanding dengan kecepatan aliran fluida
 - cara ukur menggunakan sensor proksimiti untuk mendeteksi sirip/sudu ketika melewati sensor tersebut
 - digunakan untuk fluida bersih dan nonkorosif

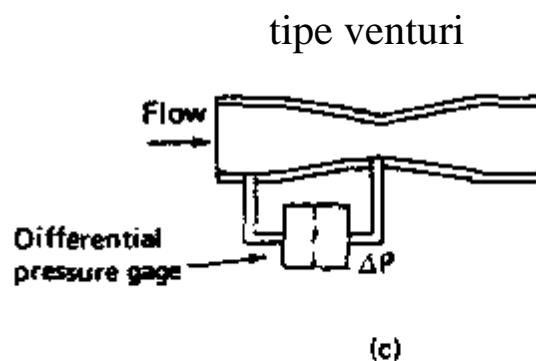
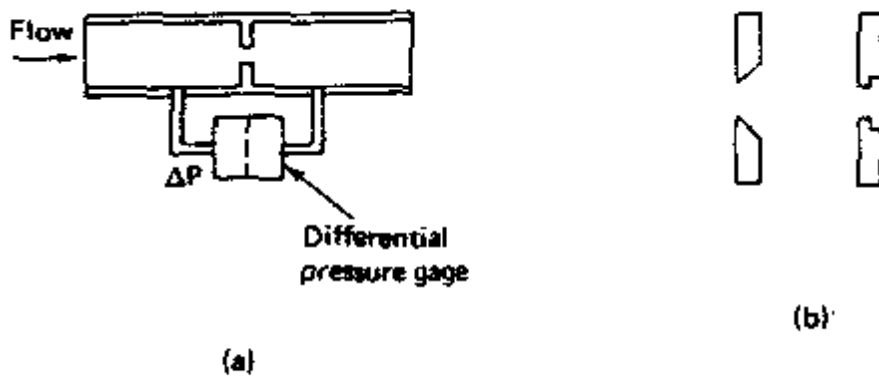


- paddle (dayung)
 - cara kerja mirip turbin, konstruksi dayung kapal uap
 - tidak akurat, kalibrasi bergantung viskositas dan ukuran pipa
 - dapat dibuat dari bahan tahan korosi
- Flowmeter orifice
 - mengukur drop tekanan pada fluida yang melalui pelat orifice
 - hubungan perubahan tekanan dengan debit fluida

$$Q_f = K_f \beta A^2 \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$

K_f konstanta, rasio orifice thd diameter pipa, A diameter pipa, densitas fluida

- konfigurasi perangkat drop tekanan



- Flowmeter tipe venturi
 - mirip dengan prinsip orifice, penurunan tekanan diukur pada dua diameter yang berbeda
 - memanfaatkan sifat tekanan lebih rendah pada kecepatan fluida yang tinggi
- Flowmeter dengan penghalang pada aliran (saluran terbuka)
- Flowmeter berdasarkan vorteks
 - aliran yang mendapat halangan tidak *streamline* akan menyebabkan terbentuknya vorteks pada kedua sisi penghalang
 - jumlah vorteks tergantung pada aliran fluida
 - pengukuran dilakukan dengan menggunakan termistor panas yang pendinginannya bergantung pada arah aliran yang berubah-ubah sesuai dengan vorteks yang terbentuk

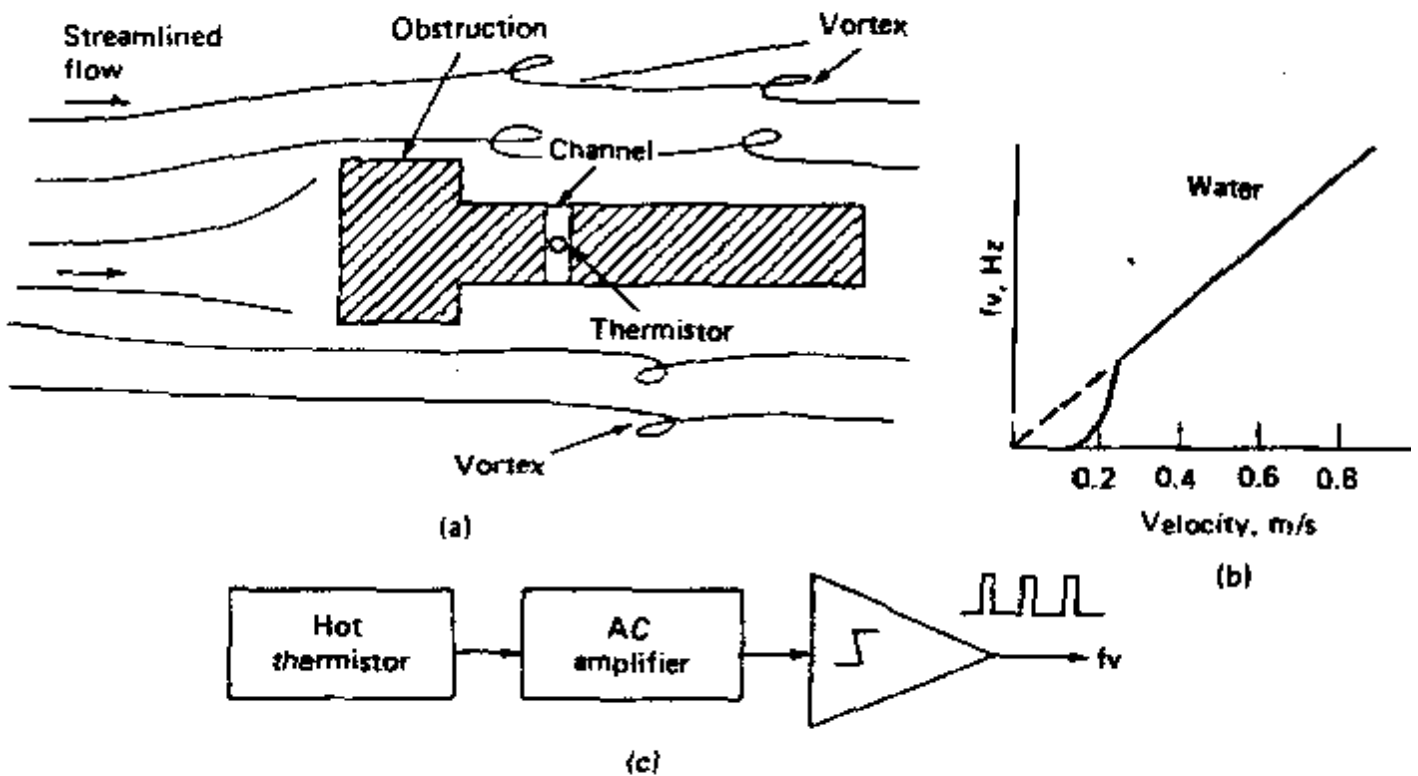


Figure 8-3 Vortex shedding flowmeter: (a) flowmeter geometry; (b) response; (c) readout block diagram.

- Flowmeter lainnya
 - Flowmeter efek pendinginan
 - menggunakan sensor thermal yang mengalami pemanasan sendiri dengan pemberian tegangan tinggi pada rangkaian jembatan
 - perbedaan temperatur sebanding dengan daya yang diberikan dan jumlah massa yang mengalir
 - akurasi ditingkatkan dengan pemisahan pemanas dari sensor thermal

$$T_u = K_u P_u u$$

$$Q_f = K_f T_h P_h$$

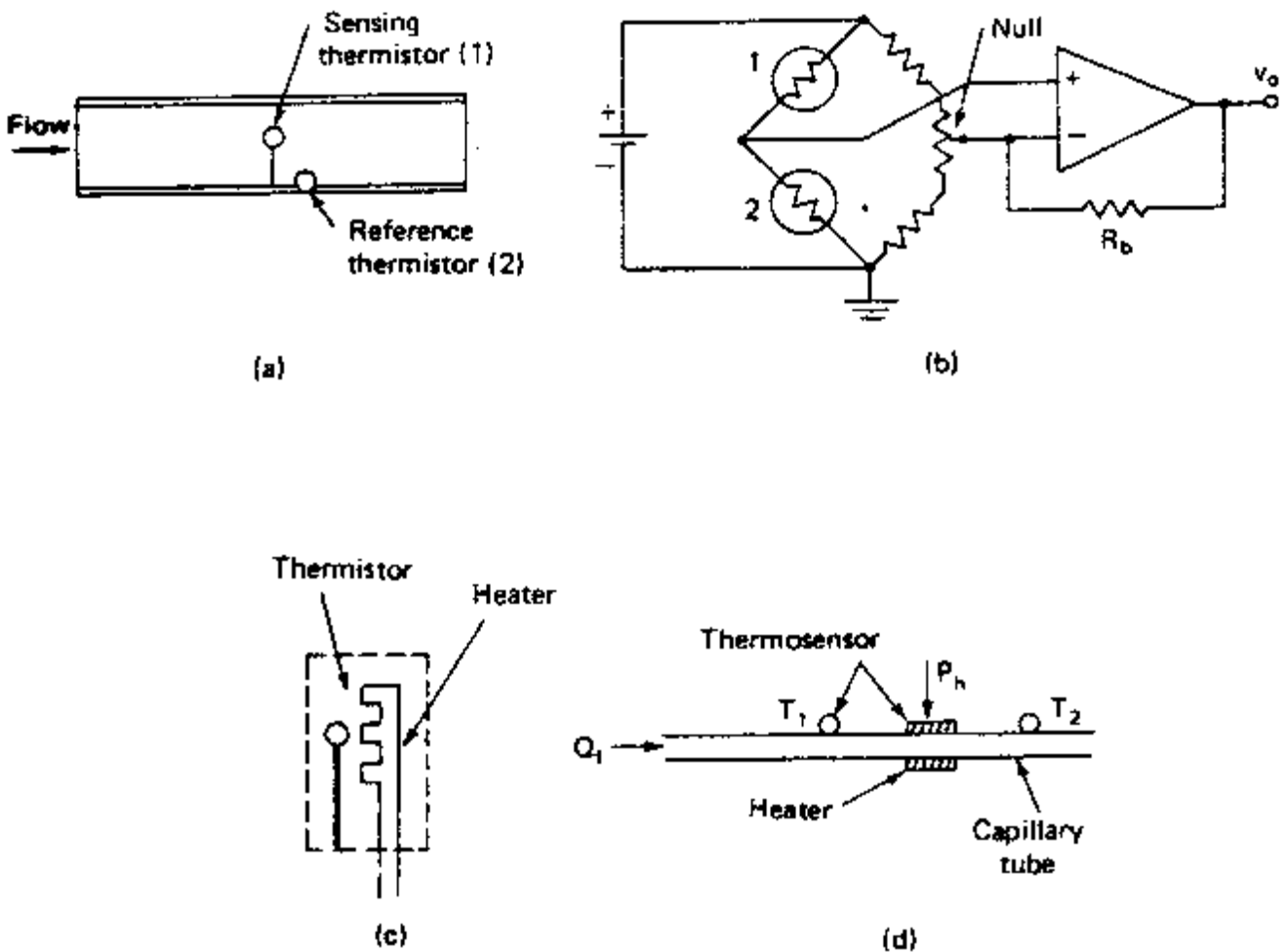


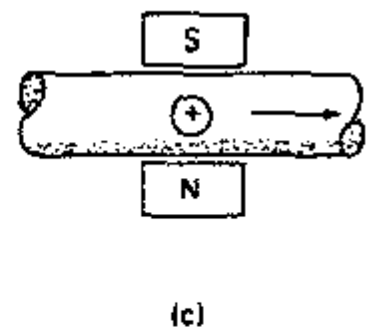
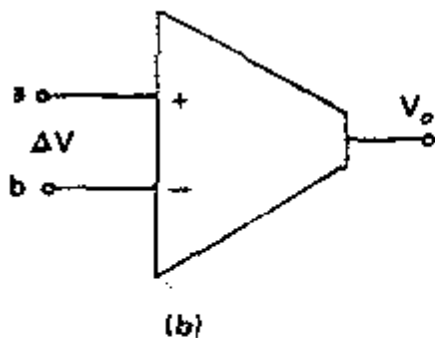
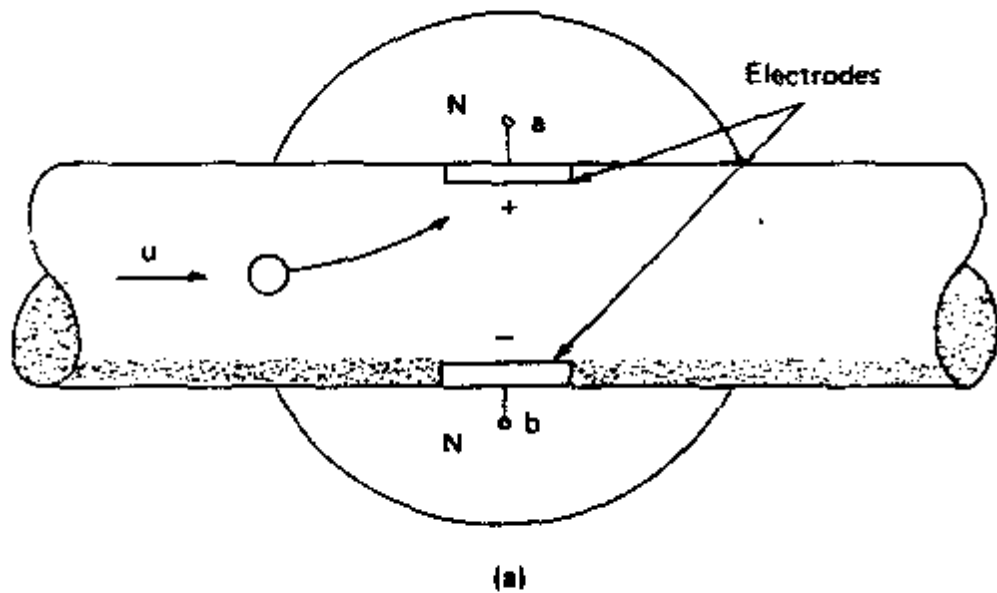
Figure 8-4 Thermal-type mass flowmeters: (a) internally heated thermistor; (b) readout; (c) separated heater type; (d) heated capillary type.

– Flowmeter fluida konduktif

- diukur dengan flowmeter elektromagnetik dalam pipa nonkonduktif
- aliran diberi medan magnet pada arah tegak lurus
- medan magnet menyebabkan masa bermuatan terdefleksi
- defleksi mmuatan menyebabkan terjadinya beda potensial pada elektroda

$$V_e = BDu$$

- konfigurasi dan penempatan magnet dan elektroda serta pengukuran:



- Flowmeter dengan Efek Doppler
 - memanfaatkan perubahan frekuensi

$$\frac{f}{f} = \frac{2u \cos \theta}{C}$$

- pemisahan frekuensi pancar dan frekuensi terima dilakukan dengan heterodyne
- menggunakan HPF untuk mendapatkan sinyal ac saja

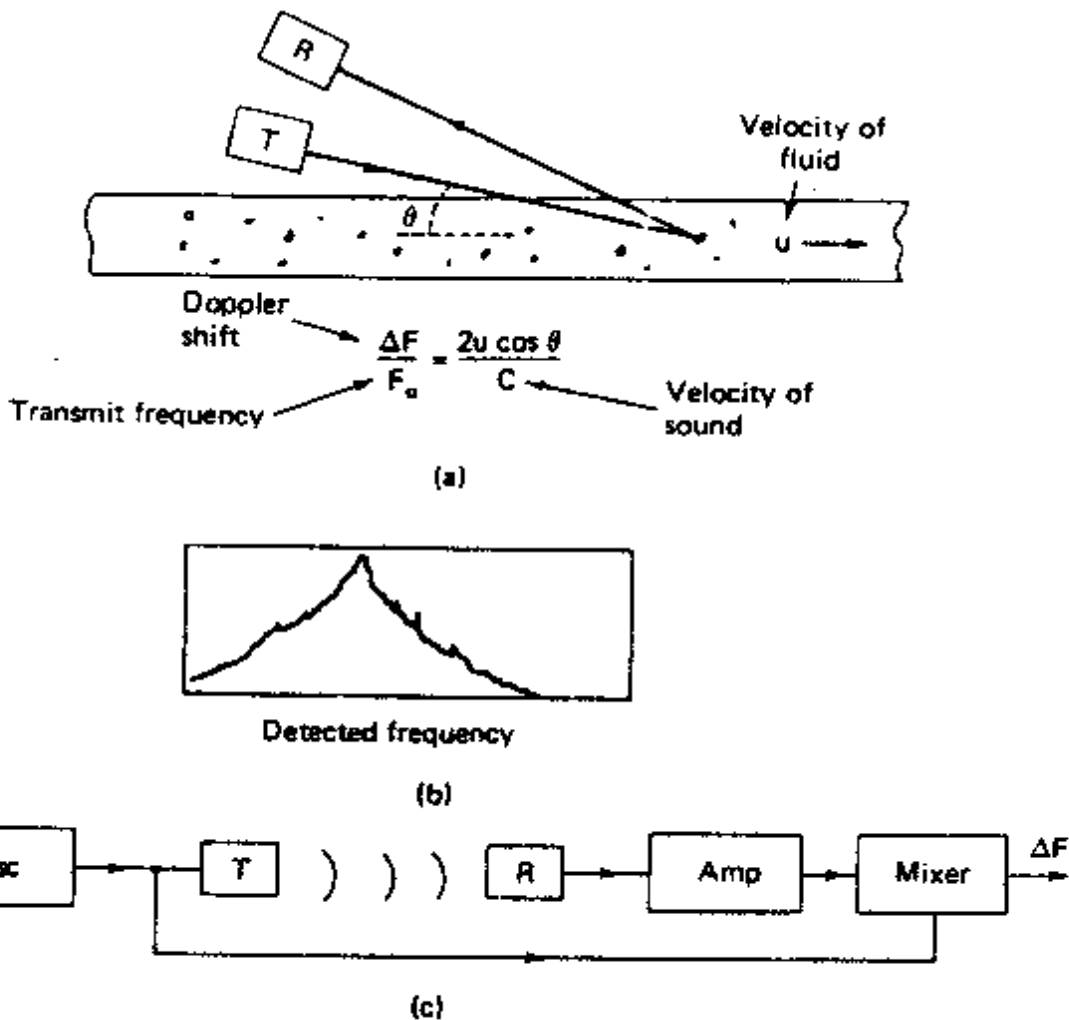


Figure 8-6 Ultrasonic (Doppler) flowmeter: (a) geometry; (b) response; (c) block diagram of readout.

- **Sensor Level Cairan**

- dapat bersifat diskrit dan kontinyu
- sensor level diskrit umumnya digunakan untuk mendeteksi tercapainya level batas bawah dan batas atas
- sensor kontinyu mengukur ketinggian setiap saat

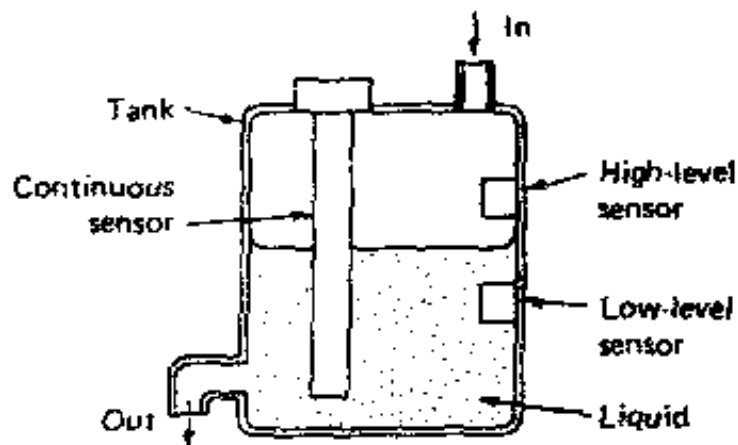
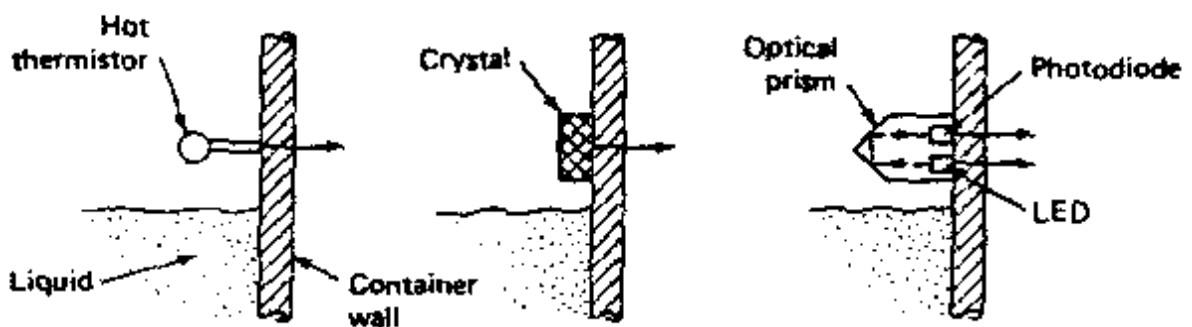


Figure 6-7 Liquid-level sensors.

- berbagai alternatif detektor (sensor diskrit) level cairan



thermokonductive

oscillating crystal
(piezoelektrik)

optical reflection
in a prism

- contoh lain: reedswitch dengan magnet berpelampung

- Sensor level cairan kontinu tipe Kapasitansi
 - memanfaatkan perubahan kapasitansi akibat cairan yang bertindak sebagai bahan dielektrik
 - konstruksi kasitor koaksial dengan metal selubung dihubungkan ke *ground* dan batang metal inti sebagai terminal ukur
 - perubahan kapasitansi sebanding dengan ketinggian level cairan yang menjadi bahan dielektrik

$$C = 24(\epsilon_d - 1) \log \frac{A}{B} X$$

A, B, diameter luar dan dalam kapasitor koaksial

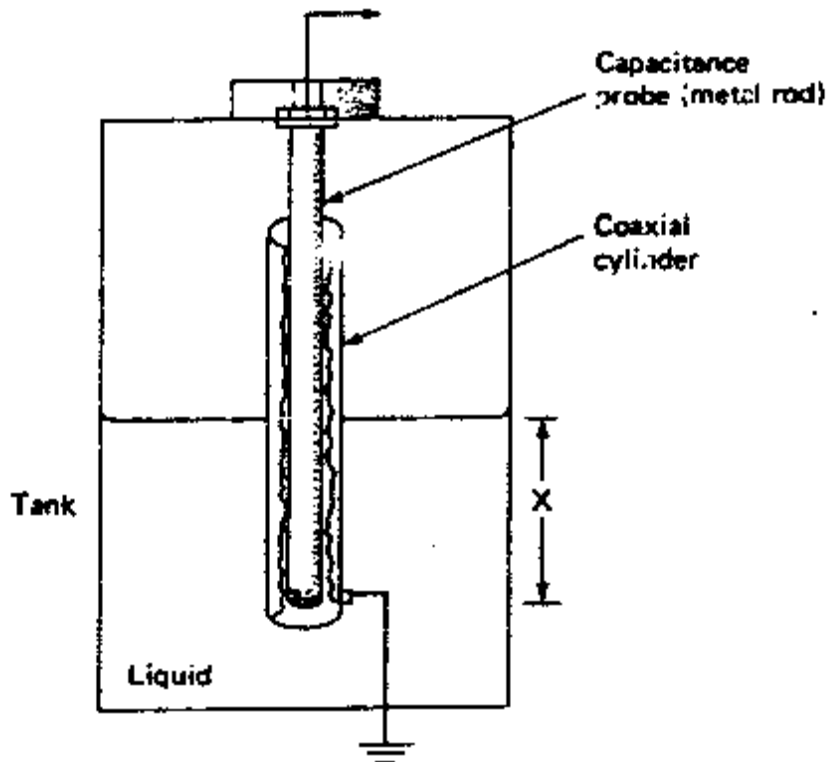
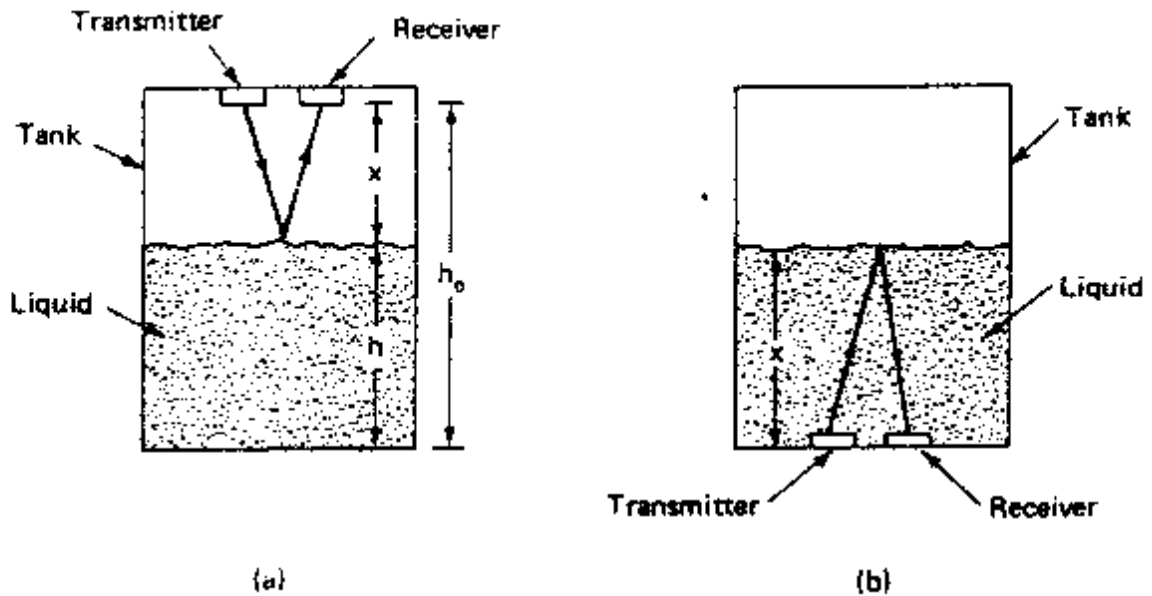


Figure 8-9 Capacitance liquid-level sensor.

- Pengukuran Level dengan Sonar

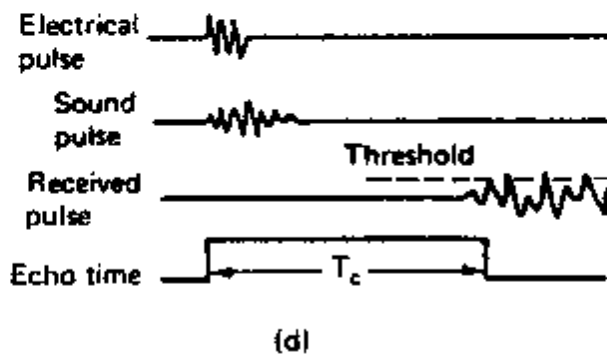
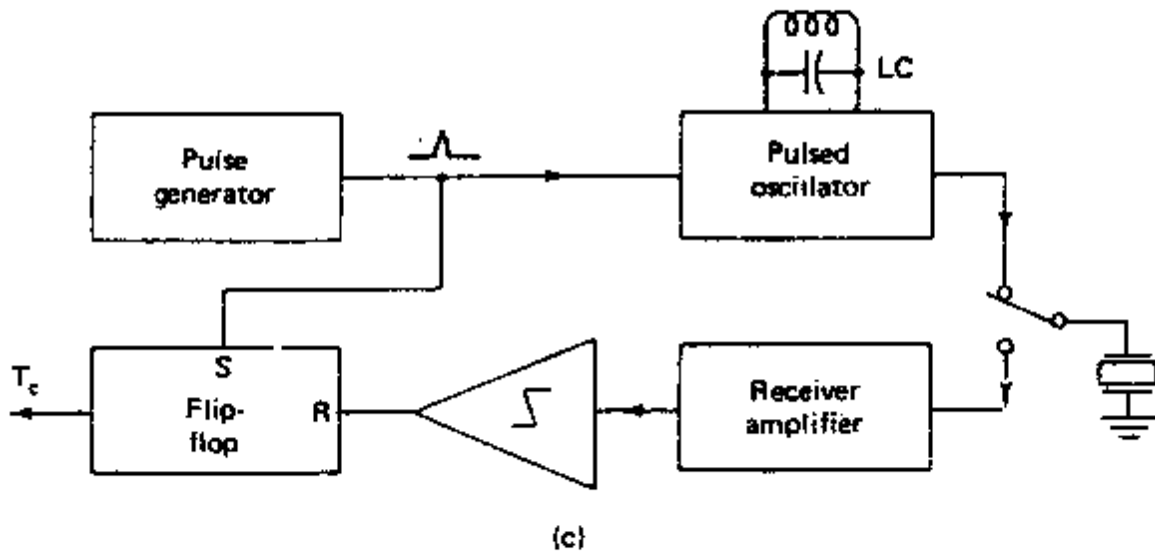
- mengukur waktu tempuh gelombang akustik hingga kembali sebagai echo
- dapat diukur di udara atau dalam cairan



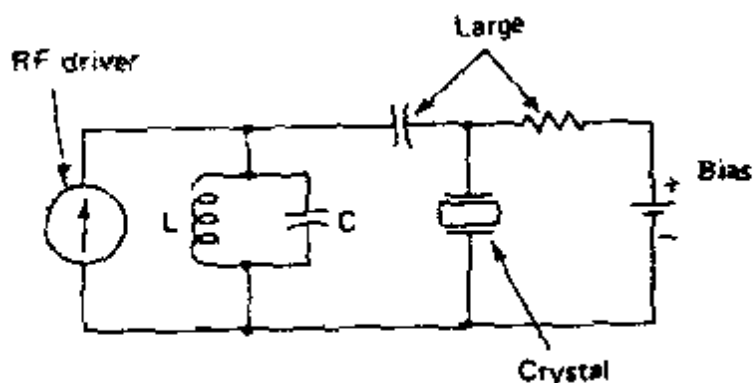
- aplikasi pada frekuensi ultrasonik 30-300 kHz menggunakan kristal piezoelektrik
- frekuensi pulse train diupayakan tidak mempunyai harmonik pada frekuensi resonansi kristal

– rangkaian pengukuran

- penguat pada penerima perlu rangkaian khusus untuk mengendalikan penguatan sesuai dengan intensitas sinyal akustik yang diterima oleh kristal



- rangkaian driver kristal



- **Sensor Kelembaban**

- mengukur kadar air (fraksi, relatif) dalam gas
- memanfaatkan bahan penyerap air (bahan higroskopik)
- menggunakan besaran ukur fisik berupa resistansi, kapasitansi dll.

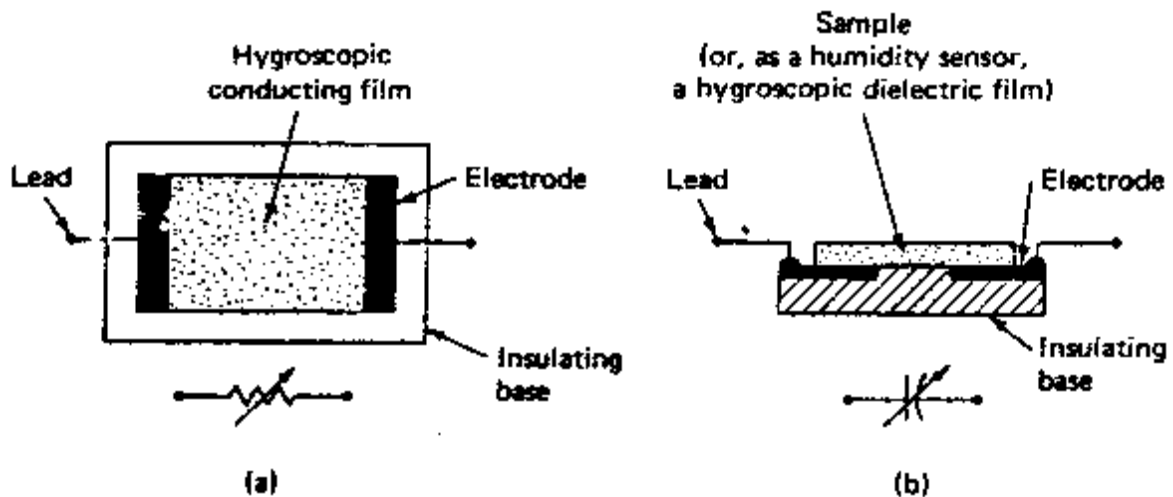


Figure 6-12 Humidity sensors: (a) conducting film type; (b) capacitance type.

- bahan penyerap air
 - garam hidrat ionik, LiCl
 - polimer higroskopik, polistiren sulfanat, oksida zirkonium
- beberapa masalah dan solusi
 - nonlinieritas, menggunakan resistor paralel
 - histeresis
 - sensitivitas terhadap temperatur, rangkaian kompensasi
 - polarisasi elektroda, menggunakan sinyal ac

- Sensor kelembaban titik embun
 - memanfaatkan pengembunan yang dibentuk pada cermin yang didinginkan dengan pendingin termoelektrik
 - jumlah air diukur sebagai ketebalan embun yang menghalangi transmisi cahaya
 - cermin segera dipanaskan lagi setelah pembacaan agar embun menguap

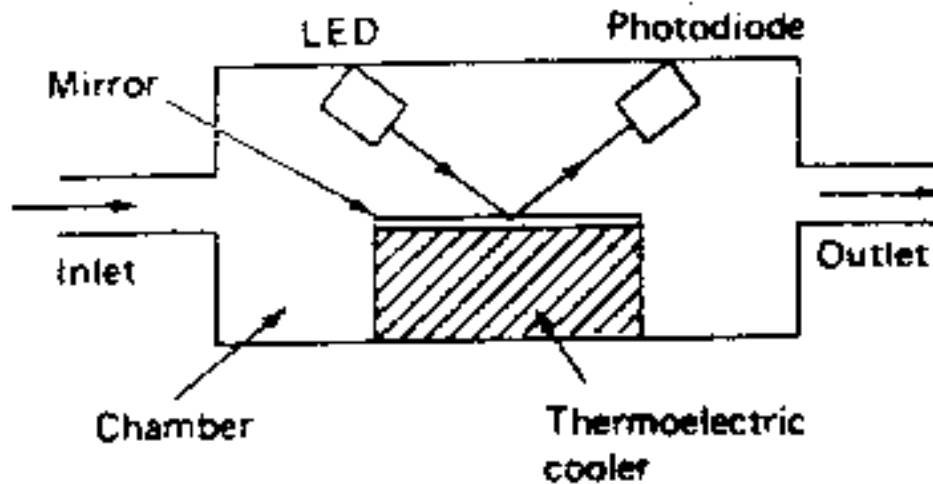


Figure 8-13 Dew point humidity sensor.

- Metoda baku pengukuran dengan pengukuran temperatur basah dan kering (perhatikan metoda pada praktikum fisika dasar di TPB)

- Pengukuran Kadar Air

- digunakan untuk mengukur kadar air pada benda padat
- metoda-metoda pengukuran
 - (a) dengan menggunakan sensor kelembaban yang dibungkus dengan bahan permeabel terhadap uap air
 - (b) mengukur konduktansi dengan sinyal ac
 - (c) mengukur perubahan kapasitansi

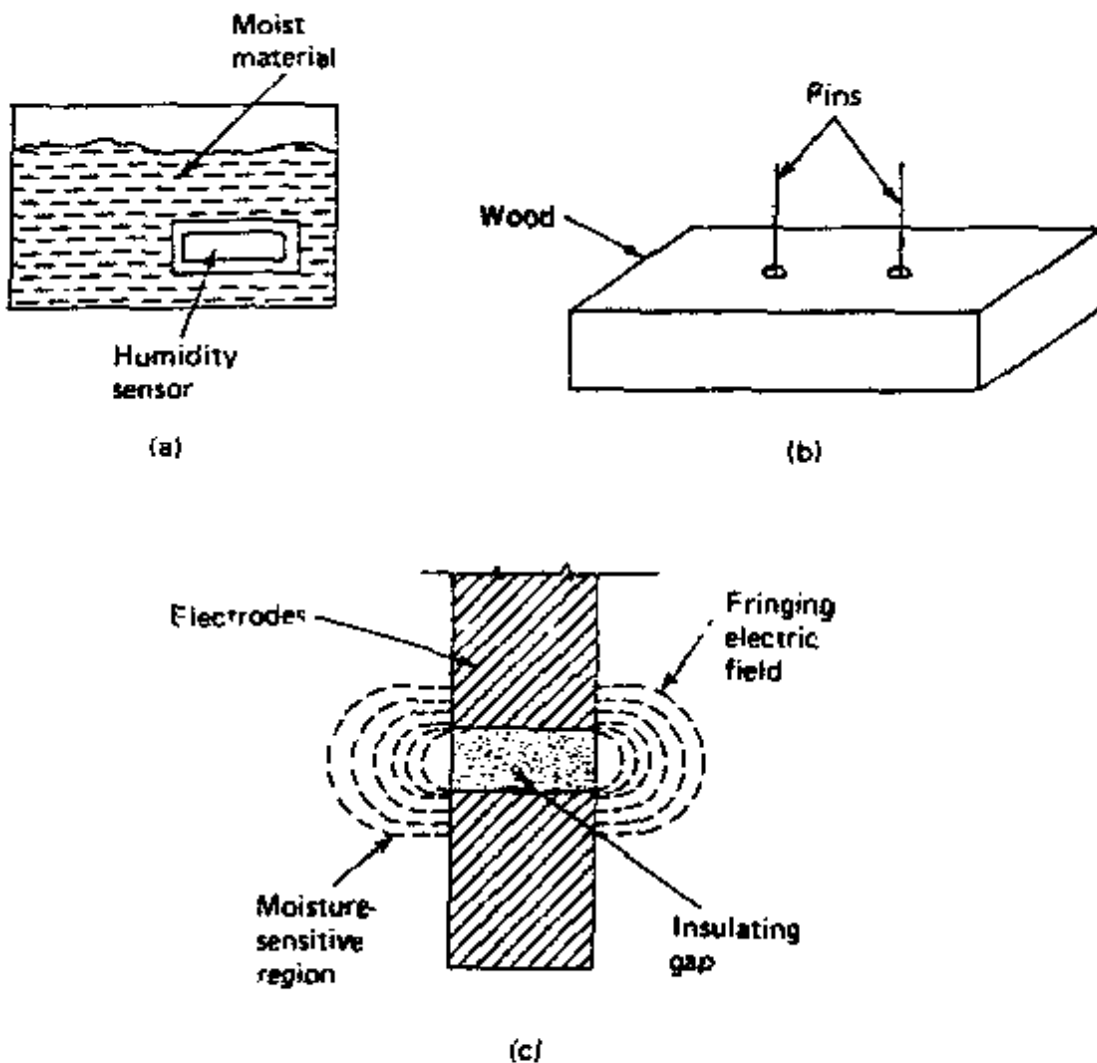


Figure 8-14 Moisture sensor in solids: (a) pore humidity method; (b) conductivity method; (c) capacitance method.