

Konsep-konsep pengukuran, Kesalahan-kesalahan pembacaan alat ukur.

Dr Ir Dina Maizana MT  
maizanadina@gmail.com

Mari kita berdoa menurut agama dan kepercayaan masing-masing sebelum kelas dimulai.

Doa dimulai...



Jadwal	Kandungan	Jam
Minggu-1	Pendahuluan, penyampaian kontrak kuliah, Konsep-konsep pengukuran, Kesalahan-kesalahan pembacaan alat ukur	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #c08060; color: white; text-align: center; width: fit-content; margin: 0 auto;"> Rancangan Pembelajaran Semester (RPS) Sem.A ta 2019/20 </div> Selasa (9.40-12.10 wib) R. III.3  Selasa (19.00-20.30 wib) R. A.II.6
Minggu-2	Satuan pengukuran dan besaran standar listrik, Nilai dan fungsi satuan	
Minggu-3	Besaran listrik, Alat ukur dengan termokopel, besi putar, elektrodinamis, elektrostatik dan induksi.	
Minggu-4	Instrument penunjuk arus searah, Volt Ammeter DC, Prinsip kerja, Cara kerja, Penggunaan alat ukur DC	
Minggu-5	Instrument arus bolak-balik, Voltmeter elektrostatik, Prinsip Kerja, Cara kerja, Penggunaan alat ukur untuk AC	
Minggu-6	Pengukuran daya, Wattmeter, Pengukuran daya tanpa Wattmeter, Type alat pengukur daya	
Minggu-7	Penggunaan jembatan Wheatstone, Prinsip dari jembatan wheatstone, Contoh dari jembatan wheatstone	
Minggu-8	UTS	
Minggu-9	Pengukuran dengan alat ukur oscilloscope	
Minggu-10	Generator sinyal	
Minggu-11	Instrumentasi digital, Alat-alat ukur digital, Voltmeter digital, Frekuensi digital meter.	
Minggu-12	Trafo Instrumentasi, Trafo arus untuk alat ukur, Trafo tegangan alat ukur, Kwh meter.	
Minggu-13	Transduser	
Minggu-14	Konversi Data analog ke digital	
Minggu-15	Sistem data akuisisi	
Minggu-16	UAS	

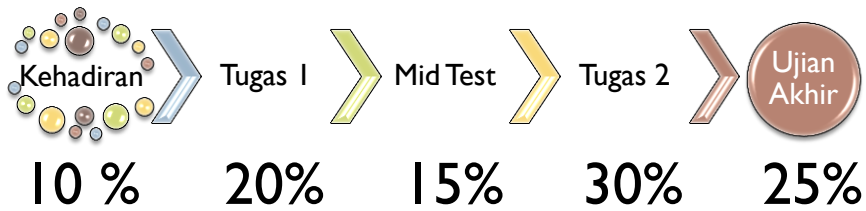
## PUSTAKA/ REFERENSI

- ▶ Stanley Wolf, Guide to Electronic Measurement dan Laboratory-practice, 2nd edition, Prentice Hall inc, 1986.
- ▶ Sudjana Syafei, Pengukuran Listrik
- ▶ Sumanto, Alat-alat ukur listrik, Andi Yogyakarta, 1996
- ▶ Soedjana Sapiie, Pengukuran dan alat-alat ukur listrik, pratdnya paramitha, Jakarta





## Evaluasi



### Capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK)

- ▶ Mahasiswa mampu memahami konsep pengukuran



## Konsep-konsep pengukuran

---

- ▶ *Konsep: Pengukuran merupakan kegiatan membandingkan suatu besaran yang diukur dengan alat ukur yang digunakan sebagai satuan.*



## Contoh:

---

- ▶ Kamu melakukan kegiatan pengukuran panjang meja dengan pensil.
- ▶ Artinya kamu membandingkan panjang meja dengan panjang pensil
- ▶ Panjang pensil yang kamu gunakan adalah sebagai satuan.
- ▶ Sesuatu yang dapat diukur dan dapat dinyatakan dengan angka disebut **besaran**,
- ▶ Sedangkan pembanding dalam suatu pengukuran disebut **satuan**.
- ▶ Satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang sama atau tetap untuk semua orang disebut **satuan baku**,
- ▶ Sedangkan satuan yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang tidak sama untuk orang yang berlainan disebut **satuan tidak baku**

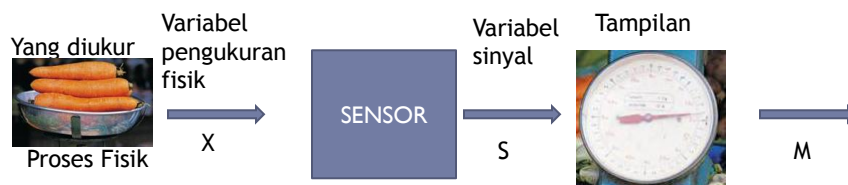


## Klasifikasi alat ukur

- ▶ Alat ukur analog
- ▶ Nilai parameter yang diukur ditampilkan dalam bentuk analog seperti pointer yang dapat dipindahkan dan diukur secara terus menerus
  - ▶ Kesalahan karena paralaks
- ▶ Alat ukur digital
- ▶ Nilai parameter yang diukur ditampilkan dalam bentuk digital.
  - ▶ Kesalahan karena konversi kuantisasi tingkat sinyal tersebut.

## Karakteristik alat ukur

- ▶ Model umum alat ukur sederhana
- ▶ **Yang diukur** diwakili oleh variabel fisik yang dapat diamati X, mis Berat.
- ▶ **Variabel pengukuran fisik** seperti gaya yang dapat dideteksi oleh sensor.
- ▶ **Sensor** mengubah input variabel fisik menjadi variabel sinyal. Sensor bisa dalam bentuk listrik atau mekanik.
- ▶ **Variabel sinyal** dapat dimanipulasi dalam sistem transmisi
- ▶ **Tampilan** variabel sinyal menjadi analog atau digital. Output yang diamati adalah pengukuran M



## Karakteristik dasar

---

- ▶ Ada 2 karakteristik dasar untuk pemilihan alat ukur untuk pengukuran khusus.
  1. Karakteristik Statis (Diam): mengukur proses yang tidak berubah.
  2. Karakteristik dinamis (bergerak): mengukur proses yang dapat berubah.



## Kesalahan-kesalahan pembacaan alat ukur

---

Kesalahan didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai sebenarnya (nilai yang diharapkan) oleh pengukuran dan nilai terukur yang ditunjukkan oleh alat ukur. Ditunjukkan dalam bentuk kesalahan mutlak atau sebagai persentase kesalahan.

Kesalahan mutlak didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai yang diharapkan oleh variabel dan nilai terukur oleh variabel.

Kesalahan relatif : Biasanya dalam persentase kesalahan mutlak terhadap nilai yang diharapkan, ( juga dipanggil persentase kesalahan.



## Rumus matematika dari kesalahan

---

- ▶ Kesalahan mutlak,  $e = |Y_n - X_n|$
  - ▶ Dimana ;  $Y_n$  = nilai yang diharapkan;  $X_n$  = nilai terukur
  - ▶ Persentase kesalahan,  $= \frac{|Y_n - X_n|}{Y_n} \times 100$
  - ▶ Akurasi relatif,  $A = 1 - \frac{|Y_n - X_n|}{Y_n}$
  - ▶ Persentase Akurasi relatif,  $a = 100\% - \text{Persentase.kesalahan}$   
 $= A \times 100\%$
- 

### Contoh 1.

---

Nilai tegangan yang diharapkan melalui tahanan adalah 90V. Tetapi, pengukuran menunjukkan nilai 89V. Hitung

- a) Kesalahan mutlak
  - b) Persentase kesalahan
  - c) Akurasi relatif
  - d) Persentase akurasi
-

## Penyelesaian

▶  $Y_n = 90V$  dan  $X_n = 89V$

▶ Kesalahan mutlak,

$$e = |90 - 89|V = 1V$$

▶ Persentase kesalahan,

$$= \frac{|Y_n - X_n|}{Y_n} \times 100 = \frac{|90 - 89|}{90} \times 100 = 1,111\%$$

▶ Akurasi relatif,

$$A = 1 - \frac{|Y_n - X_n|}{Y_n} = 1 - \frac{|90 - 89|}{90}$$

$$= 1 - 0,0111 = 0,9889$$

▶ Persentase akurasi relatif,

$$a = A \times 100\%$$

$$= 0,9889 \times 100 = 98,89\%$$



## Tipe kesalahan

Kategori kesalahan dibawah 3 judul utama;

1. Kesalahan umum; kesalahan pengguna membaca data seperti salah pembacaan atau salah penggunaan alat ukur (kesalahan manusia).
2. Kesalahan sistematik dikarenakan kesalahan alat ukur (salah kalibrasi, kesalahan alat ukur dan lain-lain), kesalahan lingkungan (keadaan keras seperti suhu tinggi, kelembapan, tekanan, medan EM dll) dan kesalahan observasi (seperti parallax, interpolasi (antara dua skala titik), angka terakhir berayun (fluktuasi)).
3. Kesalahan acak- akumulasi sejumlah besar efek kecil dan perhatian untuk derajat tinggi akurasi. Dapat dianalisa menggunakan statistik. Cth toleransi pembuatan.





## Tipe lain dari kesalahan

---

- ▶ Pengaturan nol- pembacaan boleh membaca nol tetapi sebenarnya tidak nol.
  - ▶ Kesalahan penguatan- amplifier secara luas digunakan dalam alat ukur. Kalibrasi secara berhati-hati adalah diperlukan.
  - ▶ Kesalahan pemrosesan-didalam alat ukur modern berisikan peralatan proses yang kompleks biasanya dihubungkan dengan dengan A/D dimana memperkenalkan kesalahan kuantitas dan program proses.
- 

## Analisa statistik kesalahan dalam pengukuran

---

- ▶ Rata-rata aritmetik,
 
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

dimana  $x_i$  =pengambilan pembacaan ke i  
 $n$  = total jumlah pembacaan

---

## Con't

---

▶ Deviasi,  $d_n = x_n - \bar{x}$

▶ Catatan, Sejumlah aljabar deviasi sejumlah pengaturan dari rata-rata aritmatiknya adalah nol.

▶ Deviasi rata-rata,

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + |d_3| + \dots + |d_n|}{n}$$

Dimana  $|d_1|, |d_2|, |d_3|, \dots, |d_n|$  adalah nilai mutlak deviasi.

---



## Con't

---

▶ Standar Deviasi,  $S = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}{n}}$

\*\*\* Untuk pembacaan sedikit ( $n < 30$ ), penyebut adalah  $n-1$

---



## Example 2

Untuk data yang diberikan sebagai berikut, hitung

- Rata-rata aritmetik
- Deviasi setiap nilai
- Penjumlahan aljabar deviasi
- Deviasi rata-rata
- Standard deviasi

Diberikan,

$$x_1 = 49,7$$

$$x_2 = 50,1$$

$$x_3 = 50,2$$

$$x_4 = 49,6$$

$$x_5 = 49,7$$

solution

Rata-rata aritmetik;

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \\ &= \frac{49,7 + 50,1 + 50,2 + 49,6 + 49,7}{5} = 49,86\end{aligned}$$

Deviasi setiap nilai;

$$d_1 = x_1 - \bar{x} = 49,7 - 49,86 = -0,16$$

$$d_2 = x_2 - \bar{x} = 50,1 - 49,86 = +0,24$$

$$d_3 = x_3 - \bar{x} = 50,2 - 49,86 = +0,34$$

$$d_4 = x_4 - \bar{x} = 49,6 - 49,86 = -0,26$$

$$d_5 = x_5 - \bar{x} = 49,7 - 49,86 = -0,16$$

Con't

Penjumlahan aljabar deviasi;

$$d_{sum} = -0,16 + 0,24 + 0,34 - 0,26 - 0,16 = 0$$

Deviasi rata-rata;

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + |d_3| + \dots + |d_n|}{n}$$

$$= \frac{0,16 + 0,24 + 0,34 + 0,26 + 0,16}{5} = 0,232$$

Standard deviasi;

$$S = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,16^2 + 0,24^2 + 0,34^2 + 0,26^2 + 0,16^2}{5-1}} = 0,27$$

## Limiting Error

Sebagian besar pabrik menyatakan alat ukur adalah akurat dalam persentase skala penuh.

Contoh  $\pm 2\%$  pada skala penuh. Maka untuk alat ukur mempunyai skala penuh (Voltmeter) 10V, kemudian akurasi adalah  $\pm 0.2V$ . Oleh karena itu nilai yang diharapkan berkisar 9,8V atau 10,2V.

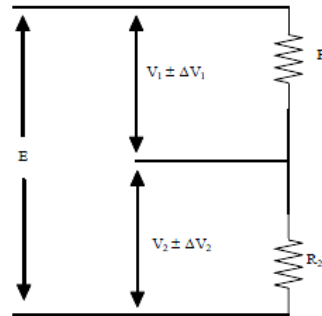
## Kombinasi kesalahan pengukuran

- ▶ Jika pembacaan yang diambil dari beberapa alat ukur dan setiap alat ukur mempunyai kesalahan sendiri, sehingga apabila dijumlahkan kuantitasnya;

$$E = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n) \pm (\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 + \dots + \Delta V_n)$$

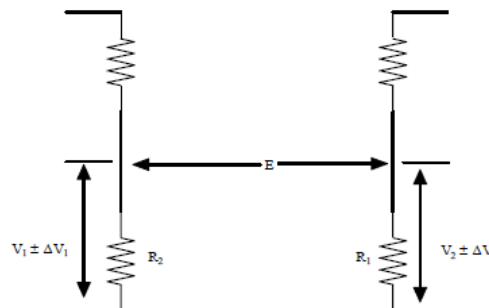
- ▶ eg

$$E = (V_1 + V_2) \pm (\Delta V_1 + \Delta V_2)$$



## Con't

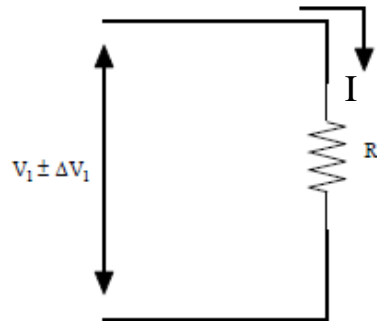
- ▶ Perbedaan kuantitas



$$E = (V_1 + V_2) \pm (\Delta V_1 + \Delta V_2)$$

Con't

- ▶ Perkalian kuantitas;  
Cth- Daya = IV  
Kesalahan total,



$$\% \text{ kesalahan dalam daya} = (\% \text{ kesalahan dalam } I) + (\% \text{ kesalahan dalam } V)$$

- ▶ Pembagian kuantitas;  
Cth –  $R = V/I$   
Kesalahan total

$$\% \text{ kesalahan dalam } R = (\% \text{ kesalahan dalam } I) + (\% \text{ kesalahan dalam } V)$$



Con't

- ▶ Pangkas Kuantitas terhadap Daya.  
Cth Ada dua kuantitas A dan B dan mereka di kaitkan dengan rumus  $A^B$ , oleh karena itu kesalahan total dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$\% \text{ kesalahan } A^B = B \times (\% \text{ kesalahan dalam } A)$$



### Example 3

Suatu voltmeter 600V di spesifikasikan untuk akurat dalam  $\pm 2\%$  pada skala penuh. Hitung batas kesalahan apabila alat ukur digunakan untuk mengukur tegangan 250V.

Penyelesaian

Besaran batas kesalahan;  $0,02 \times 600 = 12V$

Batas kesalahan pada 250V adalah;

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{12}{250} \times 100\% = 4,8\%$$

### Contoh 4

- ▶ Tabel I menunjukkan 5 set pengukuran yang di rekam dalam lab.
- ▶ Hitung
  - ▶ i. pendekatan 2 pengukuran
  - ▶ Pendekatan 5 pengukuran
  - ▶ Yangmana pengukuran yang paling mendekati? Mengapa?
- ▶ Tabel I.

No	1	2	3	4	5
Nilai	98	101	102	97	103

Thank you for coming

---

