



# ELEMEN KUNCI ANALISIS REKAYASA

Program Studi Teknik Biomedis – S1  
Fakultas Teknik  
Universitas Dian Nuswantoro Semarang

# Analisis Rekayasa

- Banyak permasalahan fisik yang bisa dimodelkan oleh analisis matematis untuk mempermudah penyelesaian.
- Semua model dan metode analisis yang digunakan terbagi dalam elemen-elemen kunci.

Ada 4 elemen-elemen kunci dalam analisis rekayasa :

- **Besaran (variabel)**
- **Dimensi**
- **Satuan (*units*)**
- **Nilai signifikan (*significant figure*)**

# Besaran (Variabel)

- Definisi :

- ✓ Segala sesuatu yang dapat diukur atau dihitung, dinyatakan dengan angka dan mempunyai satuan
- ✓ Kuantitas yang secara spesifik menggambarkan aspek alamiah dari suatu entitas

## Contoh Umum :

- Suhu
- Berat
- Panjang
- Luas
- Kecepatan
- Akselerasi
- Tegangan
- Arus
- Daya
- Impedansi
- Resistansi
- Kapasitansi
- Induktansi
- Waktu
- Frekuensi
- Fasa
- Tekanan
- Dll

# Besaran (Variabel)

Besaran dalam fisika dapat dibagi dua bagian, yaitu :

- Besaran pokok

Besaran pokok adalah besaran yang satuannya telah ditetapkan terlebih dahulu dan tidak diturunkan dari besaran lain

- Besaran turunan

Merupakan besaran yang diturunkan dari satu atau beberapa kelompok besaran pokok.

## Besaran pokok dan satuan dalam SI

Besaran Pokok	Fungsinya
Panjang	Menunjukkan panjang, lebar atau tinggi benda; menentukan jarak antar dua titik
Massa	Menunjukkan massa benda
Waktu	Menunjukkan selang waktu dua peristiwa
Kuat arus Listrik	Menunjukkan aliran muatan listrik
Suhu	Menunjukkan derajat panas benda
Intensitas Cahaya	Menunjukkan terang atau gelapnya cahaya
Jumlah zat	Menunjukkan jumlah partikel yang menyusun benda

## Besaran turunan dan satuan dalam SI

Besaran turunan	Rumus	Satuan dan Singkatan	Dimensi
Volume	Panjang x lebar x tinggi	m <sup>3</sup>	[ L ] <sup>3</sup>
Massa jenis	Massa/volum	Kgm <sup>-3</sup>	[M][L] <sup>-3</sup>
Kecepatan	Perpindahan/waktu	Ms <sup>-1</sup>	[L][T] <sup>-1</sup>
Tekanan	Gaya/luas	Kgm <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> = pascal(Pa)	[M][L] <sup>-1</sup> [T] <sup>-2</sup>
Daya	Usaha/waktu	Kgm <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> = watt $\mathbb{W}$	[M][L] <sup>2</sup> [T] <sup>-3</sup>

# Besaran (Variabel)

contoh :

Besaran turunan adalah luas, karena luas merupakan hasil kali dua besaran panjang.

Oleh karena itu, luas merupakan turunan dari besaran panjang.

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= \text{besaran panjang} \times \text{besaran panjang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Satuan luas} &= \text{meter} \times \text{meter} \\ &= \text{meter persegi (m}^2\text{ )}\end{aligned}$$

Bagaimana cara menentukan besaran turunan dan satuan untuk volumen ?

# Besaran (Variabel)

## Besaran Turunan dan satuannya

Besaran Turunan	Satuan		Dalam Satuan
	Nama Satuan	Simbol	Dasar
Luas	meter persegi	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Volume	meter kubik	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Kecepatan	meter per sekon	m/s	m/s
Massa jenis	kilogram per meter	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
	kubik		
Gaya	Newton	N	kg.m/s <sup>2</sup>
Energy dan usaha	joule	J	kg.m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Daya	Watt	W	kg.m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>
Tekanan	Pascal	Pa	kg/(m.s <sup>2</sup> )
Frekuensi	Hertz	Hz	s <sup>-1</sup>
Muatan listrik	Coulomb	C	A.s
Potensial listrik	Volt	V	kg.m <sup>2</sup> /(A.s <sup>3</sup> )
Hambatan listrik	Ohm	Ω	kg.m <sup>2</sup> /(A <sup>2</sup> .s <sup>3</sup> )
Kapasitansi	Farad	F	A <sup>2</sup> .s <sup>4</sup> /kg.m <sup>2</sup>
Medan magnetic	Tesla	T	kg/(A.s <sup>2</sup> )
Fluks magnetic	Weber	Wb	kg.m <sup>2</sup> /(A.s <sup>2</sup> )
Induktansi	Henry	H	kg.m <sup>2</sup> /(A <sup>2</sup> .s <sup>2</sup> )

# Dimensi

## ○ Definisi :

Ukuran yang terkait dengan sebuah besaran. Dimensi digunakan untuk menggambarkan cara besaran turunan disusun dari besaran-besaran pokok.

## Contoh :

- ✓ Dimensi garis : panjang
- ✓ Dimensi bidang : panjang dan lebar
- ✓ Dimensi ruang : panjang, lebar, tinggi
- ✓ Dimensi ruang-waktu : panjang, lebar, tinggi, waktu

# Dimensi

Dimensi besaran pokok dalam fisika adalah sebagai berikut :

Besaran pokok	Satuan	Dimensi
Panjang	m	[L]
Massa	kg	[M]
Waktu	s	[T]
Kuat arus listrik	A	[I]
Suhu	K	[ $\theta$ ]
Intensitas cahaya	$c_d$	[J]
Jumlah zat	mol	[N]



# Satuan

## ○ Definisi :

Sebuah penamaan/kata yang digunakan untuk menyatakan ukuran suatu besaran.

Contoh :

- Derajat ( $^{\circ}\text{C}$ , F, R, K)
- Gram
- Meter
- Hektar
- Ampere
- Volt
- Watt
- Ohm
- Farad
- Henry
- Hertz
- Siemens
- Bar
- Coulomb
- Joule
- Newton
- Dll.

# Satuan

## ○ Sistem Satuan :

- ✓ Sistem Gauss : standar CGS (centimeter, gram, sekon) merupakan standar satuan awal → sudah ditinggalkan
- ✓ Standar Internasional (SI) : standar sains modern dan teknologi yang berbasis pada MKSA (meter, kilogram, sekon/detik, ampere)

# Satuan

## Sistem CGS

Besaran	Simbol	Satuan CGS	Singkatan satuan CGS	Definisi	Satuan SI ekivalen
panjang, posisi	$L, x$	sentimeter	cm	1/100 meter	$= 10^{-2} \text{ m}$
massa	$m$	gram	g	1/1000 kg	$= 10^{-3} \text{ kg}$
waktu	$t$	sekon	s	1 sekon	$= 1 \text{ s}$
kecepatan	$v$	sentimeter per sekon	cm/s	cm/s	$= 10^{-2} \text{ m/s}$
percepatan	$a$	gal	Gal	$\text{cm/s}^2$	$= 10^{-2} \text{ m/s}^2$
gaya	$F$	dyne	dyn	$\text{g}\cdot\text{cm/s}^2$	$= 10^{-5} \text{ N}$
energi	$E$	erg	erg	$\text{g}\cdot\text{cm}^2/\text{s}^2$	$= 10^{-7} \text{ J}$
daya	$P$	erg per second	erg/s	$\text{g}\cdot\text{cm}^2/\text{s}^3$	$= 10^{-7} \text{ W}$
tekanan	$p$	barye	Ba	$\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}^2)$	$= 10^{-1} \text{ Pa}$
viskositas dinamik	$\mu$	poise	P	$\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s})$	$= 10^{-1} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
viskositas kinematik	$\nu$	stokes	St	$\text{cm}^2/\text{s}$	$= 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
nomor gelombang	$k$	kayser (K)	$\text{cm}^{-1}$ [1]	$\text{cm}^{-1}$	$= 100 \text{ m}^{-1}$

# Satuan

## Sistem SI

Nama	Simbol	Besaran	Dituliskan dalam satuan SI lainnya	Dituliskan dalam satuan dasar SI
radian	rad	sudut		$\text{m}\cdot\text{m}^{-1}$
steradian	sr	solid angle		$\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$
hertz	Hz	frekuensi		$\text{s}^{-1}$
newton	N	gaya, berat		$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
pascal	Pa	tekanan, tegangan	$\text{N}/\text{m}^2$	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$
joule	J	energi, kerja, panas	$\text{N}\cdot\text{m}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$
watt	W	daya, fluks radian	$\text{J}/\text{s}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}$
coulomb	C	muatan listrik atau jumlah listrik		$\text{s}\cdot\text{A}$
volt	V	tegangan (potensial listrik), gaya gerak listrik	$\text{W}/\text{A}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$
farad	F	kapasitansi listrik	$\text{C}/\text{V}$	$\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^4\cdot\text{A}^2$
ohm	$\Omega$	hambatan listrik, impedansi, reaktansi	$\text{V}/\text{A}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-2}$
siemens	S	konduktansi listrik	$\text{A}/\text{V}$	$\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^4\cdot\text{A}^2$
weber	Wb	fluks magnetik	$\text{V}\cdot\text{s}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
tesla	T	densitas fluks magnetik	$\text{Wb}/\text{m}^2$	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
henry	H	induktansi	$\text{Wb}/\text{A}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-2}$
derajat Celsius	$^{\circ}\text{C}$	temperatur relatif terhadap 273,15 K		K
lumen	lm	fluks cahaya	$\text{cd}\cdot\text{sr}$	cd
lux	lx	iluminansi	$\text{lm}/\text{m}^2$	$\text{m}^{-2}\cdot\text{cd}$
becquerel	Bq	radioaktivitas (peluruhan per satuan waktu)		$\text{s}^{-1}$
gray	Gy	dosis terserap (dari radiasi terionisasi)	$\text{J}/\text{kg}$	$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$
sievert	Sv	dosis ekuivalen (dari radiasi terionisasi)	$\text{J}/\text{kg}$	$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$
katal	kat	aktivitas katalis		$\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$

# Angka Penting / Nilai Signifikan (*significant figure*)

- Merupakan nilai terkecil dalam sebuah nilai yang masih bisa memberikan dampak signifikan.
- Contoh : penulisan sebuah hasil ukur :
  - 10 meter → bisa memiliki akurasi  $\pm 1$  meter
  - 10.0 meter → bisa memiliki akurasi  $\pm 0.1$  meter
  - 10.00 meter → bisa memiliki akurasi  $\pm 0.01$  meter
  - 10.000 meter → bisa memiliki akurasi  $\pm 0.001$  meter
  - Angka 35 memiliki 2 nilai signifikan
  - Angka 15400  $\pm 100$  memiliki 3 nilai signifikan
  - Angka 15400  $\pm 1$  memiliki 5 nilai signifikan

# Angka Penting / Nilai Signifikan (*significant figure*)

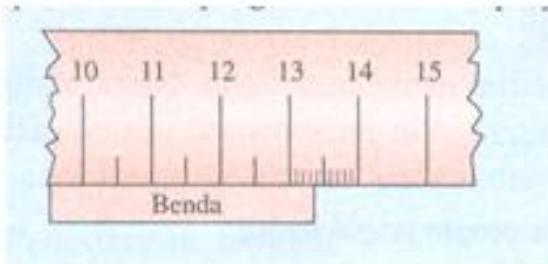
- Angka yang terdiri dari angka pasti dan angka taksiran.
- Ada beberapa aturan dalam menentukan jumlah angka penting, yaitu :
  - 1) Semua angka yang bukan nol adalah angka penting
  - 2) Semua angka nol yang terletak diantara angka-angka bukan nol adalah angka penting.
  - 3) Semua angka nol yang terletak dibelakang angka bukan nol yang terakhir, tetapi terletak didepan tanda desimal adalah angka penting.
  - 4) Angka nol yang terletak di belakang angka bukan nol yang terakhir dan dibelakang tanda desimal adalah angka penting.
  - 5) Angka nol yang terletak dibelakang angka bukan nol yang terakhir dan tidak dengan tanda desimal adalah angka tidak penting.
  - 6) Angka nol yang terletak di depan angka bukan nol yang pertama adalah angka tidak penting.

# Berbagai Alat Ukur

## Alat ukur panjang

### 1. Mistar mm

Skala terkecilnya adalah 1 mm. Ketelitian atau ketidaktelitiannya adalah  $\frac{1}{2} \times 1 \text{ mm} = 0.5 \text{ mm}$ . Hanya dapat digunakan dengan baik untuk mengukur panjang/lebar buku, balok kecil atau panjang pensil tapi tidak baik untuk mengukur diameter pensil, diameter dalam/luar dan kedalaman tabung.



### 2. Jangka sorong

Jangka sorong memiliki nilai skala terkecil dengan ketelitian 0.1 mm sampai dengan 0.05 mm. batas ukurnya sampai dengan 15 cm, digunakan untuk mengukur diameter dalam dan diameter luar tabung atau benda, juga digunakan untuk mengukur kedalaman lubang atau tabung. Bagian dari jangka sorong :

# Berbagai Alat Ukur

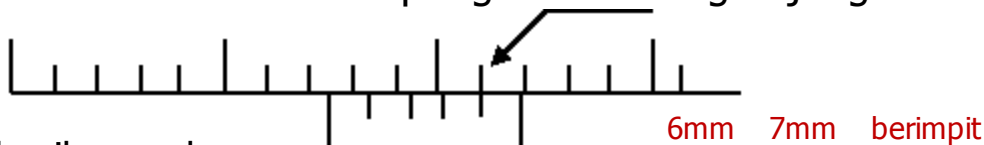
## Alat ukur panjang

### 2. Jangka sorong



Gambar 1.2 Jangka sorong dan bagian-bagiannya

Cara membaca hasil pengukuran dengan jangka sorong :



hasil pengukuran :

- lihat nilai skala utama sebelum nilai skala nonius angka nol menunjukkan 6,7 cm atau 67 mm.
- Lihat nilai pada skala nonius yang garisnya berimpit dengan garis pada skala utama menunjukkan angka  $4 \times 0,1 \text{ mm} = 0,4 \text{ mm}$
- Sehingga hasil pembacaannya ;  $67 \text{ mm} + 0,4 \text{ mm} = 67,4 \text{ mm}$

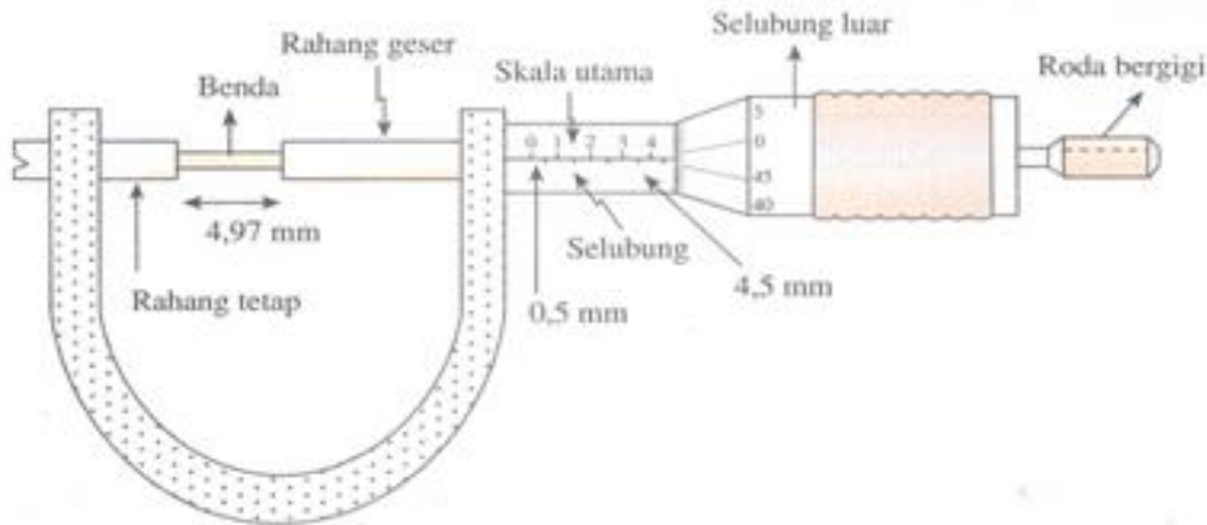


# Berbagai Alat Ukur

## Alat ukur panjang

### 3. Mikrometer sekrup

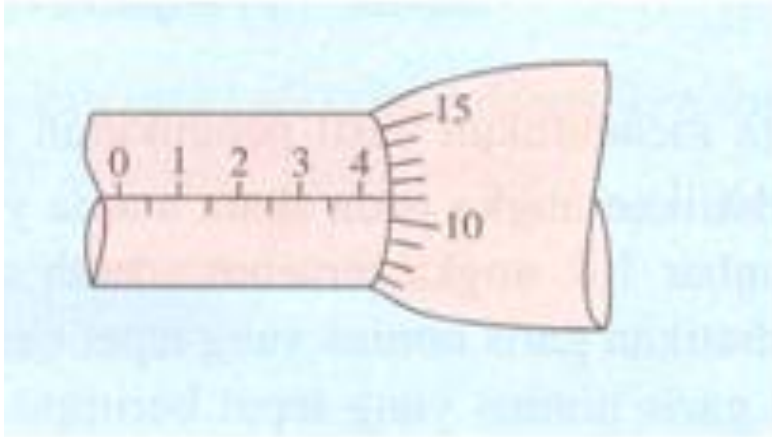
Mikrometer sekrup mempunyai tingkat ketelitian sampai dengan 0,01 mm dan batas ukurnya sampai dengan 25 mm. Baik digunakan untuk mengukur ketebalan benda-benda yang tipis seperti uang logam, kertas, plat dsb. Bagian dari mikrometer sekrup adalah :



# Berbagai Alat Ukur

## Alat ukur panjang

### 3. Mikrometer sekrup



nilai skala utama sampai diatas poros yang bergerak adalah 4 mm

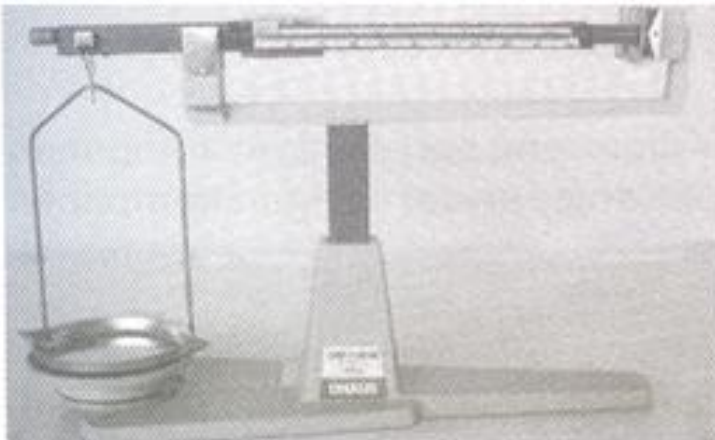
nilai pada skala nonius adalah pada poros yang bergerak dengan garis yang sejajar dengan garis pada skala utama terbaca angka  $11 \times 0,01 \text{ mm} = 0,11$  maka hasil pembacaan  $4 \text{ mm} + 0,11 \text{ mm} = 4,11 \text{ mm}$ .

# Berbagai Alat Ukur

## Alat ukur panjang

### 4. Alat ukur massa

Pengukuran massa suatu benda dapat dilakukan dengan menggunakan neraca sama lengan misalnya neraca ohaus.



termometer

### 5. Alat ukur suhu

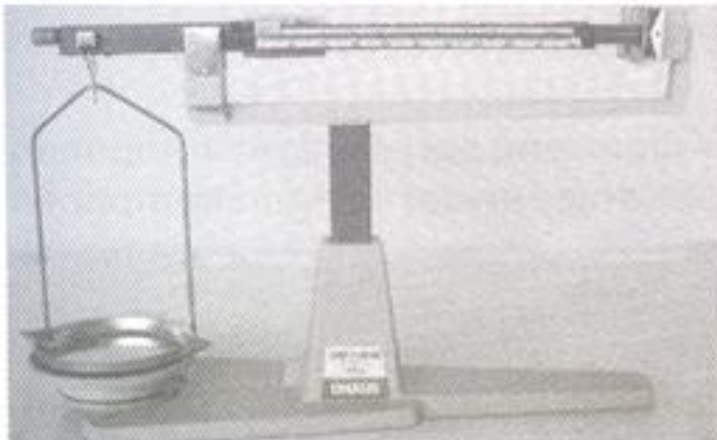
Alat pengukur suhu adalah termometer. Banyak macam termometer yang sudah dibuat untuk berbagai macam pengukuran suhu, seperti : termometer klinik(termometer demam), termometer dinding, termometer maximum dan minimum dsb.

# Berbagai Alat Ukur

## Alat ukur panjang

### 4. Alat ukur massa

Pengukuran massa suatu benda dapat dilakukan dengan menggunakan neraca sama lengan misalnya neraca ohaus.



termometer

### 5. Alat ukur suhu

Alat pengukur suhu adalah termometer. Banyak macam termometer yang sudah dibuat untuk berbagai macam pengukuran suhu, seperti : termometer klinik(termometer demam), termometer dinding, termometer maximum dan minimum dsb.

# Berbagai Alat Ukur

## Alat ukur panjang

### 6. Alat ukur waktu

Untuk mengukur waktu dapat digunakan stopwatch. Stopwatch ada dua macam yang analog dan digital.



[Digital Stopwatch](#)



[Analog Stopwatch](#)

# Pelaporan hasil pengukuran

## Kesalahan Dalam Pengukuran

Kesalahan adalah simpangan bacaan alat ukur dari nilai yang dipercaya dan variabel yang diukur. Kesalahan pengukuran dapat dinyatakan dalam kesalahan mutlak atau kesalahan relatif.

**Kesalahan mutlak** dapat didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai yang dipercaya dengan nilai yang diukur dari suatu variabel.

**Kesalahan relatif** menyatakan perbandingan kesalahan mutlak dengan hasil pengukuran dan dapat dinyatakan dalam bentuk persentase :

$$KR = \frac{\Delta X}{X} \times 100\%$$

## Melaporkan Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran terhadap suatu besaran fisika perlu dilaporkan. Secara umum pelaporan hasil pengukuran dapat dituliskan dalam bentuk :

$$X = X \pm \Delta X$$

Untuk pengukuran tunggal artinya pengukurann terhadap suatu besaran fisika hanya dilakukan satu kali saja kesalahan ditentukan dari nilai skala terkecil dari alat ukur. Kesalahan untuk pengukuran tunggal dapat ditulis :

# Pelaporan hasil pengukuran

## Melaporkan Hasil Pengukuran

Untuk pengukuran tunggal artinya pengukurann terhadap suatu besaran fisika hanya dilakukan satu kali saja, kesalahan ditentukan dari nilai skala terkecil dari alat ukur. Kesalahan untuk pengukuran tunggal dapat ditulis :

$$\Delta X = \frac{1}{2} nst$$

Pelaporan dari hasil pengukuran tunggal terdiri dari nilai yang terbaca pada alat ukur dan kesalahan pengukuran, sehingga:

$$X = X_B \pm \Delta X$$

## Ketepatan dan Ketelitian Pengukuran

Ketepatan menyatakan kedekatan hasil bacaan dari suatu alat ukur dengan nilai yang dipercaya dari besaran atau variabel yang diukur. Ketelitian adalah kualitas yang mengkarakterisasi suatu alat ukur memberikan bacaan yang sama bila mengukur secara berulang.

# Pelaporan hasil pengukuran

## Ketidakpastain pengukuran berulang

Agar mendapatkan hasil pengukuran yang akurat, harus dilakukan pengukuran secara berulang. Pada pengukuran berulang nilai terbaik untuk menggantikan nilai benar  $x_0$  adalah nilai rata – rata dari data yang diperoleh ( $\bar{x}$ ) Sedangkan untuk nilai ketidakpastiannya ( $\Delta x$ ) dapat digantikan oleh nilai simpangan baku nilai rata-rata sampel. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{N} = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$\Delta x = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N-1}}$$

**Keterangan:**

$\bar{x}$  : hasil pengukuran yang mendekati nilai benar

$\Delta x$  : ketidakpastian pengukuran

$N$  : banyaknya pengukuran yang dilakukan.



# Soal

Pilihlah jawaban yang paling benar dan jelaskan cara penyelesaiannya

- 1 Manakah besaran di bawah ini yang termasuk besaran pokok?
- panjang, berat dan suhu
  - massa, volume dan luas
  - kecepatan, gaya dan massa jenis
  - waktu, massa dan suhu

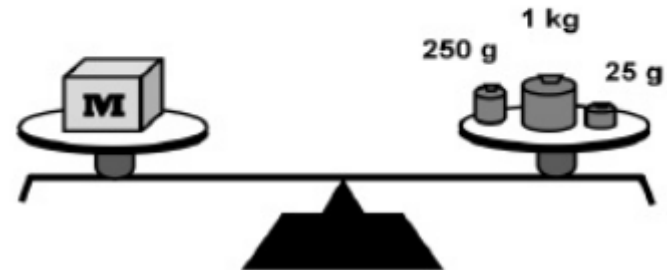
- 2 Perhatikan tabel!

No	Nama Besaran	Satuan (SI)
1.	Waktu	jam
2.	Massa	kilogram
3.	Panjang	meter
4.	Suhu	celcius

Besaran pokok dan satuannya dalam SI yang benar ditunjukkan oleh nomor ....

- 1 dan 2
- 1 dan 3
- 2 dan 3
- 2 dan 4

- 3 Perhatikan gambar timbangan berikut!



Dari hasil penimbangan tersebut besar massa benda M adalah ....

- 1, 250 kg
- 1, 275 kg
- 12, 50 kg
- 12,75 kg

# Soal

Hitung Jawaban untuk soal-soal berikut :

4 Pak Budi mengukur ketebalan uang logam menggunakan mikrometer sekrup dan diperoleh hasil bahwa ketebalan uang logam adalah 1,80 mm. Penulisan hasil pengukuran yang tepat adalah...

5 Suatu pengukuran berulang terhadap panjang pensil diperoleh hasil seperti berikut :

Pengukuran ke	Panjang pensil (cm)
1	12,0
2	11,9
3	12,2
4	11,8
5	12,1
6	12,4

Laporkan hasil pengukuran berulang tersebut lengkap dengan ketidakpastiannya!

Kerjakan 5 soal diatas secara berkelompok (sesuai dg kelompok yg sudah ada), hasil pekerjaan dikumpulkan !