

## BAB I BESARAN SATUAN DAN PENGUKURAN



Sains adalah ilmu yang mempelajari sifat-sifat alam dengan cara bekerja secara ilmiah. Artinya dalam mempelajari sifat-sifat alam terlebih dahulu kita harus menemukan masalahnya, kemudian berusaha menjawab masalah tersebut secara teoritis dengan mengemukakan hipotesa, akhirnya untuk menguji kebenaran hipotesa tersebut harus dilakukan percobaan atau eksperimen. Jika hasil percobaan cenderung menolak hipotesa, maka keseluruhan kegiatan kerja ilmiah tersebut harus dikaji ulang untuk diperbaiki. Tetapi jika hasil percobaan cenderung menerima hipotesa, maka kesimpulan yang diperoleh dapat memperkaya produk sains dalam bentuk konsep, prinsip, hukum atau teori.

Pengukuran adalah salah satu kegiatan yang banyak dilakukan dalam setiap percobaan sains. Sebab dengan melakukan pengukuran yang baik dan

benar, akan diperoleh nilai atau besarnya suatu besaran lengkap dengan satuannya

### **Tugas diskusi 1-1**

1. Apa saja jenis-jenis besaran yang telah kalian ketahui? Sebutkan beberapa contohnya.
2. Alat apa yang digunakan untuk mengukur besaran-besaran tersebut ?
3. Bagaimana cara melakukan pengukuran yang baik dan benar ?

## **8.1. BESARAN DAN SATUAN**

Coba perhatikan dengan baik beberapa alat ukur seperti yang terlihat pada gambar 8-1 berikut.



(a) .....



(b) .....



(c) .....

**Gambar 1-1. Beberapa alat ukur**

### **Tugas diskusi 1-2**

Sebutkan nama dan kegunaan dari masing-masing alat ukur dalam gambar 1-8.

*Panjang, massa dan waktu* adalah tiga contoh *besaran pokok*, masih ada besaran pokok yang lain tetapi akan dipelajari kemudian. Setiap besaran pokok memiliki banyak satuan, demikian juga dengan besaran-besaran yang lainnya. Setiap daerah kadang-kadang memiliki jenis satuan yang berbeda-beda.

Contoh satuan panjang adalah : kilometer, meter, centimeter, inci, dan depa

Contoh satuan massa adalah : kilogram, gram, miligram, dan pound

Contoh satuan waktu adalah : detik, menit, jam, hari, bulan dan tahun

### **Tugas diskusi 1-3**

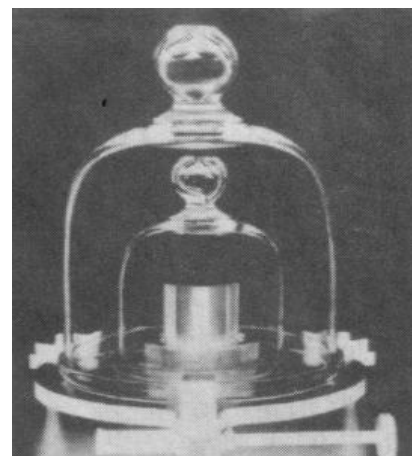
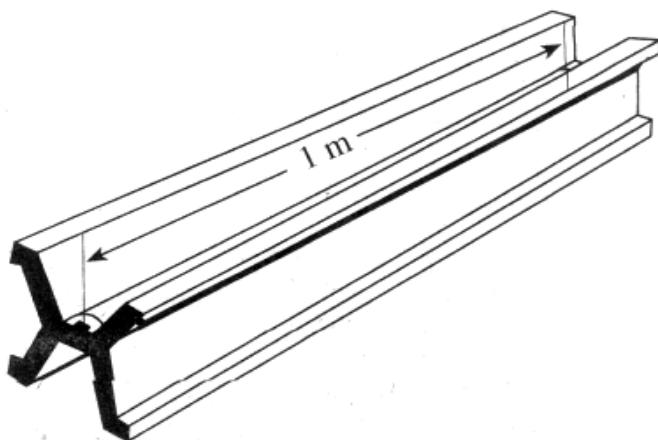
Sebutkan apa satuan panjang, massa dan waktu yang sering dipakai di daerahmu?

Dengan menggunakan jenis satuan yang beraneka ragam dan bersifat kedaerahan, dapat menimbulkan kesulitan bagi para saintis dalam berkomunikasi secara internasional. Untuk mengatasi hambatan tersebut maka secara internasional diselenggarakan konferensi umum tentang berat dan ukuran. Ternyata pada saat konferensinya yang ke 1 yang diselenggarakan pada bulan Oktober 1960, telah disepakati bahwa *sistem satuan MKS (meter, kilogram dan second)* dijadikan *sistem satuan internasional (SI)*. Sehingga semua negara yang menandatangani hasil konferensi (termasuk Indonesia), wajib menggunakan sistem satuan internasional tersebut.

Awalnya satu meter standar telah didefinisikan sama dengan  $\frac{1}{10.000.000}$  juta panjang garis dari katulistiwa ke kutub utara yang melalui kota paris. Karena dianggap kurang praktis, maka pada tahun 1960 diperbaiki menjadi 1650763,73 kali panjang gelombang cahaya jingga yang dipancarkan oleh atom gas Krypton-86 (Kr-86). Perbaikan yang ke dua dan berlaku sampai sekarang dilakukan pada tahun 1983, menjadi *sama dengan jarak yang ditempuh cahaya dalam ruang hampa selama waktu  $\frac{1}{299792458}$  detik.*

Satu kilogram standar didefinisikan *sama dengan massa satu liter air murni pada suhu 4<sup>o</sup> Celcius*. Definisi tersebut telah ditetapkan sejak tahun 1887 dan masih tetap berlaku sampai sekarang. Bentuk satu meter standar dan satu kilogram standar yang dibuat dari logam platinum dan tersimpan pada suhu 0<sup>o</sup> C di Lembaga Berat dan Ukuran Internasional kota Sevres, adalah seperti gambar 8-2berikut.

Satu detik standar didefinisikan *sama dengan waktu yang diperlukan oleh atom cesium-133 (Cs-133) untuk bergetar sebanyak 9192631770 kali*. Definisi tersebut telah ditetapkan sejak tahun 1964 dan masih tetap berlaku sampai sekarang.



Gambar 1-2. Meter standar dan kilogram

Semua negara yang telah sepakat menggunakan sistem satuan internasional, kemudian membuat tiruan dari satuan-satuan standar tersebut untuk disimpan di masing-masing negara. Di Indonesia satuan-satuan standar tersebut disimpan di Lembaga Metrologi Bandung.

Semua alat ukur besaran panjang, massa dan waktu (demikian juga untuk alat ukur besaran pokok yang lainnya), pembuatannya harus mengacu pada satuan standar tersebut. Metrologi adalah lembaga yang bertanggung jawab terhadap penggunaan satuan-satuan standar tersebut, oleh karena itulah mereka sering melakukan pengujian terhadap semua alat ukur yang dipergunakan oleh para pedagang di pasar-pasar.

#### **Tugas diskusi 1-4**

Coba ceritakan secara singkat, apakah yang akan terjadi jika satuan-satuan tidak distandarisasi secara internasional?

Untuk mengkonversi satuan, sistem satuan internasional menggunakan *konversi satuan metrik* seperti yang terlihat dalam tabel 8-1 berikut.

**TABEL 1-1 KONVERSI SATUAN METRIK**

Pecahan	Awalan	Simbol	Contoh
---------	--------	--------	--------

$10^{-18}$	atto	a	
$10^{-15}$	femto	f	
$10^{-12}$	piko	p	1 nanodetik = 1 ns = $10^{-9}$ detik = $10^{-9}$ s
$10^{-9}$	nano	n	
$10^{-6}$	mikro	$\mu$	1 milimeter = 1 mm = $10^{-3}$ meter = $10^{-3}$ m
$10^{-3}$	mili	m	1 centimeter = 1 cm = $10^{-2}$ meter = $10^{-2}$ m
$10^{-2}$	centi	c	
$10^{-1}$	desi	d	1 hektogram = 1 hg = $10^2$ gram = $10^2$ gr
$10^1$	deka	da	1 kilogram = 1 kg = $10^3$ gram = $10^3$ gr
$10^2$	hecto	h	
$10^3$	kilo	k	1 teragram = 1 Tg = $10^{12}$ gram = $10^{12}$ gr
$10^6$	mega	M	
$10^9$	giga	G	
$10^{12}$	tera	T	

Selain besaran pokok ada juga jenis besaran lain yang disebut sebagai *besaran turunan*, yaitu *besaran yang diturunkan dari besaran pokok*. Contohnya dapat dilihat dalam tabel 8-2 berikut.

**TABEL 1-2 BEBERAPA BESARAN TURUNAN**

Besaran turunan	Pengertiannya	Diturunkan dari besaran pokok	Satuannya
Volume	Panjang kali lebar kali tinggi	Panjang	$m^3$
Kecepatan	Panjang dibagi waktu	Panjang dan waktu	m/s
Percepatan	Kecepatan dibagi waktu	Panjang dan waktu	$m/s^2$
Massa jenis	Massa dibagi volume	Massa dan panjang	$kg/m^3$
Berat	Massa kali percepatan gravitasi	Massa, panjang dan waktu	$kg\ m/s^2$ (Newton)

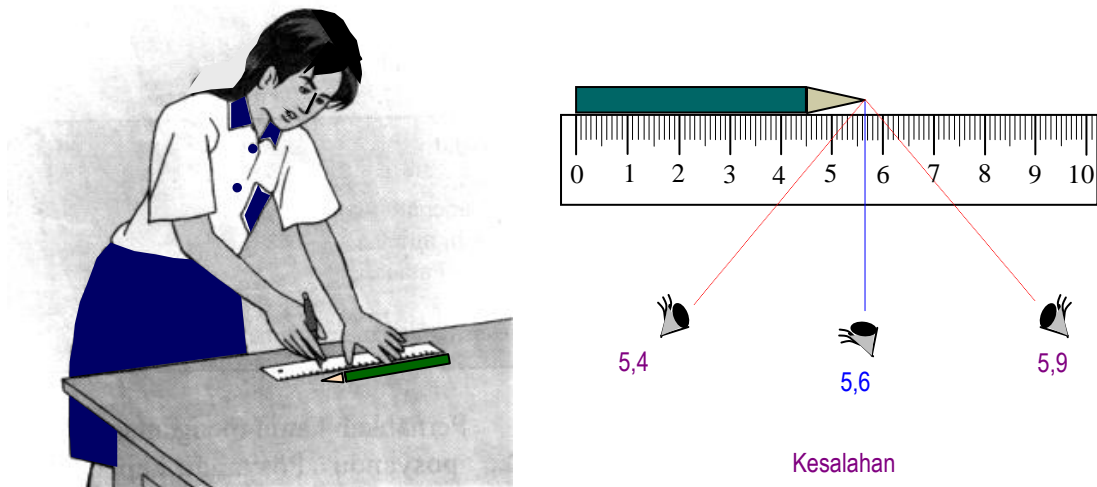
Masih banyak contoh besaran turunan yang ada dalam sains, tetapi hal itu akan dipelajari kemudian.

## 1.2. PENGUKURAN

Pada prinsipnya mengukur adalah *membandingkan sebuah besaran dengan satuan standar yang ada pada suatu alat ukur*. Dengan demikian berapa nilai atau besarnya sebuah besaran dapat diketahui berdasarkan satuan yang digunakan dari hasil pengukuran tersebut.

### 1. pengukuran panjang

Perhatikan seorang siswi sedang mengukur panjang pensil, seperti yang terlihat pada gambar 8-3. Panjang pinsil dibandingkan dengan satuan panjang yang ada pada penggaris. Skala nol penggaris harus tepat berada pada salah satu ujung pinsil dan untuk menghindari *kesalahan paralaks*, pengamatan skala pada ujung-ujung pinsil harus dilakukan secara tegak lurus. Sebab hasil pengamatan skala dari sebelah kiri, akan berbeda dengan hasil pengamatan skala dari sebelah kanan.



Gambar 1-3. Mengukur panjang pinsil dengan

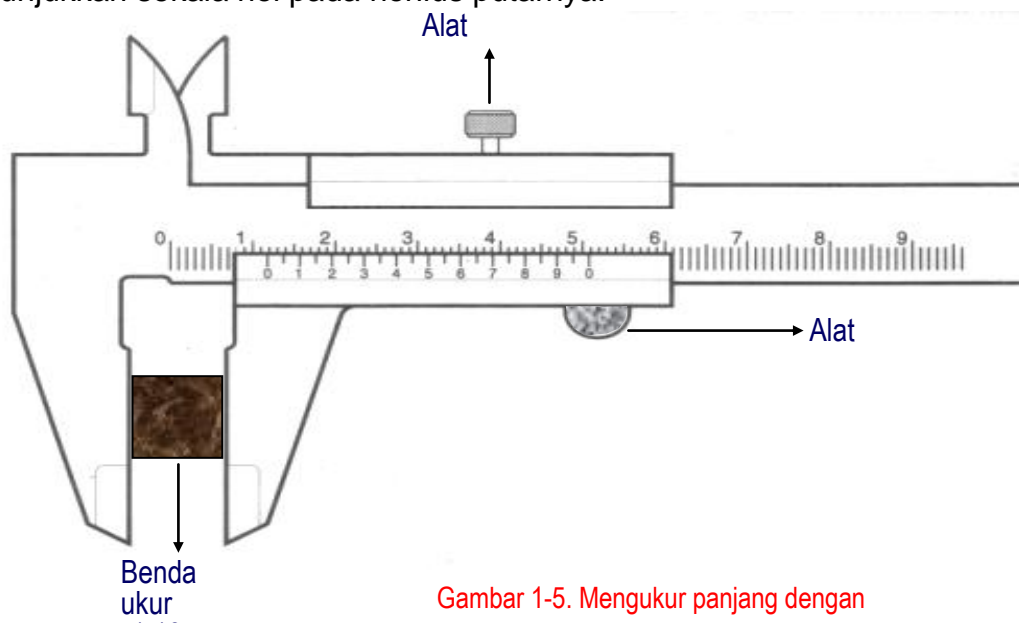
Ketelitian hasil pengukuran dengan menggunakan penggaris adalah milimeter, sebab satu skala terkecil pada penggaris menunjukkan satu milimeter. Berdasarkan gambar 8-3, maka *angka pasti* hasil pengukuran panjang pinsil adalah 5,6 cm atau 56 mm, sebab angka tersebut secara pasti ditunjukkan oleh skala penggaris. Karena panjang pinsil ada lebihannya, maka kelebihan itu harus diperkirakan. Biasanya *angka perkiraan adalah setengah dari skala terkecil*, jadi angka perkiraan pada penggaris ini adalah 0,5 (1 mm) = 0,5 mm. Maka hasil pengukuran panjang pinsil tersebut adalah (56 mm + 0,5 mm) = 56,5 mm atau 5,65 cm.

Alat pengukur panjang yang lebih teliti dari penggaris, adalah *jangka sorong* dan *mikrometer sekrup*.



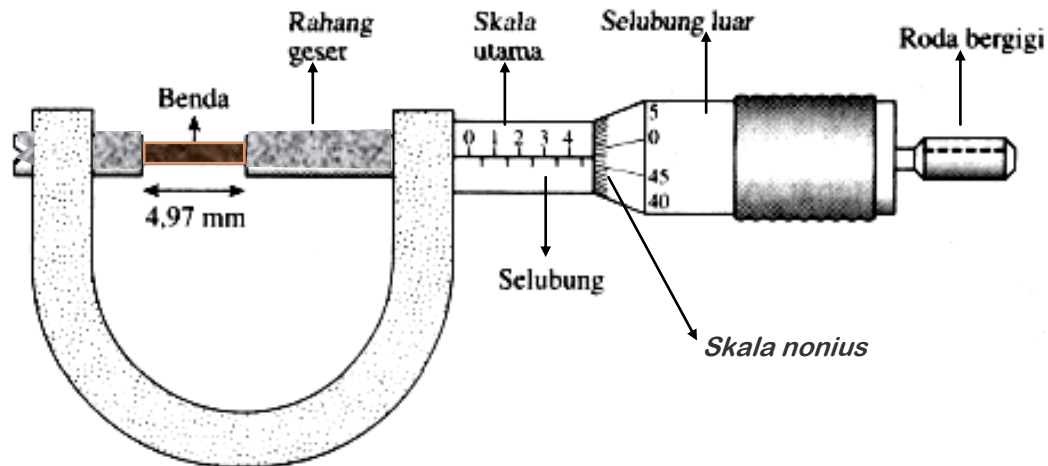
Gambar 1-4. Jangka sorong dan

Perhatikan penggunaan jangka sorong dan mikrometer skrup, seperti pada gambar 8-5. Sebelum digunakan buka dulu alat pengunci yang terdapat pada masing-masing alat. Cara memutar mikrometer sekrup harus dari ujung tangkai roda giginya, jangan memutar selubung luarnya karena dapat merusak penunjukkan skala nol pada nonius putarnya.



Gambar 1-5. Mengukur panjang dengan

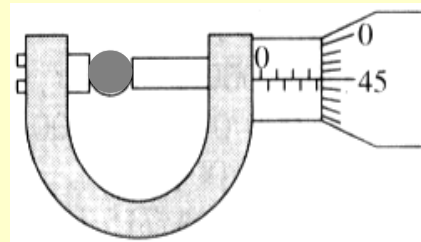
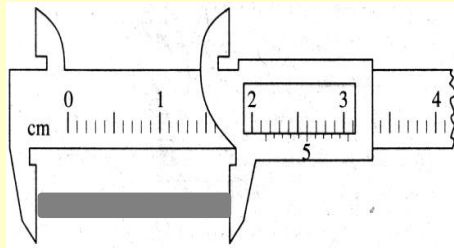
Skala utama jangka sorong menunjukkan hasil pengukuran 1,1 cm atau 11 mm lebih. Untuk mengetahui berapa kelebihan, lihat skala nonius yang berimpit dengan skala utama. Ternyata yang berimpit adalah skala nonius 8, berarti kelebihan 0,8 mm. Maka panjang benda yang diukur jangka sorong adalah  $(11 \text{ mm} + 0,8 \text{ mm}) = 11,8 \text{ mm}$  atau 1,18 cm.



Skala utama mikrometer menunjukkan hasil pengukuran 4,5 mm lebih. Untuk mengetahui berapa kelebihannya, lihat skala nonius putar pada selubung luar yang berimpit dengan garis tengah skala utama. Ternyata yang berimpit adalah skala nonius 47, berarti kelebihannya 0,47 mm. Maka panjang benda yang diukur mikrometer sekrup adalah  $(4,5 \text{ mm} + 0,47 \text{ mm}) = 4,97 \text{ mm}$ .

### Tugas diskusi 1-5

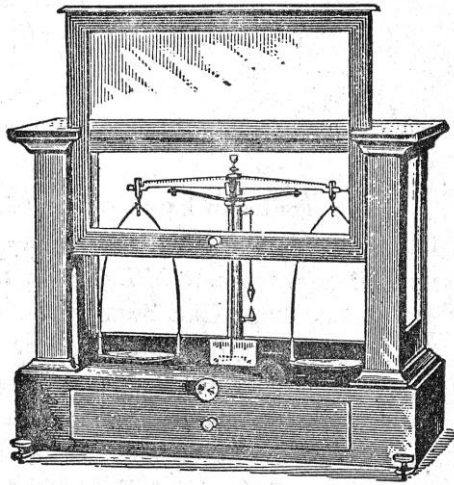
1. Berapakah ketelitian jangka sorong, dan mikrometer sekrup seperti yang digunakan pada gambar 8-5 dan gambar 8-6 di atas?
2. Berapakah hasil pengukuran panjang, seperti yang ditunjukkan oleh skala jangka sorong dan mikrometer sekrup berikut ini?



## 2. Pengukuran massa

Bagaimanakah cara menimbang massa dengan menggunakan neraca lengan seperti gambar 8-7?. Sebelum digunakan lengan neraca harus dalam keadaan seimbang mendatar (jarum petunjuknya berada di tengah).





Gambar 1-8. Neraca

Benda diletakkan pada piringan di salah satu lengan, anak timbangan (massa standar) diletakkan pada piringan lengan yang lain. Jumlah anak timbangan diatur sedemikian rupa, sampai kedua lengan neraca menjadi seimbang mendatar lagi. Maka massa benda sama dengan massa anak timbangan yang dipakai. Cara menggunakan neraca lengan agak sulit, tetapi memiliki ketelitian yang tinggi. Jenis neraca lengan banyak dipakai oleh penjual emas.

Di sekolah jenis neraca yang banyak dipakai adalah neraca Ohaus, sebab cara menggunakannya relatif mudah, cukup teliti dan memiliki batas pengukuran yang memadai. Pedagang di pasar atau warung, umumnya menggunakan timbangan untuk mengukur massa buah-buahan, sayuran, gula dan tepung. Cara menggunakan timbangan cukup mudah, tetapi ketelitiannya relatif lebih rendah dibandingkan dengan ketelitian neraca.



Neraca Ohaus 2610



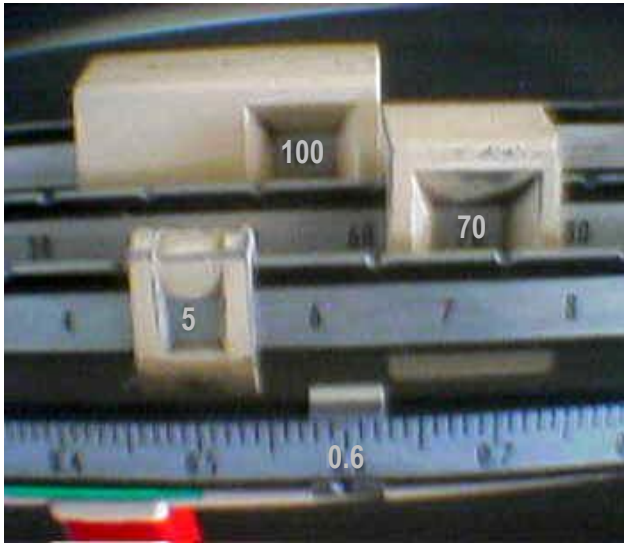
Timbangan



Timbangan

Gambar 1-8. Neraca Ohaus dan

Misalkan kita menimbang massa benda dengan menggunakan neraca Ohaus yang memiliki daya ukur maksimum 1610,1 gram.

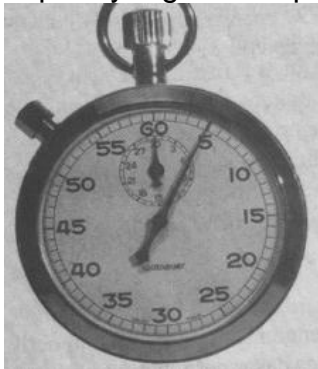


Gambar 1-9. Membaca skala neraca

Jika anak timbangannya tidak ada yang dipakai dan neraca seimbang dengan posisi beban geser seperti gambar 8-9, maka massa benda yang ditimbang adalah  $(100 \text{ gr} + 70 \text{ gr} + 5 \text{ gr} + 0,6 \text{ gr}) = 175,6 \text{ gr}$ . Satu hal yang perlu diluruskan adalah pernyataan hasil menimbang dalam kehidupan sehari-hari yang pada umumnya dikatakan sebagai berat benda. Padahal angka yang ditunjukkan oleh hasil menimbang tersebut adalah massa benda.

### 3. pengukuran waktu

Alat yang dipakai untuk mengukur waktu adalah stopwatch atau jam, seperti yang terlihat pada gambar 8-10 berikut.



Stopwatch



Jam



Stopwatch

Gambar 1-10 Stopwatch

#### **Tugas diskusi 1-8**

Berapakah ketelitian stopwatch analog dan jam meja pada gambar 8-10?

Stopwatch yang menggunakan teknologi digital, ketelitiannya sangat tinggi sehingga dapat mencapai 0,01 detik. Alat tersebut pada umumnya digunakan dalam pertandingan olah raga renang, lari cepat, balapan sepeda atau motor, sehingga perbedaan waktu yang relatif kecil antara juara 1, 2 dan 3 masih dapat diketahui dengan tepat.

Selain satuan detik, waktu juga dinyatakan dalam satuan menit, jam, hari, minggu, bulan, tahun dan abad. Bagaimana hubungan antara satuan-satuan waktu tersebut, kerjakanlah tugas berikut secara berkelompok di buku latihan.

**Tugas diskusi 1-7**

Waktu	Kalau dinyatakan dalam satuan					
	Detik	Menit	Jam	Hari	Bulan	Tahun
1 menit	60					
1 jam	.....	60				
1 hari	.....	.....	24			
1 bulan	.....	.....	.....	30		
1 tahun	.....	.....	.....	.....	12	
1 abad	.....	.....	.....	.....	.....	100

**Tugas percobaan 1-1**

**Prosedur percobaan :**

1. Persiapkan dua buah kelereng yang besarnya berbeda
2. Persiapkan beberapa alat ukur seperti, neraca, stopwatch, jangka sorong atau mikrometer sekrup.
3. Tentukan berapa volume dan massa kedua kelereng tersebut.
4. Jatuhkan masing-masing kelereng dari ketinggian 3 m, ukur waktu yang diperlukan untuk sampai ke lantai.
5. Tulis semua data hasil pengukuran tersebut, ke dalam tabel berikut. Jangan lupa satuannya.

Benda	Diameter	Jari-jari	Volume	Massa	Waktu
Kelereng besar	.....	.....	.....	.....	.....
Kelereng kecil	.....	.....	.....	.....	.....

**Pertanyaan :**

Kesimpulan apakah yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut?

## TUGAS MERANGKUM

Untuk menata kembali seluruh pengetahuan yang telah kalian peroleh dari bab ini, sekarang cobalah membuat rangkuman dengan menjawab pertanyaan berikut :

1. Tuliskan beberapa besaran yang telah dikenal, lengkap dengan satuannya
2. Apa perbedaan antara besaran pokok dan besaran turunan?
3. Apa yang dimaksud dengan sistem satuan internasional (SI)?
4. Satuan apakah yang dijadikan standar dalam sistem satuan internasional?
5. Apakah yang dimaksudkan dengan mengukur?
6. Bagaimana cara menghindari kesalahan paralak?
7. Sebutkan alat yang dipakai untuk mengukur panjang, massa dan waktu
8. Bagaimana cara menentukan ketelitian suatu alat ukur?
9. Berapa ketelitian penggaris, jangka sorong dan mikrometer yang ada di sekolah?
10. Mengapa hasil pengukuran harus dinyatakan lengkap dengan satuannya?
11. Bagaimana konversi satuan pada sistem satuan internasional?

## SOAL-SOAL UNTUK LATIHAN

### A. Bentuk Soal Pilihan Ganda

Pilih salah satu alternatif jawaban yang paling benar, dengan jalan memberikan tanda silang (X) pada lembar jawaban yang telah disediakan

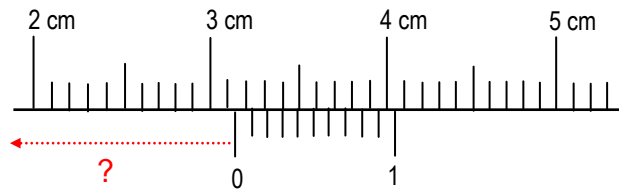
1. Satuan besaran pokok dalam sistem satuan internasional adalah : .....  
A. newton, kilometer, detik  
B. kilogram, kilometer, detik  
C. kilogram, meter, detik  
D. gram, centimeter, detik  
Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....
2. Alat ukur panjang yang memiliki ketelitian paling besar adalah : .....  
A. penggaris  
B. jangka sorong  
C. mikrometer  
D. meteran kain  
Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....
3. Kecepatan merupakan besaran turunan dari besaran pokok : .....  
A. panjang dan waktu  
B. panjang dan massa  
C. massa dan waktu  
D. panjang, massa dan waktu  
Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....
4. Massa jenis aluminium  $2,70 \text{ gr.cm}^{-3}$  adalah sama dengan .....  $\text{kg.m}^{-3}$   
A.  $27.10^{-4}$   
B.  $27.10^{-3}$   
C.  $27.10^2$   
D.  $27.10^4$   
Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....

5. Besaran-besaran yang termasuk sebagai besaran pokok adalah : .....
- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| A. berat, massa dan waktu   | C. berat, panjang dan waktu |
| B. massa, panjang dan waktu | D. berat, massa dan panjang |

Berikan alasan mengapa kalian menjawab demikian : .....

**B. Bentuk Soal Uraian**

1. Coba perkirakan berapa kali jantung sudah berdenyut selama hidup, jika dalam satu menit ia berdenyut sebanyak 80 kali, 1 tahun sama dengan 365 hari dan kalian sudah berusia 14 tahun.
2. Jika rata-rata kelajuan mobil adalah 60 km/jam, berapakah pernyataan laju tersebut dalam sistem Satuan Internasional?
3. Coba jelaskan apa yang dimaksudkan dengan kesalahan paralaks dalam pengukuran dan bagaimana cara menghindarinya?
4. Berapakah hasil pengukuran panjang suatu benda yang ditunjukkan oleh skala jangka sorong berikut ini :



5. Berapakah hasil pengukuran panjang suatu benda yang ditunjukkan oleh mikrometer berikut ini :

