

**A. Identitas Modul**

Mata Pelajaran	: Fisika
Kode Modul	: 3.2/10
Kelas	: X
Alokasi Waktu	: 6 X 45 menit (enam jam pelajaran)
Judul Modul	: Besaran dan Pengukuran

**B. Kompetensi Dasar**

- 3.2 Menerapkan Prinsip-prinsip pengukuran besaran fisis, ketepatan, ketelitian, dan angka penting, serta notasi ilmiah
- 4.2 Menyajikan hasil pengukuran besaran fisis berikut ketelitiannya dan teknik yang tepat serta mengikuti kaidah angka penting untuk suatu penyelidikan ilmiah

**C. Petunjuk Penggunaan Modul**

Agar modul dapat digunakan secara maksimal maka kalian diharapkan melakukan langkah- langkah sebagai berikut:

1. Pelajari dan pahami peta materi yang disajikan dalam setiap modul
2. Pelajari dan pahami tujuan yang tercantum dalam setiap kegiatan pembelajaran
3. Pelajari uraian materi secara sistematis dan mendalam dalam setiap kegiatan pembelajaran.
4. Perhatikan langkah – langkah dalam setiap penyelesaian contoh soal yang ada.
5. Kerjakanlah latihan soal yang ada di setiap akhir kegiatan pembelajaran, cocokkan jawaban kalian dengan kunci jawaban yang tersedia pada modul dan lakukan penghitungan skor hasil belajar kalian.
6. Lakukan penilaian diri disetiap akhir kegiatan pembelajaran untuk mengetahui batas kemampuan menurut diri kalian.
7. Lakukan uji kompetensi dengan mengerjakan soal evaluasi di bagian akhir modul untuk mengetahui tingkat penguasaan materi.
8. Diskusikan dengan guru atau teman jika mengalami kesulitan dalam pemahaman materi. Lanjutkan pada modul berikutnya jika sudah mencapai ketuntasan yang diharapkan.

**D. Materi Pembelajaran**

Modul ini terbagi menjadi 2 (dua) kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama	: Besaran dan Pengukuran
Kedua	: Ketidakpastian Pengukuran

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 BESARAN DAN PENGUKURAN

### A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran ini diharapkan kalian mampu:

1. memahami berbagai jenis besaran fisika, dimensi, awalan satuan;
2. menggunakan analisis dimensi untuk menguji kebenaran rumus dan menentukan rumus;
3. mengkonversi satuan dan menulis angka dengan notasi ilmiah;
4. menjelaskan cara menentukan alat ukur;
5. melakukan pengukuran panjang dengan jangka sorong dan mikrometer; dan
6. menerapkan aturan perhitungan angka penting.

### B. Uraian Materi

#### 1. Pengertian Besaran dan Satuan

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur, contohnya panjang, massa, suhu. Sedangkan satuan adalah pembanding dari nilai suatu besaran misalnya meter, kg, Kelvin dll. . Contoh Panjang suatu papan 3 meter, artinya panjang papan itu adalah 3 kali satu meter

Perhatikan ilustrasi berikut :

Panjang meja adalah 120 cm. **Panjang** adalah besaran, **120** adalah nilai, dan **cm** adalah satuan, sedangkan meja adalah nama benda yang memiliki besaran panjang. Jadi meja tidak dapat diukur, yang dapat diukur adalah panjangnya, lebarnya, tingginya massanya dll.

#### 2. Besaran Pokok

Besaran pokok adalah besaran yang dimensi dan satuannya didefinisikan atau ditetapkan melalui perjanjian internasional. Perjanjian ini disepakati dalam forum Conference Generale des Poids et Measures (Konferensi Umum Timbangan dan Ukuran) yang biasa dilaksanakan tiap 6 tahun sekali. Tujuh besaran pokok beserta satuannya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1.

No	Besaran Pokok	Satuan	Lambang satuan	Lambang Dimensi
1	Panjang	meter	m	[L]
2	Massa	kilogram	kg	[M]
3	Waktu	sekon	s	[T]
4	Suhu	kelvin	K	[ $\theta$ ]
5	Kuat arus	ampere	A	[I]
6	Intensitas cahaya	candela	Cd	[J]
7	Jumlah zat	mol	mol	[N]

penetapan satuan besaran pokok yang berlaku dapat dilihat pada link berikut:  
<http://fisikamagz.blogspot.com/2016/05/nilai-satuan-sistem-internasional.html>

### 3. Besaran Turunan dan Dimensi

Besaran turunan adalah besaran yang satuan dan dimensinya diturunkan dari satuan dan dimensi besaran pokok. Dimensi besaran turunan menyatakan bagaimana besaran turunan itu diturunkan atau disusun dari besaran pokok.

Contoh:

a. Luas

Luas = panjang x lebar

$A = P \times L$ , karena pengukuran lebar sama dengan pengukuran panjang maka rumus luas bisa ditulis menjadi

$A = P \times P = P^2$ , Dimensi dari besaran panjang adalah  $[L]$ , sehingga dimensi luas  $[A] = [L^2]$

b. Kecepatan: jarak / waktu

$v = s/t$

$[v] = L/T$

Dimensi kecepatan adalah:  $[v] = [LT^{-1}]$

c. Massa jenis

Massa jenis = massa/volume

$[ρ] = M/L^3$

Dimensi massa jenis adalah:  $[ρ] = [ML^{-3}]$

Manfaat Dimensi adalah :

- Untuk mengetahui ketepatan penulisan suatu rumus berdasarkan besaran-besaran yang menyusunnya
- Untuk menurunkan persamaan atau rumus

### 4. Besaran Vektor dan Besaran Skalar

Besaran vektor adalah besaran yang memiliki nilai dan arah. Contohnya Gaya, perpindahan, percepatan

Besaran skalar adalah besaran yang hanya memiliki nilai, contoh massa, waktu, suhu, massa jenis, jarak.

### 5. Satuan SI

Sistem satuan yang disepakati secara internasional biasa disebut juga sistem MKS, yaitu satuan panjang dalam meter, satuan massa dalam kg dan satuan waktu dalam sekon.

Sistem satuan lain yang sering digunakan adalah cgs (centimeter, gram, sekon), dimana panjang dinyatakan dalam satuan centimeter, massa dinyatakan dalam gram, dan waktu dinyatakan dengan sekon.

Berikut konversi sistem satuan yang sering digunakan dalam fisika:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ dyne} &= 10^{-5} \text{ newton} \\
 1 \text{ erg} &= 10^{-7} \text{ joule} \\
 1 \text{ joule} &= 0,24 \text{ kalori} \\
 1 \text{ kWh} &= 3,6 \times 10^6 \text{ joule} \\
 1 \text{ liter} &= 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3 \\
 1 \text{ ml} &= 1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ cc} \\
 1 \text{ atm} &= 1,013 \times 10^5 \text{ pascal} \\
 1 \text{ gauss} &= 10^{-4} \text{ tesla}
 \end{aligned}$$

Dalam satuan juga dikenal ordo, yang dapat menyederhanakan angka yang terlalu kecil atau terlalu besar. Berikut tabel ordo yang digunakan dalam fisika:

Awalan	Singkatan	Nilai
<i>Eksa</i>	E	$10^{18}$
<i>peta</i>	P	$10^{15}$
<i>tera</i>	T	$10^{12}$
<i>giga</i>	G	$10^9$
<i>mega</i>	M	$10^6$
<i>kilo</i>	K	$10^3$
<i>hekto</i>	h	$10^2$
<i>deka</i>	da	$10^1$
<i>desi</i>	d	$10^{-1}$
<i>senti</i>	c	$10^{-2}$
<i>mili</i>	m	$10^{-3}$
<i>mikro</i>	$\mu$	$10^{-6}$
<i>nano</i>	n	$10^{-9}$
<i>piko</i>	p	$10^{-12}$
<i>femto</i>	f	$10^{-15}$
<i>atto</i>	a	$10^{-18}$

Contoh:

Massa jenis air adalah  $1 \text{ g/cm}^3$  nyatakan dalam sistem SI!

Jawab

$$1 \text{ gram/cm}^3 = \frac{10^{-3}}{10^{-6}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$5 \mu\text{F} = \dots \text{ F}$$

Jawab:

$$5 \mu\text{F} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

## 6. Notasi Ilmiah

Penulisan nilai besaran dalam bentuk sepuluh pangkat. Dalam bentuk baku ditulis dengan format:

$$a \cdot 10^n$$

$a$  disebut mantisa bilangan bulat  $0 < a < 10$ ,  $10^n$  disebut orde

Contoh  $2,3 \cdot 10^{-3} = 0,0023$

$$5,67 \times 10^9 = 5670000000$$

## 7. Pengukuran

Mengukur adalah membandingkan suatu besaran dengan satuannya, misal mengukur panjang meja menggunakan mistar dengan satuan cm, panjang meja dibandingkan dengan satuan yang ada pada mistar, misalkan ketemu angka 80, artinya panjang meja adalah 80 cm

### Pengukuran langsung

Adalah pengukuran dengan membandingkan besaran dengan satuan yang ada pada alat ukur. Contohnya pengukuran panjang, massa, dan waktu.

### Pengukuran tidak langsung

adalah pengukuran pada besaran turunan dengan terlebih dahulu melakukan pengukuran besaran pokok sebagai besaran penyusun besaran turunan, kemudian digabung dengan menggunakan rumus.

Contoh

Mengukur massa jenis, dilakukan dengan mengukur massa benda dan mengukur volume benda, kemudian dimasukkan dalam rumus  $\rho = \frac{m}{V}$ , kecepatan dilakukan pengukuran dengan menentukan jarak dan waktu pencapaian jarak tersebut, kemudian dimasukkan dalam rumus  $v=s/t$ .

### Pengukuran Tunggal

Adalah pengukuran yang hanya dapat dilakukan satu kali, disebabkan besaran yang diukur terdapat pada fenomena yang terjadi hanya berlangsung satu kali atau tidak dapat diulang kondisinya, seperti misalnya mengukur amplitudo getaran gempa

### Pengukuran berulang

Adalah pengukuran pada besaran yang sama dan dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan nilai terbaik dari besaran.

Kriteria Alat Ukur

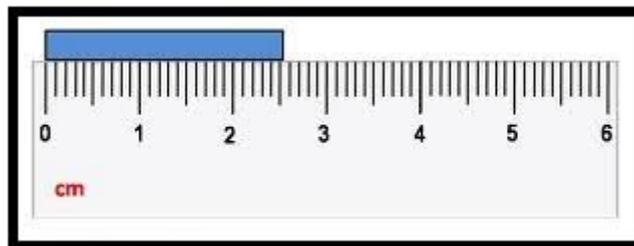
1. Ketelitian (*accuracy*) kemampuan alat ukur untuk memberikan hasil ukur yang mendekati nilai sebenarnya.
2. Ketepatan (*precision*) kemampuan alat ukur untuk memberikan hasil yang selalu sama dari pengukuran berulang dengan cara yang sama.
3. Sensitivitas (*sensitivity*) adalah kepekaan dari alat ukur terhadap perubahan besaran yang akan diukur.
4. Kesalahan (*error*) adalah penyimpangan hasil ukur dengan nilai yang sebenarnya.

### 8. Angka Penting

Angka yang diperoleh dari **hasil pengukuran**, contohnya massa dua buah telur adalah 180 gram. 180 diperoleh dari hasil pengukuran yaitu dengan menimbang dua telur tersebut. Tetapi lain halnya dengan pernyataan “ dalam satu kilogram terdapat 16 butir telur”, angka 16 bukan diperoleh dari hasil pengukuran, tetapi diperoleh dari hasil membilang, maka angka 16 tersebut bukan angka penting tetapi sering disebut dengan bilangan eksak, dimana nilainya selalu bulat.

Dalam angka penting terdapat dua unsur yaitu angka pasti dan angka taksiran. Angka pasti adalah angka yang terdapat pada skala alat ukur, sedangkan angka taksiran biasanya terdapat pada angka paling belakang dari angka hasil pengukuran. Contohnya, hasil pengukuran panjang pensil 17,4 cm, angka 1 dan 7 adalah angka pasti karena dapat ditunjukkan pada skala alat ukur, sedangkan angka 4 adalah taksiran karena tidak langsung ditunjukkan pada skala alat ukurnya.

Contohnya sebagaimana gambar berikut:

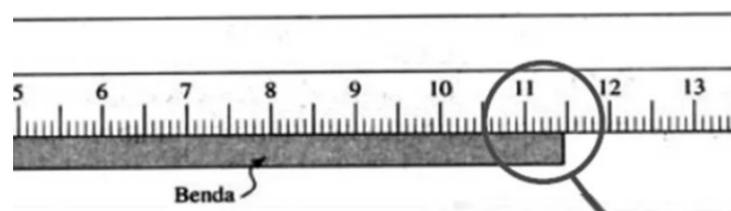


Nilai panjang balok hasil pengukuran adalah 2,55 cm. Angka 2 dan 5 yang tengah jelas terlihat pada skala, sedangkan angka 5 yang belakang berada diantara garis 5mm dan 6 mm, sehingga tidak dapat ditentukan dengan pasti nilainya, maka angka 5 yang paling belakang dari hasil pengukuran disebut dengan angka taksiran.

Contoh

Tentukan nilai besaran hasil pengukuran berikut:

1.



Jawab: 11,45 cm

2.



2.

Gambar diatas menunjukkan nilai besaran massa pada timbangan badan, dimana skala terkecilnya adalah 1 kg

#### Aturan Dalam Angka Penting

1. Angka penting terdiri dari semua angka yang **bukan nol** di antaranya 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9. Sebagai contoh, angka 12.455 terdiri dari lima angka penting.
2. Angka 0 (nol) yang dituliskan di belakang angka **bukan nol** tidak dianggap sebagai angka penting hanya sebagai tempat titik desimal. Sebagai contoh, angka **21.000** memiliki dua angka penting yaitu 2 dan 1. Bisa juga dianggap sebagai angka penting jika pada alat ukur memang terdapat angka tersebut, misal 100 cm pada penggaris. Untuk menghindari masalah seperti itu, maka sebaiknya pelaporan angka tersebut dinyatakan dalam notasi ilmiah, misal **2,1 x 10<sup>4</sup>** maka terdapat dua angka penting, jika ditulis **2,10 x 10<sup>4</sup>** terdapat 3 angka penting.
3. Angka 0 (nol) yang berada di antara dua angka **bukan nol** adalah angka penting. Sebagai contoh, angka 509.000 memiliki tiga angka penting yaitu 5, 0, dan 9.
4. Angka 0 (nol) yang berada di depan angka **bukan nol** tidak dianggap sebagai angka penting. Sebagai contoh, angka **0,00650** memiliki dua angka penting yaitu 6 dan 5
5. Angka 0 (nol) yang dituliskan dibelakang tanda desimal dan didahului oleh angka **bukan nol** adalah angka penting. Sebagai contoh, angka 35,100 memiliki lima angka penting yaitu 3, 5, 1, 0, dan 0.

#### Operasi Hitungan dengan melibatkan angka penting

##### 1. Penjumlahan/pengurangan

Dalam operasi hitung ini, hasil dari penjumlahan dan pengurangan hanya boleh memiliki satu angka taksiran/angka tak pasti.

##### Contoh:

$$115,7 + 12,31 + 0,813 = 128, 823$$

Hasil penjumlahan tersebut memiliki tiga angka taksiran (8, 2, dan 3). Kita harus membulatkannya menjadi satu angka taksiran. Maka hasil akhirnya adalah 128, 8. Cara ini berlaku juga pada operasi pengurangan.

##### 2. Perkalian/pembagian

Aturan operasi penjumlahan dan pengurangan berlaku juga di operasi perkalian dan pembagian. Hasil operasi harus menyisakan satu angka taksiran.

**Contoh:**

$$0,527 \times 0,3 = 0,1581$$

Hasil perkalian tersebut memiliki empat angka taksiran, yaitu 1, 5, 8, dan 1. Kita harus membulatkannya menjadi satu angka taksiran. Maka hasil akhirnya adalah 0,2. Cara ini berlaku juga pada operasi pembagian

**3. Pangkat/Akar**

Penulisan hasilnya harus memiliki jumlah angka penting yang sama dengan jumlah angka penting yang dioperasikan.

Contoh:

$$\sqrt{2,25} = 1,5 \text{ hasilnya ditulis menjadi } 1,50$$

$$(2,5)^2 = 6,25 \text{ hasilnya ditulis menjadi } 6,2 \text{ (Perhatikan aturan pembulatan angka 5)}$$

**4. Pembulatan**

Untuk operasi pembulatan, angka yang lebih dari 5 dibulatkan ke atas, sedangkan angka yang kurang dari 5 dihilangkan.

**Contoh :**

$$552,64 \text{ dibulatkan menjadi } 552,6$$

$$354,79 \text{ dapat dibulatkan menjadi } 354,8$$

Jika angka taksiran tepat angka 5 dan angka sebelumnya adalah ganjil, maka angka dibulatkan ke atas. Namun jika angka taksiran tepat angka lima dan angka sebelumnya genap, maka angka dihilangkan.

**Contoh:**

$$445,45 \text{ dapat dibulatkan menjadi } 445,4$$

$$771,35 \text{ dapat dibulatkan menjadi } 771,4$$

**C. latihan Soal**

1. Jelaskan pengertian pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung
2. Ubahlah awalan satuan berikut dan tuliskan dalam notasi ilmiah!
  - a.  $720 \text{ km/jam} = \dots \text{ m/s}$
  - b.  $2 \text{ dm}^3 = \dots \text{ m}^3$
  - c.  $0,24 \text{ g/cm}^3 = \dots \text{ kg/m}^3$
  - d.  $2,4 \text{ kF} = \dots \mu\text{F}$
3. Disajikan sebuah persamaan  $F \cdot t = m \cdot v$ , dimana  $F$ = gaya,  $t$  = waktu,  $m$ = massa, dan  $v$ = kecepatan.  
Berdasarkan analisis dimensi, buktikan apakah persamaan tersebut benar!
4. Sebuah helikopter memiliki daya angkat  $P$  yang tergantung pada berat total  $w$  (berat pesawat dan beban yang diangkut), massa jenis udara  $\rho$  dan panjang baling-baling helikopter  $l$ . Tentukan rumus hubungan  $P$  dengan  $\rho$ ,  $w$  dan  $l$ .
5. Tuliskan hasil pengukuran berikut!

berikut!

a.



b.



Kunci jawaban:

#### Kunci Jawaban

1. Pengukuran langsung yaitu pengukuran yang dapat dilakukan secara langsung, misalnya seperti mengukur panjang menggunakan penggaris atau meteran. Sedangkan pengukuran tidak langsung yaitu mengukur besaran dengan mengukur besaran yang lain, lalu besaran tersebut dihitung melalui besaran lain yang diukur. Contohnya untuk mengukur volume bola dengan cara mengukur jari-jarinya, kemudian dengan rumus  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$  maka volume bola dapat ditentukan.
2. Berdasarkan awal satuan maka dapat diperoleh
  - a.  $720 \text{ km/jam} = 720 \times 1000 \text{ m} / 3600 \text{ s} = 200 \text{ m/s} = 2 \times 10^2 \text{ m/s}$
  - b.  $2 \text{ dm}^3 = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
  - c.  $0,24 \text{ g/cm}^3 = 0,24 \times 10^{-3} \text{ kg} / 10^{-6} \text{ m}^3 = 0,24 \times 10^{-3 - (-6)} = 0,24 \times 10^3 = 2,4 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$
  - d.  $2,4 \text{ kF} = 2,4 \times 10^{-9} \text{ }\mu\text{F}$
3. Sebuah persamaan yang benar memiliki ciri-ciri, dimensi ruas kirinya sama dengan dimensi ruas kanan.
  - Ruas kiri:  $F \cdot t$ , memiliki dimensi  $[\text{MLT}^{-2}][\text{T}] = [\text{MLT}^{-1}]$
  - Ruas kanan:  $m \cdot v$ , memiliki dimensi  $[\text{M}][\text{LT}^{-1}] = [\text{MLT}^{-1}]$Karena kedua ruas memiliki dimensi yang sama maka persamaan tersebut benar.
4. Untuk menentukan hubungan  $P$  dengan  $\rho$ ,  $w$  dan  $l$ , dapat menggunakan analisis dimensi sebagai berikut:
- 5.

#### D. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan jujur, sesuai dengan kemampuan kalian.

Cara menjawabnya adalah dengan memberikan centang ( $\checkmark$ ) di kolom yang disediakan.

No	Pernyataan	Ya	Tidak	Keterangan
1	Saya mampu menjelaskan jenis besaran fisika			
2	Saya mampu menjelaskan perbedaan besaran pokok dan turunan			
3	Saya mampu menggunakan analisis dimensi untuk menguji kebenaran rumus dan menentukan rumus			
4	Saya mampu menentukan alat ukur yang benar			
5	Saya mampu menggunakan jangka sorong dan mikrometer skrup			
6	Saya mampu menerapkan aturan perhitungan angka penting			

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 KETIDAKPASTIAN DALAM PENGUKURAN

### A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran ini diharapkan kalian mampu:

1. memahami berbagai macam kesalahan dalam pengukuran
2. Memahami ketidakpastian dalam pengukuran
3. Melakukan perhitungan ketidakpastian pada pengukuran tunggal
4. Melakukan perhitungan ketidakpastian pada pengukuran berulang
5. Melaporkan hasil pengukuran besaran

### B. Uraian Materi

#### 1. Macam kesalahan dalam pengukuran

Dalam setiap pengukuran biasanya kita di bayang-bayangi oleh pertanyaan-pertanyaan bagaimanakah hasil Pengukuran kita, bagaimana cara melaporkannya, apakah jaminannya bahwa hasil pengukuran kita tidak salah, seberapa kurang tepatnya pengukuran kita dan pertanyaan-pertanyaan yang sifatnya ingin mendapatkan kepastian. Artinya dalam setiap pengukuran selalu diikuti dengan ketidakpastian dan apakah ketidakpastian hasil pengukuran itu?

Secara umum faktor munculnya ketidakpastian hasil pengukuran disebabkan karena adanya kesalahan (error). Ada 3 kategori kesalahan yaitu kesalahan umum, acak, dan sistemik.

- a. Kesalahan-kesalahan umum (gross errors) disebabkan kesalahan manusia, antara lain
  1. kesalahan pembacaan alat ukur
  2. penyetelan yang tidak tepat
  3. pemakaian instrumen yang tidak sesuai
  4. kesalahan penaksiran dan
  5. paralaks (kesalahan yang timbul apabila pada waktu membaca skala posisi mata pengamat tidak tegak lurus terhadap skala tersebut).
  6. Kesalahan-kesalahan yang tidak disengaja/kesalahan acak (random errors). Kesalahan acak disebabkan oleh gejala yang tidak dapat secara langsung diketahui sehingga tidak mungkin dikendalikan secara pasti atau tidak dapat diatasi secara tuntas, seperti: fluktuasi tegangan listrik, gerak Brown molekul udara, getaran landasan

b. Kesalahan Sistematis

Bersumber dari alat ukur yang digunakan atau kondisi yang menyertai saat pengukuran. Yang termasuk ketidakpastian sistematis antara lain:

1. Kesalahan kalibrasi alat  
Kesalahan yang terjadi karena cara memberi nilai skala pada saat pembuatan alat tidak tepat, sehingga berakibat setiap kali alat digunakan suatu kesalahan melekat pada hasil pengukuran. Kesalahan ini dapat diatasi dengan mengkalibrasi ulang alat terhadap alat standar.
2. Kesalahan nol Ketidaktepatan penunjukan alat pada skala nol. Pada sebagian besar alat umumnya sudah dilengkapi dengan sekrup pengatur/pengenol.
3. Waktu respon yang tidak tepat  
Akibat dari waktu pengukuran (pengambilan data) tidak bersamaan dengan saat munculnya data yang seharusnya diukur. Misalnya, saat mengukur periode getar menggunakan stopwatch, terlalu cepat atau terlambat menekan tombol stopwatch saat kejadian berlangsung.
4. Kondisi yang tidak sesuai  
Kondisi alat ukur dipengaruhi oleh kejadian yang hendak diukur. Misal, mengukur nilai transistor saat dilakukan penyolderan, atau mengukur panjang sesuatu pada suhu tinggi menggunakan mistar logam. Hasil yang diperoleh tentu bukan nilai yang sebenarnya karena panas mempengaruhi sesuatu yang diukur maupun alat pengukurnya
5. Kesalahan pandangan/paralak  
Kesalahan ini timbul apabila pada waktu membaca skala, mata pengamat tidak tegak lurus di atas jarum penunjuk/skala.

## **2. Ketidakpastian dalam pengukuran**

Dalam melaporkan hasil pengukuran di laboratorium atau dalam kegiatan ilmiah, maka ketidakpastian dalam pengukuran harus disertakan.

Ada dua jenis ketidakpastian dalam pengukuran yaitu:

- a. Ketidakpastian mutlak.
- b. Ketidakpastian relatif.

a. Ketidakpastian Mutlak Pengukuran Tunggal

Bagaimana cara menyatakan hasil satu kali pengukuran?

Pengukuran tunggal adalah pengukuran yang dilakukan satu kali saja, misalnya objek pengukuran tak mungkin di ulang. Untuk pengukuran tunggal diambil kebijaksanaan bahwa nilai ketidakpastiannya ( $\Delta x$ ) dirumuskan,

$\Delta x = 1/2$  nilai skala terkecil

dan hasilnya dinyatakan dengan pola ( $x \pm \Delta x$ ), dengan  $x$  adalah hasil pengukuran terbaik dan  $\Delta x$  adalah ketidakpastian mutlak.

b. Ketidakpastian Mutlak Pengukuran Berulang

Hasil pengukuran berulang hasilnya dapat dinyatakan dengan pola ( $\bar{x} \pm \Delta x$ )

Dimana  $\bar{x}$  = hasil pengukuran nilai rata-rata (pengukuran berulang)

$\Delta x$  = ketidakpastian mutlak pengukuran.

Ketidakpastian mutlaknya ditentukan dengan rumus simpangan baku (stantar deviasi), yaitu:

$$\Delta X = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n-1}}$$

Dengan  $n$  = jumlah pengulangan pengukuran

$X_i$  = hasil pengukuran ke-i

c. **Ketidakpastian Relatif**

Merupakan perbandingan ketidakpastian mutlak dengan rata-rata hasil pengukuran yang dinyatakan dalam persen. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

- a. Untuk pengukuran tunggal =  $\frac{\Delta x}{x} \times 100\%$
- b. Untuk pengukuran berulang =  $\frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100\%$

Semakin kecil nilai ketidakpastian relatif, semakin tepat pengukuran yang dilakukan  
Ketelitian hasil pengukuran dinyatakan dengan 100% - ketidakpastian relatif (%)

Nilai ketidakpastian dalam pengukuran akan mempengaruhi jumlah angka penting yang boleh diikutsertakan dalam penulisan.

- ketidakpastian relatif 10% berhak atas dua angka penting
- ketidakpastian relatif 1% berhak atas tiga angka penting
- ketidakpastian relatif 0,1% berhak atas empat angka penting

Contoh:

1. Dalam pengukuran panjang ( $l$ ) menggunakan mistar dengan skala terkecil 1mm, diperoleh hasil pembacaan skala 5,3 cm. Skala terkecil adalah 1 mm, artinya setengah skala terkecil adalah 0,5 mm = 0,05 cm, maka hasil pengukuran ditulis sebagai  $l = (5,30 \pm 0,05)$  cm. Ketidakpastian relatifnya =  $0,05/5,30 \times 100\% = 0,94\% \sim 1\%$ , sehingga pelaporan hasil pengukurannya jika dinyatakan dengan ketidakpastian mutlaknya hanya boleh dalam tiga angka penting  $l = (5,30 \pm 0,943\%)$
2. Hasil pengukuran berulang massa kopi diperoleh 15,3 g ; 15,4 g ; 15,3 g ; 15,2 g ; 15,3 g. Bagaimana melaporkan hasil pengukuran tersebut ?

Jawab:

i	$m_i$ (g)	$m_i^2$ (g <sup>2</sup> )
1	15,3	234,09
2	15,4	237,16
3	15,3	234,09
4	15,2	231,04
5	15,3	234,09
$\Sigma$	76,5	1170,47

$$\bar{m} = \frac{\sum m_i}{n} = \frac{76,5}{5} = 15,3$$

$$\Delta m = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum m_i^2 - (\sum m_i)^2}{n-1}} = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{5 \times 1170,47 - (76,5)^2}{5-1}} =$$

$$\Delta m = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{5852,35 - 5852,25}{4}} = \frac{1}{5} \sqrt{0,025} = 0,032$$

Ketidakpastian mutlak

$$km = \frac{\Delta m}{\bar{m}} \times 100\% = \frac{0,032}{15,3} \times 100\% = 0,21\%$$

Ketidakpastian relatif 0,21%, maka hasil pengukuran berhak atas 4 angka penting.

Hasil Pengukuran massa adalah :

$$m = (15,30 \pm 0,03) \text{ g atau}$$

$$m = (15,30 \pm 0,21 \%)$$

Arti dari laporan hasil pengukuran  $(15,30 \pm 0,03)$  g adalah bahwa hasil pengukuran massa kopi adalah antara 15,27 g s.d. 15,33 g

### C. latihan

1. Dengan menggunakan sebuah mistar diperoleh hasil pengukuran panjang meja adalah 89,35 cm, skala terkecil mistar diketahui adalah 1 mm. Tuliskan laporan hasil pengukuran panjang meja tersebut !

2. Hasil pengukuran waktu lari seorang atlet lari jarak 100m adalah 11,34 detik, 10,78 detik, 12,45 detik, 13,30 detik, dan 12,22 detik. Laporkan hasil pengukuran berulang tersebut !

D. Penilaian Diri

No	Pernyataan	Ya	Tidak	Keterangan
1	Saya mampu menjelaskan jenis kesalahan dalam pengukuran			
2	Saya mampu menjelaskan perbedaan Ketidakpastian mutlak dan ketidakpastian relatif			
3	Saya mampu melakukan perhitungan ketidakpastian pada pengukuran tunggal			
4	Saya mampu melakukan perhitungan ketidakpastian pada pengukuran berulang			
5	Saya dapat elaporkan hasil pengukuran besaran dengan benar			

Keterangan:

Apa bila kalian menjawab dengan “YA” berarti kalian telah menguasai materi tersebut, maka dipersilahkan lanjut ke bagian evaluasi. Jika kalian menjawab “Tidak” berarti kalian perlu mengulang bagian yang kalian belum kuasai.

EVALUASI

01. Besaran berikut yang bukan merupakan besaran pokok adalah ....
- A. Suhu
  - B. Intensitas cahaya
  - C. Tekanan
  - D. Kuat arus
  - E. massa
02. Yang bukan merupakan lambang dimensi dari besaran pokok adalah ....
- A. [M]
  - B. [L]
  - C. [T]
  - D. [C]
  - E. [N]

03. Besaran pokok penyusun percepatan gravitasi adalah ....
- A. Massa dan waktu
  - B. Massa dan panjang
  - C. Panjang dan waktu
  - D. Panjang dan kuat arus
  - E. Massa dan jumlah zat
04. Dimensi dari usaha adalah ....
- A.  $ML^2T^{-2}$
  - B.  $MLT^{-2}$
  - C.  $MLT^{-1}$
  - D.  $MLT$
  - E.  $MLT^2$
05. Berikut pasangan besaran turunan yang memiliki dimensi sama
- A. Gaya dan Usaha
  - B. Momentum dan Impuls
  - C. Energi mekanik dan gaya
  - D. Tekanan dan Usaha
  - E. Usaha dan Daya
06. 1 Tera = .....
- A.  $10^{13}$
  - B.  $10^{12}$
  - C.  $10^{11}$
  - D.  $10^{10}$
  - E.  $10^9$
07.  $5nF = \dots mF$
- A.  $5 \times 10^{-6}$
  - B.  $5 \times 10^{-4}$
  - C.  $5 \times 10^{-3}$
  - D.  $5 \times 10^{-2}$
  - E.  $5 \times 10^{-1}$
08.  $2,3 \times 10^{-5} = \dots$
- A. 0,000023
  - B. 0,00023

- C. 0,0023
- D. 23000
- E. 230000

09.  $54390000000000 = \dots$

- A.  $5,439 \times 10^{14}$
- B.  $5,439 \times 10^{13}$
- C.  $5,439 \times 10^{12}$
- D.  $5,439 \times 10^{11}$
- E.  $5,439 \times 10^{10}$

10. Besaran berikut yang tidak dapat dilakukan pengukuran langsung adalah ....

- A. panjang
- B. massa
- C. kuat arus
- D. kecepatan
- E. suhu

11. Besaran berikut yang dapat dilakukan pengukuran langsung adalah ....

- A. berat
- B. massa jenis
- C. kedalaman laut
- D. percepatan gravitasi
- E. tegangan listrik

12. Fenomena berikut hanya dapat dilakukan satu kali pengukuran

- A. lama gerhana matahari total
- B. waktu mendidih
- C. suhu air mendidih
- D. panjang meja
- E. berat beras

13. Hasil pengukuran panjang menggunakan mistar diperoleh 15,20 cm, berapa jumlah angka pentingnya ?

- A. 2 AP
- B. 3 AP
- C. 4 AP
- D. 5 AP
- E. 6 AP

14. Dua buah batang kayu diukur dengan dua alat ukur yang berbeda diperoleh panjang masing-masing 2,5 m dan 2,23m, berapakah jumlah panjang kedua batang tersebut ?

- A. 2,73 m
  - B. 2,7 m
  - C. 2.8 m
  - D. 2 m
  - E. 3 m
15. Panjang suatu persegi adalah 16,2 cm dan lebar 4,5 cm. Luas dari persegi tersebut adalah ....
- A.  $72,90 \text{ cm}^2$
  - B.  $72,9 \text{ cm}^2$
  - C.  $72 \text{ cm}^2$
  - D.  $73 \text{ cm}^2$
  - E.  $70 \text{ cm}^2$
16.  $\sqrt{625} = \dots$
- A. 25
  - B. 25,0
  - C. 25,00
  - D. 25,000
  - E. 25,0000
17.  $25^2 = \dots$
- A. 600
  - B. 620
  - C. 625
  - D. 630
  - E.  $6,2 \times 10^2$
18. Dimensi dari Gaya adalah ....
- A.  $[\text{ML}^2\text{T}^2]$
  - B.  $[\text{ML}^2\text{T}^{-1}]$
  - C.  $[\text{ML}^2\text{T}^{-2}]$
  - D.  $[\text{MLT}^{-2}]$
  - E.  $[\text{ML}^{-2}\text{T}^{-2}]$
19. Satuan dari gaya dalam sistem MKS adalah ....
- A. kg
  - B.  $\text{kg m s}^{-1}$
  - C.  $\text{kg m s}^{-2}$
  - D.  $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$
  - E.  $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$
20. Perhatikan penulisan persamaan berikut, manakah yang salah

- A.  $a = F/m$
- B.  $E_p = mgh$
- C.  $S = v_o t + 1/2 a t^2$
- D.  $v^2 = v_o^2 + 2as$
- E.  $P = F/A$

KUNCI

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. C  | 11. C |
| 2. D  | 12. A |
| 3. C  | 13. C |
| 4. A  | 14. B |
| 5. B  | 15. D |
| 6. B  | 16. B |
| 7. A  | 17. E |
| 8. A  | 18. D |
| 9. B  | 19. C |
| 10. D | 20. C |