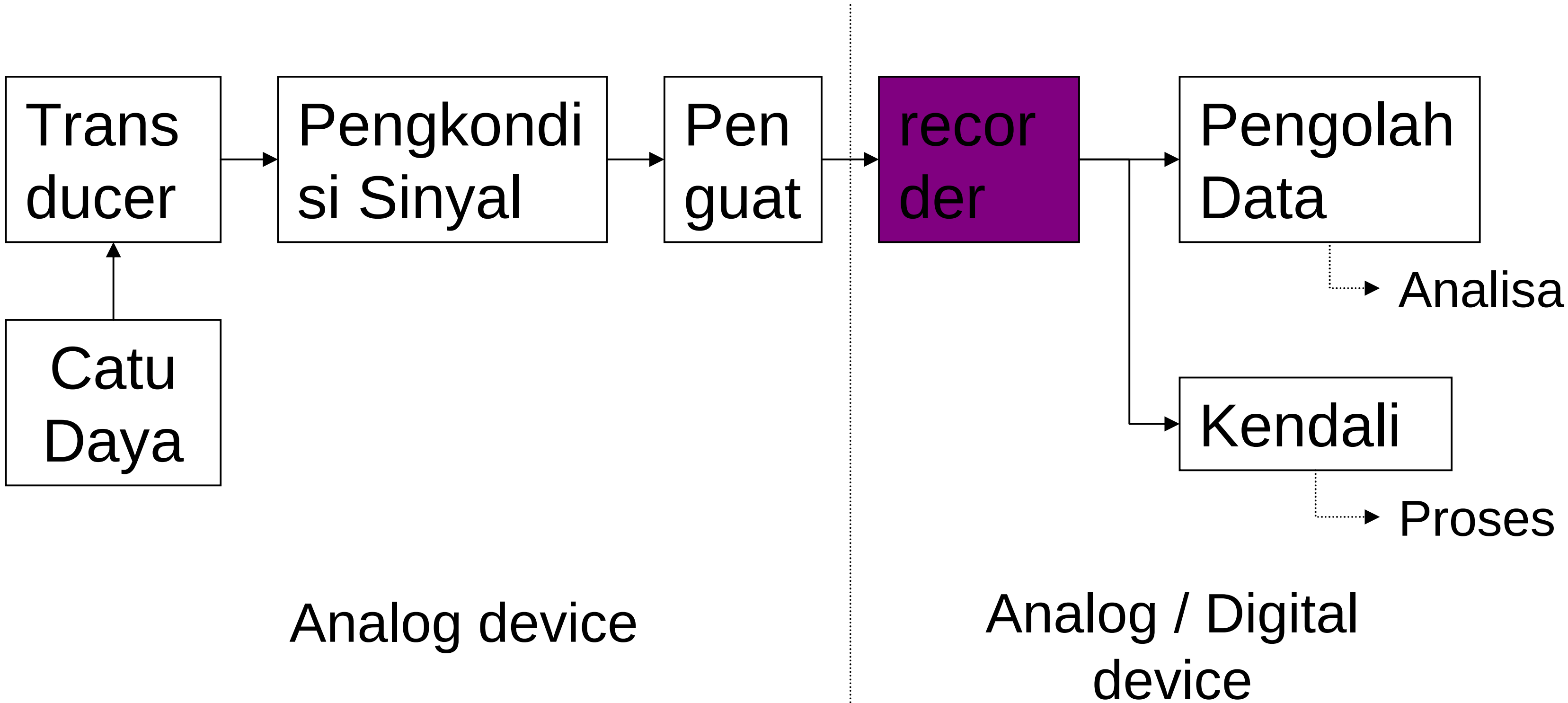
Pengukuran Besaran Listrik

Kuliah-3

Recorder

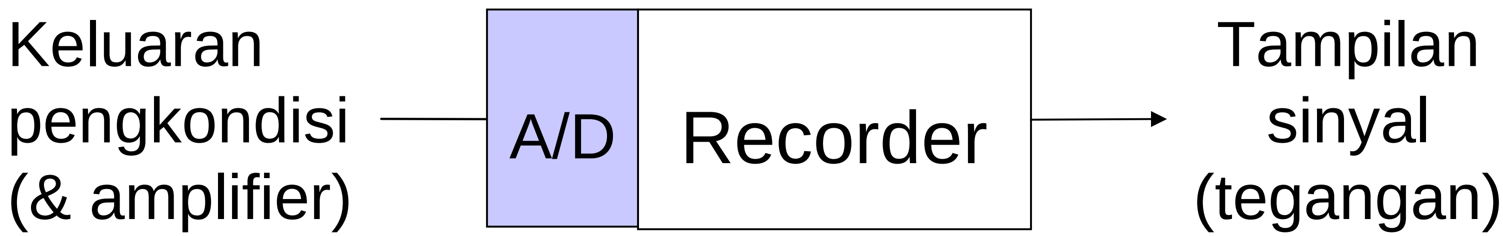
Bag II. RECORDER

- Sistem Instrumentasi



Sistem Instrumentasi

- Recorder



→ Mendeteksi (ukur) tegangan masuk
→ Menampilkan tegangan / perubahan tegangan
→ Analog / digital
→ Alat ukur besaran elektrik (tegangan) yang sebenarnya

A. Voltmeter Analog

Berdasarkan besaran terukur

- Statis → voltmeter (/ammeter)
- Quasi static → potentiometer
- Transient → oscilloscopes

Voltmeter Analog

A.1 Karakteristik umum

- Input impedance
- Sensitivity
- Range
- Zero drift
- Frequency response

Input Impedance Z_m

- Tahanan dalam alat
- Menentukan daya terdisipasi :

$$p = \frac{v^2}{Z_m}$$

- $p \to 0$

  jika $Z_m \to \infty$

Input Impedance (2)

- Model umum:

  resistor dan kapasitor paralel

$$Z_m = \frac{Z_C Z_R}{Z_C + Z_R} = \frac{R_m}{1 + j\omega R_m C}$$

- magnitude (fasor) : $$\left|Z_m\right| = \frac{R_m}{\sqrt{1 + (\omega R_m C)^2}}$$

- dc (static) & quasi static: $$\omega \to 0$$

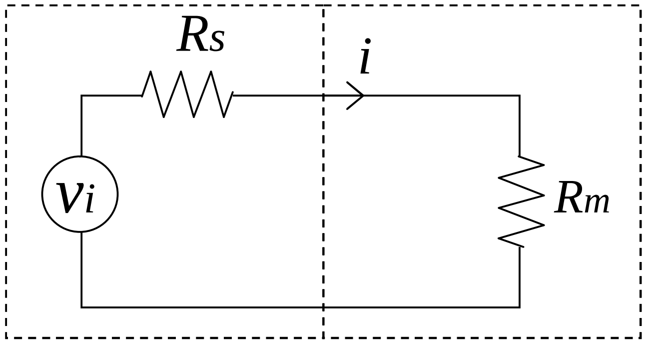
$$Z_m \to R_m$$

$$\text{ideal} : R_m \to \infty$$

Input Impedance (3)

Contoh

- Suatu pengukuran memiliki rangkaian pangganti



- maka:

$$v_m = i\,R_m$$

$$i = \frac{v_i}{R_s + R_m}$$

$$\therefore v_m = \frac{v_i}{1 + (R_s / R_m)}$$

→

$$\mathcal{E} = \frac{v_i - v_m}{v_i}$$

$$= \frac{R_s / R_m}{1 + (R_s / R_m)}$$

Input Impedance (4)

- …error: $\mathcal{E} = \dfrac{R_s / R_m}{1 + (R_s / R_m)}$

- R_s/R_m < 0,01 → $\mathcal{E}$ < 1%
  - Aturan pembatasan input impedance
  - 100 x source impedance

Sensitivity

- $S = \frac{Q_0}{Q_i}$ → $\boxed{S = \frac{d}{v_i}}$

  d : pointer displacement

- $v_i = \frac{d}{S}$ → $v_i = d\, S_R$

  $S_R = 1 / S$

Range

- Tegangan maksimum yang dapat ditampilkan / terukur

$$v^* = \frac{d^*}{S} = d^* S_R$$

v^* : tegangan maksimum / range

d^* : deviasi maksimum alat (phisically)

- Trade-off antara sensitivity & range
- variable gain amplifier → appropriate sensitivity

Zero Drift

- Pergeseran titik nol (zero offset) pada recorder sesuai perubahan waktu
- Penyebab: ketidakstabilan rangkaian
  - perubahan suhu
  - variasi tegangan
  - perubahan waktu
- Minimalisasi
  - regulated line voltage
  - warm-up
  - pengendalian/pembatasan suhu lingkungan
  - pengecekan periodik pada pengukuran berkepanjangan

Frequency Response (2)

- Spesifikasi alat
  - amplitude ratio *Ao/Ai*
  - dalam decibel
  - $$N_{db} = 20\log\left(\frac{A_o}{A_i}\right)$$
- Tabel konversi rasio *Ao/Ai* to N_{db}
  - $N_{db}\ (A_o/A_i) < 0{,}4 \rightarrow \varepsilon < 5\%$

A2. Pengukuran Statis

Tipe secara umum:

- Analog Voltmeter
- Amplified analog voltmeter
- Potentiometer

D'Arsonal Galvanometer

- Basic device untuk pengukuran arus
- Digunakan pada Analog Voltmeter dan Amplified analog voltmeter untuk menentukan besar tegangan
- Berdasarkan Gaya gerak Listrik
- Hanya untuk arus kecil (standardisasi disain)

  standar :

  R kumparan 50Ω → skala maksimum 1 mA

D'Arsonal Galvanometer

Prinsip

- Arus pada kumparan → putaran pada medan magnet → torsi tahanan pada pegas → posisi pointer
- $T_1 = NB\ell Di$

T_1 : Torsi yang dihasilkan
N : jumlah lilitan
B : magnetic field flux density
l : panjang medan
D : diameter kumparan

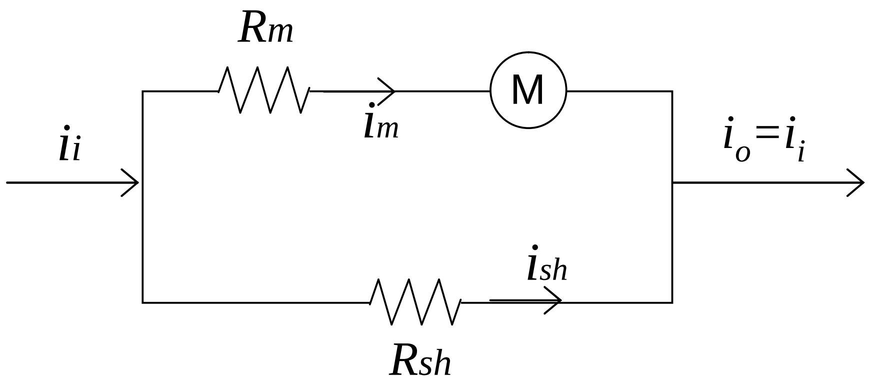
- $T_2 = K\theta$ dan $T_2 = T_1$

$$\rightarrow \quad \theta = \frac{NBlD}{K} i = Si$$

S: Sensitivitas

Ammeter (I)

- D'Arsonal Galvanometer + R-shunt



$$i_m = \frac{i_i}{1 + (R_m / R_{sh})}$$

- R-shunt → mengubah skala maksimum galvanometer

$$R_{sh} = \frac{i_m^*}{i_i^* - i_m^*} R_m$$

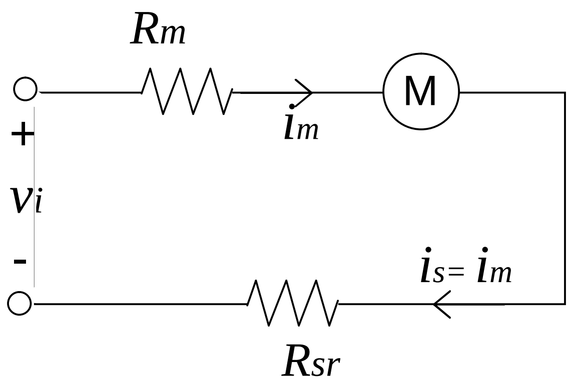
Galvanometer 50Ω-1mA → 5 A dgn R_{sh} 0.01 Ω

Ammeter II

- Ammeter tipe I → bagian dari rangkaian
- Tipe II → medan magnet di sekeliling aliran
  - menggunakan clamp-on magnetic core
  - air gap pada magnetic core
    - Hall-effect transducer
      - Vo (prop. thd B dan i)

DC Voltmeter

- D'Arsonal Galvanometer + R-seri



$$R_{sr} = \frac{v^*}{i_m^*} - R_m$$

- misal: galvanometer 30Ω-20μA

  → voltmeter 100 mV dengan Rsr = 4970 Ω

- Multimeter: sejumlah R-seri

  Umumnya dg akurasi 2-3%

  impedansi input 20.000 Ω/V

Voltmeter Loading Error

- Kesalahan akibat beban voltmeter

$$\mathcal{E} = \frac{v_i - v_m}{v_i} = \frac{R_s / R_m}{1 + (R_s / R_m)}$$

- Resistansi alat total = $R_m + R_{sr}$

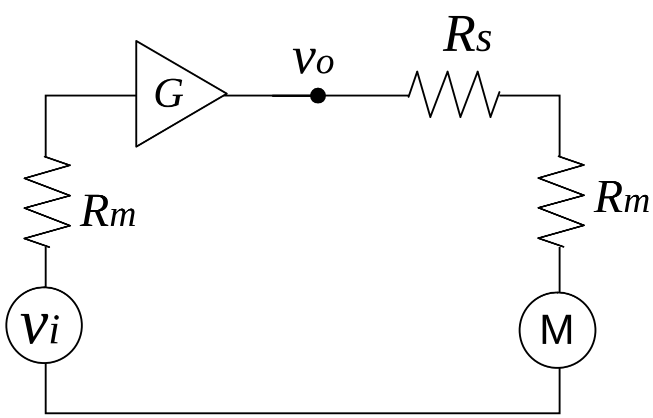
Sehingga → $$\mathcal{E} = \frac{R_o /(R_m + R_{sr})}{1 + R_o /(R_m + R_{sr})}$$

- untuk memenuhi galat $< 1\%$

→ $(R_m + R_{sr}) / R_o > 100$

Amplified Voltmeter

- Pengukuran tegangan <<<
- D'Arsonal Galvanometer + high gain amplifier



$$v_o = Gv_i$$

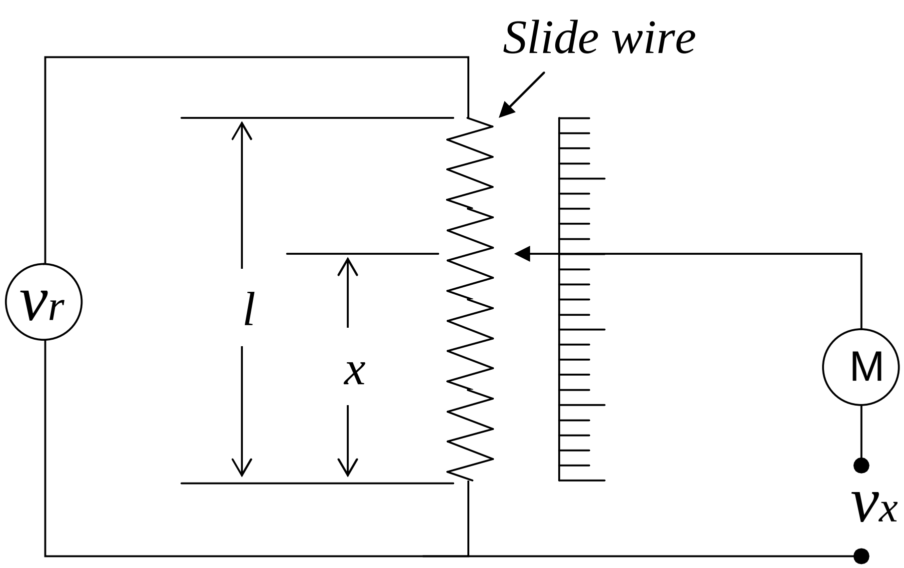
$$R_{sr} = \frac{Gv_i}{i_m} + R_m$$

$$\therefore v_i = \frac{v_m}{G}$$

- $G \approxeq 10^3$

Potentiometric Voltmeter

- null-balance instruments
- membandingkan tegangan tidak diketahui dengan suatu referensi , v_x vs v_r



$$v_x = v_{sw} = \frac{x}{l} v_r$$

A3. Quasi Static

- Strip Chart Recorder
- X-Y Recorder