



# FISIKA

## PENGUKURAN

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan.

1. Memahami definisi besaran dan jenisnya.
2. Memahami sistem satuan dan dimensi besaran.
3. Memahami aturan angka penting dan notasi ilmiah.
4. Memahami definisi pengukuran.
5. Menggunakan alat ukur besaran panjang, massa, arus listrik, volume, dan waktu.

### A. BESARAN, SATUAN, DAN DIMENSI

#### a. Besaran

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur atau dihitung dan dinyatakan dengan angka-angka. Besaran terdiri atas besaran pokok dan besaran turunan.

#### 1. *Besaran Pokok*

Besaran pokok adalah besaran yang satuannya telah ditetapkan terlebih dahulu dan cara pengukurannya tidak bergantung pada besaran-besaran lain. Besaran tersebut adalah panjang, massa, waktu, kuat arus listrik, suhu, intensitas cahaya, dan jumlah zat.

No	Besaran Pokok	Satuan
1.	Panjang ( $l$ )	meter (m)
2.	Massa ( $m$ )	kilogram (kg)
3.	Waktu ( $t$ )	sekon (s)
4.	Kuat arus listrik ( $i$ )	ampere (A)
5.	Suhu ( $T$ )	kelvin (K)
6.	Intensitas cahaya ( $I$ )	kandela (cd)
7.	Jumlah zat ( $n$ )	mol

### • Super "Solusi Quipper" •

Untuk memudahkan kalian mengingat besaran-besaran pokok, gunakan cara SUPER berikut.



## 2. Besaran Turunan

Besaran turunan adalah besaran yang diturunkan dari besaran pokok. Contoh besaran turunan adalah luas, volume, kecepatan, dan percepatan.

No.	Besaran Turunan	Satuan
1.	Luas ( $A$ )	$m^2$
2.	Volume ( $V$ )	$m^3$
3.	Kecepatan ( $v$ )	m/s
4.	Percepatan ( $a$ )	$m/s^2$
5.	Gaya ( $F$ )	$N = kg \ m/s^2$
6.	Usaha ( $W$ )	$J = kg \ m^2/s^2$
7.	Massa jenis ( $\rho$ )	$kg/m^3$
8.	Tekanan ( $p$ )	$kg /ms^2$
9.	Daya ( $P$ )	watt = $kg \ m^2/s^3$

## b. Satuan

Satuan adalah ukuran atau pembanding suatu besaran. Satuan terdiri dari dua sistem. Sistem satuan pertama dikenal dengan sistem MKS (meter-kilogram-sekon). Sistem satuan ini bersama empat satuan besaran pokok (kelvin, ampere, candela, mol) ditetapkan sebagai sistem Satuan Internasional (SI). Sistem satuan kedua dikenal dengan sistem CGS (centimeter-gram-sekon).

Penulisan pada sistem satuan dapat ditambahkan awalan kata di depannya. Awalan ini menyatakan besarnya faktor pengali pada satuan. Berikut ini tabel faktor pengali yang mewakili nama awalan satuan.

No	Faktor Pengali	Nama Awalan	Lambang
1.	$10^{-15}$	Femto	f
2.	$10^{-12}$	Piko	p
3.	$10^{-9}$	Nano	N
4.	$10^{-6}$	Mikro	$\mu$
5.	$10^{-3}$	Mili	m
6.	$10^3$	Kilo	k
7.	$10^6$	Mega	M
8.	$10^9$	Giga	G
9.	$10^{12}$	Tera	T

## c. Dimensi

Dimensi adalah cara penulisan suatu besaran dengan menggunakan lambang-lambang besaran pokok. Dimensi dituliskan dengan lambang tertentu yang diberi tanda kurung persegi. Dimensi memiliki beberapa kegunaan, antara lain:

- untuk mengungkapkan adanya kesetaraan, misalnya energi kinetik memiliki dimensi yang sama dengan usaha. Dengan demikian, terdapat kesetaraan antara energi kinetik dan usaha; dan
- untuk menyatakan ketepatan atau ketidaktepatan suatu persamaan.

Berikut ini merupakan tabel dimensi besaran pokok dan beberapa besaran turunan.

No	Besaran Pokok	Meter (m)	Dimensi
1.	Panjang ( $l$ )	meter (m)	[L]
2.	Massa ( $m$ )	kilogram (kg)	[M]
3.	Waktu ( $t$ )	sekon (s)	[T]
4.	Kuat arus listrik ( $i$ )	ampere (A)	[I]
5.	Suhu ( $T$ )	kelvin (K)	[ $\theta$ ]
6.	Intensitas cahaya ( $I$ )	kandela (cd)	[J]
7.	Jumlah zat ( $n$ )	mol	[N]

No.	Besaran Turunan	Satuan	Dimensi
1.	Luas ( $A$ )	$m^2$	[L] <sup>2</sup>
2.	Volume ( $V$ )	$m^3$	[L] <sup>3</sup>
3.	Kecepatan ( $v$ )	m/s	[LT <sup>-1</sup> ]
4.	Percepatan ( $a$ )	$m/s^2$	[LT <sup>-2</sup> ]
5.	Gaya ( $F$ )	$N = kg\ m/s^2$	[MLT <sup>-2</sup> ]
6.	Usaha ( $W$ )	Joule = $kg\ m^2/s^2$	[ML <sup>2</sup> T <sup>-2</sup> ]
7.	Massa jenis ( $\rho$ )	$kg/m^3$	[ML <sup>-3</sup> ]
8.	Tekanan ( $p$ )	$kg/ms^2$	[ML <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup> ]
9.	Daya ( $P$ )	watt = $kg\ m^2/s^3$	[ML <sup>2</sup> T <sup>-3</sup> ]

### Contoh Soal 1

Sebuah partikel bergerak dengan persamaan lintasan  $y(t) = (At^3 + Bt^2 + Ct - D)$  meter. Jika  $t$  dalam satuan sekon, tentukan satuan dari  $A$ .

#### Pembahasan:

Diketahui:  $y(t) = (At^3 + Bt^2 + Ct - D)$  meter

Ditanya: satuan dari  $A = \dots?$

Dijawab:

Berdasarkan analisis satuan, satuan dari  $A$  dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 y(t) &= At^3 \\
 m &= As^3 \\
 A &= \frac{m}{s^3} \\
 &= ms^{-3}
 \end{aligned}$$

Jadi, satuan dari  $A$  adalah  $ms^{-3}$ .

## Contoh Soal 2

Perhatikan hukum gravitasi Newton berikut.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Jika  $F$  adalah gaya tarik gravitasi,  $m_1$  adalah massa benda kesatu,  $m_2$  adalah massa benda kedua, dan  $r$  adalah jarak antara kedua benda, tentukan dimensi dari konstanta umum gravitasi,  $G$ .

### Pembahasan:

Berdasarkan analisis satuan, satuan konstanta umum gravitasi,  $G$  dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 G &= \frac{Fr^2}{m_1 m_2} \\
 &= \frac{\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{m}^2}{\text{kgkg}} \\
 &= \text{kg}^{-1} \text{m}^3 \text{s}^{-2} \\
 &= M^{-1} L^3 T^{-2}
 \end{aligned}$$

Jadi, dimensi dari konstanta umum gravitasi,  $G$  adalah  $M^{-1} L^3 T^{-2}$

## B. ATURAN ANGKA PENTING DAN NOTASI ILMIAH

### a. Angka Penting

Angka penting adalah semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran yang terdiri atas angka pasti dan angka taksiran. Jumlah angka penting yang ditulis menunjukkan tingkat ketelitian suatu hasil pengukuran.

## 1. Aturan Angka Penting

- Semua angka bukan nol adalah angka penting.  
Contoh: 234,5 gram, memiliki 4 angka penting  
23,578 meter, memiliki 5 angka penting.
- Angka nol yang terletak di antara dua angka bukan nol adalah angka penting.  
Contoh: 2,07 gram, memiliki 3 angka penting  
21,008 meter, memiliki 5 angka penting
- Angka nol yang terletak di kanan angka bukan nol adalah angka penting kecuali ada tanda khusus, misalnya garis bawah atau ditebalkan pada angka yang dianggap penting.  
Contoh: 3.000 gram, memiliki 4 angka penting  
23,30 meter, memiliki 4 angka penting  
3.000 meter, memiliki 3 angka penting
- Angka nol yang terletak di kiri angka bukan nol, baik di kiri maupun di kanan koma desimal adalah bukan angka penting.  
Contoh: 0,5 gram, memiliki 1 angka penting  
0,007 meter, memiliki 1 angka penting
- Semua angka sebelum faktor pengali pada notasi ilmiah (yang akan kita bahas selanjutnya) adalah angka penting.  
Contoh:  $2,5 \times 10^4$  gram, memiliki 2 angka penting  
 $2,50 \times 10^7$  meter, memiliki 3 angka penting

## 2. Aturan Operasi Angka Penting

- Pembulatan  
Angka yang berakhiran lebih besar dari 5, dibulatkan ke atas. Angka yang berakhiran kurang dari 5, dibulatkan ke bawah. Apabila angka berakhiran tepat 5, dibulatkan ke atas jika angka sebelumnya angka ganjil dan dibulatkan ke bawah jika angka sebelumnya angka genap.  
Contoh:  
2,46 dibulatkan menjadi 2,5  
1,43 dibulatkan menjadi 1,4  
1,35 dibulatkan menjadi 1,4
- Penjumlahan dan pengurangan  
Hasil penjumlahan dan pengurangan hanya boleh mengandung satu angka taksiran.

### Contoh Soal 3

$$3,6 - 0,54 = 3,06$$

Oleh karena hasil pengurangan hanya boleh mengandung satu angka taksiran, maka hasilnya adalah 3,1 (2 angka penting).

$$11,27 + 12,362 = 23,632$$

Oleh karena hasil penjumlahan hanya boleh mengandung satu angka taksiran, maka hasilnya adalah 23,6 (3 angka penting).

$$11,27 + 12,362 + 3,5 = 27,132$$

Oleh karena hasil penjumlahan hanya boleh mengandung satu angka taksiran, maka hasilnya adalah 27,1 (3 angka penting).

- Perkalian dan pembagian

Hasil perkalian dan pembagian pada bilangan desimal mempunyai angka penting yang sama banyak dengan angka penting paling sedikit. Namun, jika suatu bilangan desimal dikali atau dibagi dengan bilangan bulat, maka banyak angka penting pada hasilnya sama dengan bilangan yang dikali atau dibagi.

### Contoh Soal 4

Sebuah plat baja berukuran  $1,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$ . Berapakah luas plat baja menurut penulis angka penting?

#### Pembahasan:

Diketahui:

$$p = 1,6 \text{ m (2 angka penting)}$$

$$l = 1,8 \text{ m (2 angka penting)}$$

Ditanya: luas plat sesuai aturan angka penting = ...?

Dijawab:

$$\begin{aligned} \text{luas} &= p \times l \\ &= 1,6 \text{ m (2 AP)} \times 1,8 \text{ m (2 AP)} \\ &= 2,88 \\ &= 2,9 \text{ (2 AP)} \end{aligned}$$

Oleh karena hasil perkalian pada bilangan desimal mempunyai angka penting yang sama banyak dengan angka penting paling sedikit, maka hasilnya menjadi 2,9 (2 angka penting).

## b. Notasi Ilmiah

Notasi ilmiah adalah cara penulisan hasil pengukuran dalam bentuk  $a \times 10^n$ . Notasi ilmiah digunakan untuk memudahkan penulisan nilai-nilai yang terlalu besar atau terlalu kecil.

$$a \times 10^n$$

### Keterangan

$a$  adalah bilangan dengan nilai  $1 < a < 10$

$n$  adalah ordo atau pangkat

## Contoh Soal 5

Tulislah dalam bentuk notasi ilmiah.

- $4100000 = 4,1 \times 10^6$
- $4100,6 = 4,1006 \times 10^3$
- $0,00024 = 2,4 \times 10^{-4}$
- $0,001034 = 1,304 \times 10^{-3}$

## C. MELAKUKAN PENGUKURAN

Pengukuran adalah membandingkan nilai suatu besaran yang diukur menggunakan besaran sejenis yang ditetapkan sebagai satuan. Hasil pengukuran tunggal dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$x = x_0 \pm \Delta x$$

### Keterangan:

$x$  = besaran fisis yang diukur;

$x_0$  = hasil pengukuran yang terbaca; dan

$\Delta x$  = ketidakpastian pengukuran =  $\frac{1}{2}$  skala terkecil alat ukur.

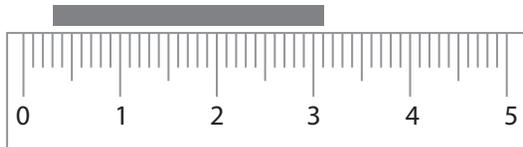
Untuk melakukan pengukuran, kita harus menggunakan alat ukur. Berikut ini adalah beberapa alat ukur besaran-besaran dalam fisika.

### a. Pengukuran Panjang

Besaran panjang dapat diukur menggunakan mistar, jangka sorong, dan mikrometer sekrup.

1. *Mistar*

Mistar memiliki skala terkecil sebesar 1 mm. Tingkat ketelitian mistar adalah setengah dari skala terkecil tersebut, yaitu 0,5 mm atau 0,05 cm.



Hasil pengukuran dari benda di atas adalah  $3,1 \text{ cm} - 0,3 \text{ cm} = 2,8 \text{ cm}$ .

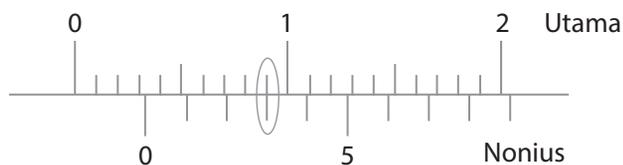
Cara penulisan dalam pelaporannya adalah  $(2,8 \pm 0,05) \text{ cm}$ .

2. *Jangka Sorong*

Jangka sorong memiliki skala terkecil 0,1 mm atau 0,01 cm. Jangka sorong dapat digunakan untuk mengukur diameter cincin dan diameter bagian dalam sebuah silinder. Bagian-bagian penting jangka sorong adalah sebagai berikut.

- Rahang tetap dengan skala tetap terkecil 0,1 cm.
- Rahang geser yang dilengkapi skala nonius (tambahan).

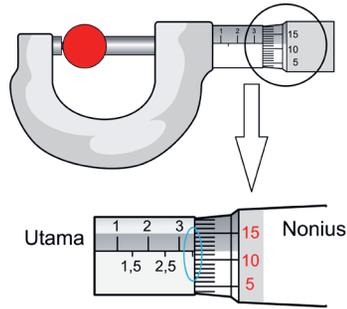
Contoh:



Skala utama : 0,3 cm  
Skala nonius (yang paling berimpit) :  $3 \times 0,01 \text{ cm} = 0,03 \text{ cm}$   
Hasil pembacaan jangka sorong : skala utama + skala nonius  
= 0,3 cm + 0,03 cm  
= 0,33 cm atau 3,3 mm

3. *Mikrometer Sekrup*

Mikrometer sekrup memiliki ketelitian yang tinggi, yaitu setengah dari 0,01 mm atau 0,001 cm. Mikrometer sekrup dapat digunakan untuk mengukur benda yang mempunyai ukuran tipis dan kecil, seperti mengukur ketebalan kertas, diameter kawat, dan sebagainya. Bagian-bagian dari mikrometer sekrup adalah rahang putar, skala utama, dan skala putar. Skala terkecil dari skala utama bernilai 0,5 mm, sedangkan skala terkecil untuk skala putar sebesar 0,01 mm.



Skala utama : 3,5 mm

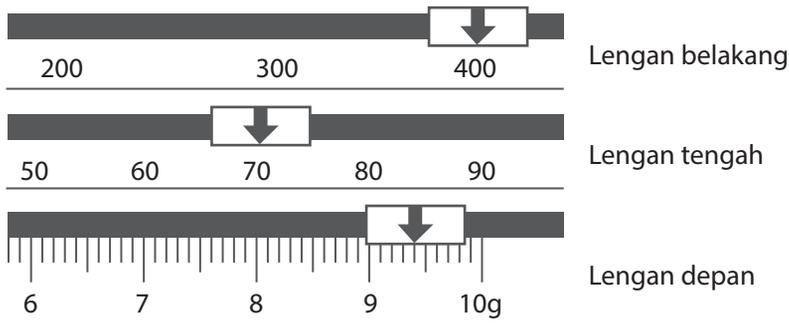
Skala nonius :  $(12 \times 0,01)$  mm = 0,12 mm

Hasil pembacaan: skala utama + skala nonius = 3,5 mm + 0,12 mm = 3,62 mm

## b. Pengukuran Massa

Besaran massa diukur menggunakan alat ukur neraca (timbangan). Prinsip kerja neraca adalah keseimbangan kedua lengan, yaitu keseimbangan antara massa benda yang diukur dengan anak timbangan yang digunakan. Neraca yang biasa digunakan di laboratorium sekolah adalah neraca O'Hauss tiga lengan. Bagian-bagian dari neraca O'Hauss tiga lengan sebagai berikut.

- Lengan belakang memiliki skala 0 sampai 500 g;
- Lengan tengah memiliki skala 0 sampai 100 g; dan
- Lengan depan memiliki skala 0 sampai 10 g.



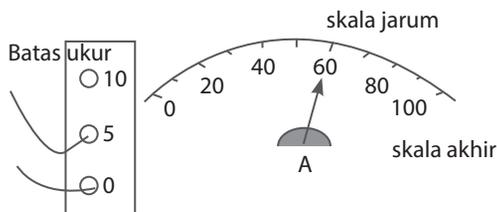
Hasil pengukuran di atas adalah  $400 \text{ g} + 70 \text{ g} + 9,4 \text{ g} = 479,4 \text{ gram}$ .

## c. Pengukuran Arus dan Tegangan Listrik

Amperemeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik, sedangkan voltmeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur beda

potensial atau tegangan listrik. Secara umum, cara pembacaan kedua alat ukur tersebut sama, yaitu seperti berikut.

$$\text{HP (Hasil Pengukuran)} = \frac{\text{skala jarum}}{\text{skala akhir}} \times \text{batas ukur}$$

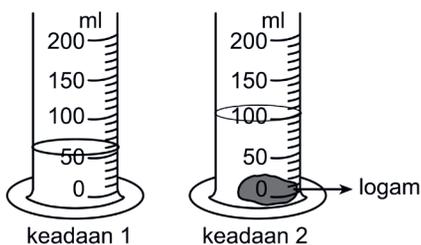


Hasil pengukuran di atas adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{HP} &= \frac{\text{skala jarum}}{\text{skala akhir}} \times \text{batas ukur} \\ &= \frac{60}{100} \times 5 \\ &= 3 \text{ ampere} \end{aligned}$$

#### d. Pengukuran Volume Benda Tidak Beraturan

Volume sebuah benda padat dengan bentuk yang tidak beraturan seperti batu dan potongan logam dapat diukur dengan cara memasukkan benda-benda tersebut ke dalam gelas ukur yang telah terisi zat cair. Setelah itu, lihat perubahan volume yang terjadi. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar berikut.

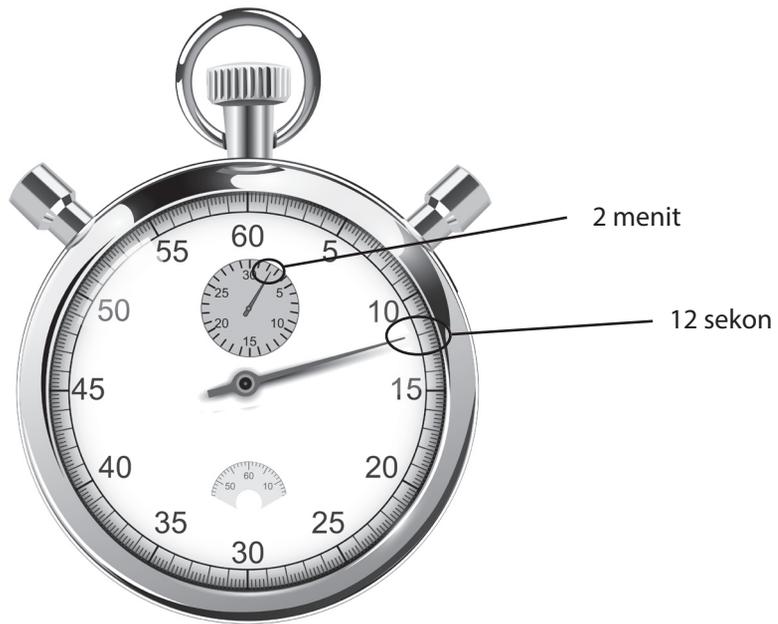


Maka volume logam di samping adalah

$$V_2 - V_1 = 100 \text{ ml} - 50 \text{ ml} = 50 \text{ ml}$$

#### e. Pengukuran Waktu (*Stopwatch*)

Untuk mengukur waktu pada suatu peristiwa yang sedang berlangsung, dapat menggunakan alat ukur *stopwatch*.



Pengukuran waktu tersebut menunjukkan skala 2 pada menit dan skala 12 pada sekon. Dengan demikian, hasil pengukurannya adalah 2 menit 12 sekon.